

Fomento de la producción y el uso de **bioempaques** en la **industria alimentaria**

Oportunidades en el Uruguay

Lucía Pittaluga
Luciana Balseiro
Lorena Betancor



NACIONES UNIDAS

CEPAL



cooperación
alemana

DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.

Deseo registrarme



NACIONES UNIDAS



www.cepal.org/es/publications



www.instagram.com/publicacionesdelacepal



www.facebook.com/publicacionesdelacepal



www.issuu.com/publicacionescepal/stacks



www.cepal.org/es/publicaciones/apps

Fomento de la producción y el uso de bioempaques en la industria alimentaria

Oportunidades en el Uruguay

Lucía Pittaluga
Luciana Balseiro
Lorena Betancor



NACIONES UNIDAS

CEPAL



cooperación
alemana

DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Este documento fue preparado por Lucía Pittaluga, Consultora de la Unidad de Desarrollo Agrícola de la División de Recursos Naturales de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), con la colaboración de Luciana Balseiro y Lorena Betancor, bajo la dirección de Adrián G. Rodríguez, Jefe de dicha Unidad. El documento se elaboró en el marco de las actividades del proyecto “Reactivación transformadora: superando las consecuencias de la pandemia de COVID-19 en América Latina y el Caribe”, ejecutado por la CEPAL en conjunto con la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) y financiado por el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania. El proyecto forma parte del programa de cooperación CEPAL-BMZ/GIZ.

Las Naciones Unidas y los países que representan no son responsables por el contenido de vínculos a sitios web externos incluidos en esta publicación.

No deberá entenderse que existe adhesión de las Naciones Unidas o los países que representan a empresas, productos o servicios comerciales mencionados en esta publicación.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de las autoras y pueden no coincidir con las de la Organización o las de los países que representa.

Publicación de las Naciones Unidas
LC/TS.2024/141
Distribución: L
Copyright © Naciones Unidas, 2024
Todos los derechos reservados
Impreso en Naciones Unidas, Santiago
S.2401049[S]

Esta publicación debe citarse como: L. Pittaluga, L. Balseiro y L. Betancor, “Fomento de la producción y el uso de bioempaques en la industria alimentaria: oportunidades en el Uruguay”, *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2024/141), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2024.

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Documentos y Publicaciones, publicaciones.cepal@un.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

Índice

Resumen	7
Introducción	9
I. Bioempaques para alimentos: historia, futuro y definición.....	15
II. La investigación científica sobre bioempaques para alimentos	19
A. Revisión de las publicaciones académicas a nivel internacional relacionadas a bioempaques para alimentos	19
B. Grandes áreas de avance de la investigación sobre los materiales utilizados en bioempaques	21
1. Biopolímeros	21
2. Biomasa de descarte agrícola	24
3. Nanomateriales para bioempaques	25
C. Capacidades de investigación sobre bioempaques para alimentos en Uruguay	27
III. La normativa bromatológica relevante para la producción y uso de bioempaques para alimentos en Uruguay	33
A. Revisión de la normativa nacional relevante para la producción y uso de bioempaques para alimentos.....	35
1. Algunas consideraciones previas	35
2. Revisión en el Reglamento Bromatológico Nacional.....	36
3. Procesos normativos posibles para el registro de nuevos empaques en Uruguay.....	38
B. Revisión de la normativa regional relevante para la producción y uso de bioempaques.....	39
1. Principales normas a nivel del MERCOSUR sobre envases en contacto con alimentos	39
2. El paso hacia lo regional: cómo incorporar normativa en el MERCOSUR para nuevos empaques.....	40

C.	Revisión de la normativa internacional relevante para la producción y uso de bioempaques	42
D.	Búsqueda de normativa sobre materiales utilizados en bioempaques	43
1.	Búsqueda dentro de las listas positivas del reglamento MERCOSUR	43
2.	Búsqueda dentro de las listas positivas de las reglamentaciones internacionales	44
IV.	Políticas ambientales para minimizar el plástico de un solo uso	47
A.	Políticas ambientales para minimizar el plástico de un solo uso a nivel internacional	48
B.	Políticas ambientales para reducir el plástico de un solo uso en Uruguay	53
1.	Normativas nacionales y subnacionales	53
2.	Ley de bolsas y su impacto sobre la producción de bioempaques	60
3.	Proyecto ley de plásticos de un solo uso abre una oportunidad para los bioempaques	67
V.	Identificación de oportunidades y restricciones para el desarrollo de una industria de bioempaques para alimentos en Uruguay	71
A.	Oportunidades de producción de bioempaques para alimentos en Uruguay	72
1.	Capacidades de producción de materias primas de descarte para su valorización	72
2.	Empaques de papel a partir de pulpa de celulosa de pino	73
3.	Empaques a partir de bioplásticos/papeles provenientes de cáñamo industrial	75
B.	Identificación de las barreras que deberán superarse para el escalamiento de las iniciativas de producción de bioempaques	78
VI.	Conclusiones y recomendaciones	81
A.	La necesidad de una política ambiental con enfoque integral	82
B.	Políticas de Desarrollo Productivo para el fomento de un sector de bioempaques	83
C.	Políticas para fomentar la Investigación y Desarrollo (I+D) sobre bioempaques para alimentos	85
D.	Políticas para incorporar normativa bromatológica sobre bioempaques para alimentos	87
	Bibliografía	89
	Anexo A1	95
Cuadros		
Cuadro 1	Documentos por afiliación en Uruguay en publicaciones relacionadas a empaques de alimentos indexadas en SCOPUS (2008-2023)	29
Cuadro 2	Documentos por autor en Uruguay en publicaciones relacionadas a empaques de alimentos indexadas en SCOPUS	30
Cuadro 3	Artículos del RBN relacionados a materiales en contacto con alimentos incorporados a partir de resoluciones del GMC	37
Cuadro 4	Resultados de la búsqueda de polímeros en la lista positiva de la normativa MERCOSUR	44
Cuadro 5	Herramientas de políticas para limitar o eliminar el uso de plástico de un solo uso	48
Cuadro 6	Registro de fabricantes e importadores de bolsas plásticas	63

Gráficos

Gráfico 1	Emisiones de gases de efecto invernadero del sistema agroalimentario, por componentes, 2000-2021	10
Gráfico 2	Número de artículos académicos obtenidos utilizando "bioempaques" como palabra clave en el buscador Scopus.	20
Gráfico 3	Número de publicaciones sobre alimentos indexadas en SCOPUS	28
Gráfico 4	Número de publicaciones relacionadas a empaques de alimentos indexadas en SCOPUS	29

Recuadros

Recuadro 1	Definición adoptada de bioempaques para alimentos	18
Recuadro 2	Diferencia entre materiales biodegradables y compostables	18
Recuadro 3	Bioplásticos (Ministerio de Ambiente)	62

Diagramas

Diagrama 1	Propósito de un envase alimentario.....	16
Diagrama 2	Definición de bioempaque para alimentos de uso primario o secundario	17
Diagrama 3	Clasificación de biopolímeros	21
Diagrama 4	Potenciales instituciones contribuyentes a la investigación en bioempaques en Uruguay.....	32
Diagrama 5	Procesos normativos posibles para registro de nuevos empaques, situación base.....	38
Diagrama 6	Procesos normativos posibles para registro de nuevos empaques, situación alternativa	39
Diagrama 7	Esquema de trabajo "Grupo Envases en contacto con alimentos" Grupo MERCOSUR.....	41

Resumen

El documento tiene como objetivo analizar la situación que se presenta en el Uruguay para fomentar la producción de bioempaques para alimentos como alternativa para incrementar la sostenibilidad *vis-a-vis* los problemas de generación y gestión de residuos, y a la vez contribuir a la diversificación productiva y a la agregación de valor. Se identifican dos alternativas para la producción de bioempaques: la primera a partir de papel producido de pulpa de celulosa de pino; y, la segunda, utilizando bioplástico o papel proveniente del cáñamo industrial de la variedad de la planta *Cannabis sativa*. Ambas propuestas se basan en materias primas ampliamente disponibles en el Uruguay y con cadenas productivas armadas y con acumulación local de capacidades productivas. Además, desde el punto de vista bromatológico, los materiales celulósicos o hemicelulósicos de los residuos del pino y del cáñamo industrial son potenciales candidatos de tener mejores velocidades para integrar las listas positivas de la normativa de empaques en contacto con alimentos porque son cadenas compatibles con matrices alimentarias. La primera propuesta (residuos forestales) responde a la necesidad de tener una estrategia país de diversificación productiva para valorizar el pino. La segunda propuesta (cáñamo) permite aprovechar las capacidades institucionales del Uruguay sobre regulación del cannabis, la existencia de empresas dispuestas a invertir en este tipo de proyecto de industrialización del cáñamo, y organismos estatales, tanto a nivel nacional como departamental, dispuestos a apoyar tales esfuerzos.

Introducción

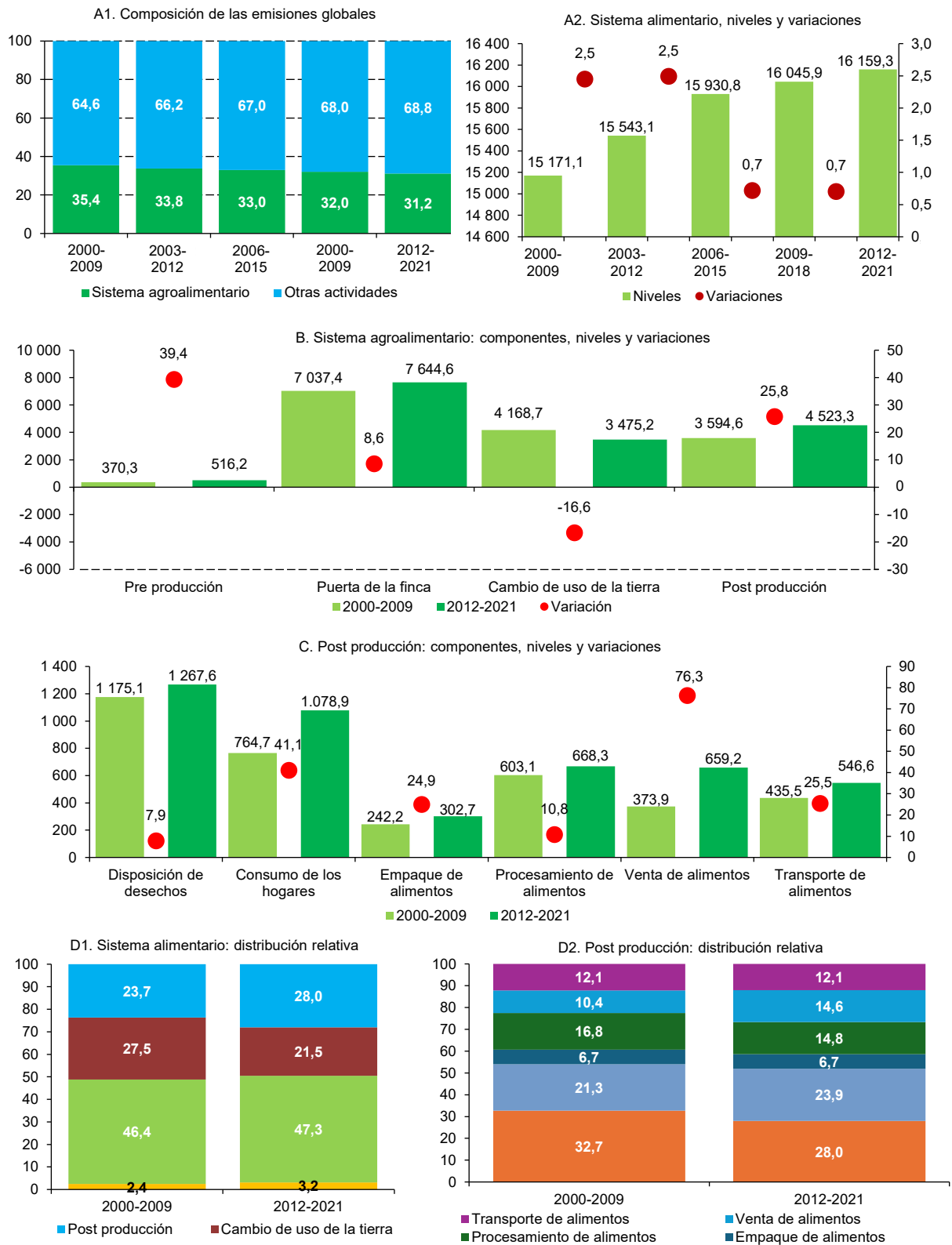
La preservación de alimentos se ha convertido en un desafío importante para los sistemas sostenibles de producción y distribución de alimentos en todo el mundo. La tecnología de empaque desempeña un papel central en la ampliación de la vida útil de los alimentos, proporcionando un transporte seguro y otorgando acceso a alimentos nutritivos y duraderos. El empaque convencional está comúnmente constituido por un artículo de un solo uso, desechado inmediatamente después de llegar al usuario intermedio o final.

Durante el siglo pasado, los envases petroquímicos de alimentos se convirtieron en parte de la vida contemporánea debido a su bajo costo, abundancia y versatilidad. En la actualidad, se espera que crezca la demanda mundial de plásticos, lo que genera serias preocupaciones debido a sus efectos ambientales nocivos, su no biodegradabilidad, y el peligro de su acumulación en los ecosistemas.

En efecto, actualmente, la mayoría de las soluciones de envasado de alimentos contienen plásticos de origen fósil, que se producen y consumen de manera insostenible. En primer lugar, la producción de plásticos de origen fósil genera emisiones de gases de efecto invernadero. En segundo lugar, y paradójicamente, la mayoría de los envases de alimentos tienen una fase de uso breve; mientras que el material puede tardar hasta 500 años en descomponerse y una cantidad significativa de envases de plástico para alimentos termina como basura. La basura plástica da como resultado altos costos de gestión de desechos, contaminación del ambiente marino, lo que a su vez conduce a la muerte de animales marinos y daña los ecosistemas marinos. Además, recientemente se ha descubierto que los residuos plásticos incluso entran en nuestra cadena alimentaria por efecto de la bioacumulación, lo que afecta a nuestra salud pública (Van Crevel, 2016).

El sistema alimentario global contribuye de manera significativa a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Datos de FAO (<https://www.fao.org/faostat/en/#data>) muestran que el sistema alimentario en su conjunto genera alrededor del 31% de las emisiones antropogénicas globales de GEI, con un peso decreciente, de un promedio de 35,4% del total en la década 2000-2019 a 31,2% en 2012-2021 (gráfico 1, panel A1). Además, en términos absolutos las emisiones del sistema alimentario crecieron a una tasa decreciente (gráfico 1, panel A2). Sin embargo, la dinámica de los distintos componentes muestra una tendencia en la que destaca la importancia creciente de las actividades que ocurren en los procesos post producción.

Gráfico 1
Emisiones de gases de efecto invernadero del sistema agroalimentario, por componentes, 2000-2021
(Porcentajes, millones de TM de CO₂ eq. y tasas de crecimiento)



Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de FAOStat (<https://www.fao.org/faostat/en/#data>), consultado el 17 de mayo 2024.

En efecto. Entre las décadas de 2001-2011 y 2012-2021 el mayor aporte al crecimiento absoluto de las emisiones del sistema alimentario correspondió a las actividades de postproducción, que aumentaron en 25,8% (gráfico 1, panel B), elevando su peso de 23,7% a 28,0% (gráfico 1, panel D1). Las emisiones preproducción (manufactura de fertilizantes y pesticidas) también aumentan de manera importante, pero los niveles absolutos son bajos (gráfico 1, panel B).

Más aún, todos los componentes de las emisiones post producción se incrementaron en términos absolutos durante las últimas dos décadas (gráfico 1, panel C), sobresaliendo las emisiones del consumo de los hogares y de la venta de alimentos, que aumentaron su importancia relativa (gráfico 1, panel D1). Las emisiones del empaque de alimentos también presentan un incremento importante (gráfico 1, panel C) y mantienen su participación, en torno a 7% de las emisiones post producción (gráfico 1, panel D2).

El crecimiento en la importancia de las emisiones que ocurren fuera de las tierras agrícolas, en actividades pre y post producción, es destacado por Tubiello et al. (2022) como una tendencia relevante en la evolución de las emisiones GEI del sistema alimentario, tanto en los niveles global y regional, como en el nacional. Estos autores destacan que la dinámica de las emisiones postproducción aporta nuevos conocimientos sobre las tendencias de desarrollo de la alimentación y la agricultura y sobre las futuras opciones de mitigación (p. 1806). Se hace evidente, tal como indican Poore y Nemecek (2018), que las soluciones al crecimiento de las emisiones del sistema alimentario requieren del aporte integrado de todos los actores, incluyendo productores, vendedores, y consumidores, junto con los formuladores de políticas.

Dados los problemas que generan los plásticos de origen fósil (de amplio uso en las fases de postproducción), la conciencia sobre los impactos ambientales del plástico ha crecido de manera significativa. Los consumidores no solo demandan cada vez más alimentos naturales y de alta calidad, así como envases de alimentos que no generen contaminación (Maurizzi et al., 2022). También casi todos los países están implementando políticas para luchar contra la basura plástica. Los bioempaques pretenden ser una alternativa que genera menos emisiones y contamina menos que los plásticos de origen fósil.

Este estudio tiene como objetivo analizar la situación que presenta Uruguay para fomentar la producción de bioempaques para alimentos como alternativa para incrementar la sostenibilidad *vis-a-vis* los problemas de generación y gestión de residuos, a la vez que contribuye a la diversificación productiva y a la agregación de valor. El análisis se realiza a través de tres dimensiones: la investigación científica, la normativa bromatológica y la producción agroindustrial de bioempaques para alimentos. En primer lugar, se caracteriza la capacidad existente en Uruguay para producir bioempaques en términos de esas tres dimensiones, incluyendo el análisis de las materias primas disponibles. Luego se identifican las oportunidades y restricciones asociadas al desarrollo de una industria de bioempaques y se proponen dos posibles iniciativas nacionales con potencial de escalamiento para este desarrollo. Finalmente, se realizan recomendaciones de política pública para el fomento de una industria de bioempaques para alimentos en Uruguay.

En función de lo anterior, este documento se organiza en seis capítulos. En el capítulo I se presenta una reseña del desarrollo de los bioempaques. Se adopta la siguiente definición de bioempaques para alimentos: es un material de embalaje que protege el alimento -pudiendo ser un envase primario o secundario-, tiene un origen biológico y es biodegradable. Se denomina de origen biológico a aquellos directamente extraídos de biomasa, sintetizados a partir de monómeros bioderivados o producidos por microorganismos. Con respecto al término biodegradable, se entiende como tal a un material capaz de descomponerse por agentes biológicos como el sol, el agua, las bacterias, las plantas o los animales.

En el capítulo II se revisa sistemáticamente la investigación científica sobre bioempaques para alimentos a nivel internacional y en Uruguay. Se destaca que a nivel internacional las publicaciones

académicas sobre bioempaques para alimentos tienen un crecimiento exponencial desde hace 10 años. A través de una revisión bibliográfica sistemática dentro de las revistas científicas más relevantes se encontraron tres grandes áreas de interés en función de los materiales utilizados: el uso y aplicación de polímeros; la utilización de materiales de origen biológico de descarte; y, el uso y aplicación de nanomateriales. Uruguay ha contribuido de forma creciente a dicha creación cognitiva científica. En total (desde 1990 a la actualidad) hay 1600 publicaciones cuya palabra clave incluye alimentos, teniendo un crecimiento anual casi exponencial a partir de los 2005. Sin embargo, los artículos sobre empaque de alimentos son apenas 68, los que comienzan a aparecer a partir del año 2008.

En el capítulo III se examina la normativa bromatológica que rige al bioempaque en Uruguay. Para ello se hizo una revisión sistematizada de toda la reglamentación disponible sobre la materia, siguiendo los principios del orden jurídico. Se avanzó progresivamente desde lo nacional hacia lo regional/internacional. El análisis y estudio no se limitó a una investigación bibliográfica, si no que se validó en reiteradas instancias con expertos y científicos de diferentes disciplinas vinculadas al objeto de estudio, y se atendieron tanto sus posicionamientos formales/ institucionales, como sus posiciones más vernáculas.

Se constató que el Reglamento Bromatológica Nacional no define bioempaque. Tampoco hay a la fecha ninguna referencia explícita en las normativas MERCOSUR. La única definición normativa que se puede alcanzar actualmente, y que puede ser insumo para una sistematización nacional a mediano o largo plazo, es a través de listas positivas (enumeraciones taxativas de las sustancias que se ha comprobado que son fisiológicamente inocuas en ensayos con animales y cuyo uso está autorizado para la fabricación de materiales en contacto con alimentos). Es decir, una lista de elementos que pueden formar parte del empaque que está en contacto con los alimentos.

Se realizó la búsqueda de los materiales en las listas positivas de la normativa MERCOSUR, de la reglamentación de la *Food and Drug Administration* (FDA) de EE. UU y de las directrices de la Unión Europea (UE). Se encontraron materiales admitidos en los empaques para alimentos que pueden ser considerados materiales para bioempaques, los que se listan en el documento. Por su parte, el Codex Alimentarius (Naciones Unidas) no registra comentarios sobre estos componentes en fase normativa, si en fase de estudio.

En el capítulo IV se analizan las políticas ambientales para minimizar el plástico de un solo uso, a nivel internacional y en Uruguay. Para analizar las oportunidades de producción de bioempaques para alimentos se estudiaron las normativas nacionales y sub-nacionales que regulan los plásticos de un solo uso. Éstas forman parte de las políticas ambientales. En prácticamente todos los países del mundo se están aplicando políticas ambientales para regular los plásticos de un sólo uso. Estas políticas incluyen desde prohibiciones o mecanismos de Responsabilidad Extendida del Productor (REP) hasta instrumentos económicos tales como impuestos o incluso combinaciones de los anteriores. También existen instrumentos de Asociaciones público-privadas que implican acuerdos voluntarios entre el gobierno y las empresas para aplicar la REP. Uruguay cuenta con un marco normativo para regular el plástico de un solo uso que utiliza casi todos los instrumentos de política ambiental. La Ley de Gestión Integral de Residuos aprobada en 2019 es el marco general en la temática. No obstante, a la fecha de este informe no ha sido reglamentada aún.

En el capítulo V se identifican oportunidades y restricciones para el desarrollo de una industria de bioempaques para alimentos en Uruguay. Se concluye que la principal oportunidad para la producción de bioempaques en Uruguay deriva de la normativa creada por la política ambiental. Al mismo tiempo, esta es la principal barrera dado que la temática es sumamente nueva, aún en los países más desarrollados, y la normativa tiene que avanzar con suma cautela siguiendo los pasos de los hallazgos de la investigación científica y de su implementación técnica. La Ley de uso sustentable de las bolsas de plástico, reglamentada en 2019, combina prohibición y gravamen (precio de la bolsa que paga el

consumidor). Esta ley no fue un detonante para que se creara un sector productivo especializado en bioempaque (en este caso una bolsa de plástico biobasada y biodegradable).

Sin embargo, actualmente está en discusión en el parlamento de Uruguay una nueva ley sobre plásticos de un solo uso que podría ser un marco normativo adecuado para fomentar la industria de los bioempaques.

Uruguay tiene una ventaja importante que deriva de la posibilidad de producir bioempaques a partir de biomasa nacional. Para ello, un punto de partida ventajoso es la cantidad de biomasa generada por las cadenas agroindustriales ya existentes en el país, con capacidades productivas confirmadas y logística territorial establecida. Se plantea una primera propuesta para la producción de bioempaques a partir de papel producido de pulpa de celulosa de pino; y, una segunda a partir de bioplástico o papel proveniente del cáñamo industrial de la variedad de la planta *Cannabis sativa*.

Las dos alternativas de producción de bioempaques que se proponen tienen la debilidad que son propuestas en un estadio aún de proyecto. La fortaleza de ambas propuestas es que se basan en materias primas ampliamente disponibles en Uruguay y con cadenas productivas armadas y con acumulación local de capacidades productivas. Además, desde el punto de vista bromatológico, los materiales celulósicos o hemicelulósicos de los residuos del pino y del cáñamo industrial son potenciales candidatos de tener mejores velocidades para integrar las listas positivas de la normativa de empaques en contacto con alimentos porque son cadenas compatibles con matrices alimentarias.

La ventaja de la primera propuesta (residuos forestales) es que se integra en la necesidad de tener una estrategia país de diversificación productiva para valorizar el pino. La ventaja de la segunda propuesta (cáñamo) son las capacidades institucionales de Uruguay de regulación del cannabis y la existencia de empresas dispuestas a invertir en este tipo de proyecto de industrialización del cáñamo y organismos estatales, tanto a nivel nacional como departamental, dispuestos a apoyar estos esfuerzos. Si el proyecto de Ley sobre plásticos de un solo uso en estudio en el parlamento es finalmente aprobado, ambas alternativas podrían basarse en esta nueva legislación.

En el capítulo VI se abordan las conclusiones y recomendaciones de política pública. Se plantean recomendaciones sobre el diseño de políticas ambientales (en este caso de fomento a bioempaques para alimentos) con un enfoque integral; sobre políticas de desarrollo productivo para la creación de un sector de bioempaques; sobre la investigación y desarrollo en bioempaques para alimentos; y, finalmente, sobre cómo incorporar normativa bromatológica en la temática.

I. Bioempaques para alimentos: historia, futuro y definición

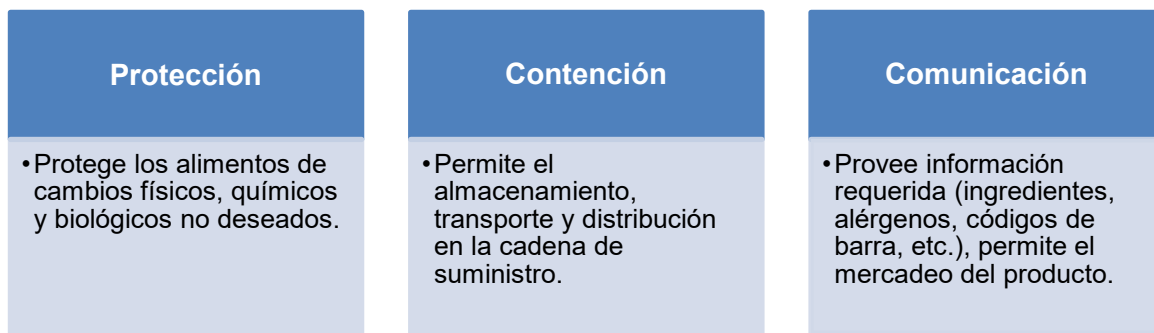
El empaquetado juega un papel fundamental en la calidad de los productos alimentarios al proporcionar protección contra desafíos ambientales, químicos y físicos. Esta protección puede ir desde prevenir la rotura del producto hasta crear barreras contra la humedad, el oxígeno, el dióxido de carbono y otros gases, así como los sabores y aromas.

El empaquetado apunta a mantener los beneficios de su procesamiento, permitiendo que viajen de manera segura, en ocasiones por largas distancias, desde su lugar de origen y sigan siendo saludables al momento de consumirse. Sin embargo, la tecnología de envasado debe equilibrar la protección de los alimentos con otros aspectos, como los costos energéticos y de materiales, la conciencia social y ambiental, y las estrictas regulaciones sobre contaminantes y eliminación de residuos sólidos municipales (Marsch y Bugusu, 2007).

El empaquetado de alimentos es una etapa crucial en su procesamiento, que generalmente se lleva a cabo antes de su almacenamiento. Este paso puede afectar diversos aspectos del alimento, como su aceptabilidad, calidad nutricional y seguridad. Además de los factores externos, el empaquetado también actúa como un vínculo entre los productores y los consumidores, proporcionando un medio de comunicación (Trajkovska Petkoska et al., 2021). El diagrama 1 resume lo anterior en tres funciones del empaquetado: proteger, contener, y comunicar.

El desarrollo del envasado de alimentos ha evolucionado en paralelo a las transformaciones en el estilo de vida de los humanos. En sus inicios, el ser humano se alimentaba de lo que hallaba en su entorno inmediato. No obstante, con la transición hacia una vida más sedentaria, se generó la necesidad de contar con recipientes que permitieran almacenar los alimentos. En aquellos tiempos, se empleaban materiales naturales tales como calabazas y hojas, así como tejidos elaborados a partir de hierbas, madera y bambú. Con el transcurso del tiempo, se comenzaron a utilizar materiales más duraderos como la cerámica, el papel y el vidrio, con el propósito de fabricar recipientes capaces de preservar los alimentos por períodos prolongados. No fue sino hasta más tarde, alrededor del año 1500 a.C., durante el antiguo Egipto, cuando se desarrolló la manufactura industrial de cerámica y vidrio en esta área geográfica. (Risch, 2009).

Diagrama 1
Propósito de un envase alimentario



Fuente: Elaboración propia en base a Shaikh (2021).

Durante la Revolución Industrial surgieron nuevos procesos de fabricación y materiales que se utilizaron en el envasado de alimentos. Las latas de metal, originalmente diseñadas para tabaco, se convirtieron en una opción efectiva para conservar alimentos al mantener la humedad y proteger el sabor. Nicholas Appert desarrolló un método de enlatado utilizando botellas de vidrio con corchos, pero posteriormente fueron reemplazadas por latas de metal más duraderas. El cartón se utilizó para fabricar estuches plegables, mientras que las cajas de cartón corrugado se desarrollaron como contenedores de envío. Aunque los plásticos como el nitrato de celulosa, el estireno y el cloruro de vinilo se descubrieron en el siglo XIX, su uso en el envasado de alimentos no se popularizó hasta después de la Segunda Guerra Mundial. (Risch, 2009).

En ese último período, ya con el foco en la calidad de los alimentos, se realizaron numerosos avances en el desarrollo de materiales plásticos que permitieron que los consumidores tuvieran una amplia variedad de alimentos durante todo el año. A lo largo de la historia, la evolución del procesamiento y envasado de alimentos ha llevado a un constante incremento en la calidad y seguridad alimentaria, mejorando la calidad de vida humana. (Kaavya et al., 2021).

De esta forma, los plásticos derivados de fuentes fósiles han dominado la industria de envasado de alimentos desde los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial gracias a sus propiedades mejoradas de barrera y mecánicas, resistencia química, durabilidad, naturaleza ligera, disponibilidad y rentabilidad. (Risch, 2009). Sin duda, los plásticos transformaron la industria alimentaria abriendo la puerta a tecnologías alimentarias más sofisticadas. Sin embargo, como ya se ha recalcado, tienen un impacto muy negativo sobre el ambiente.

Pese a que se ha comprobado ese impacto ambiental negativo, un informe de 2019 de Euromonitor International de 2018 (<https://pmmi.docsend.com/view/vcp22sz>) muestra que el plástico tiene aún la parte del mercado global de empaque más importante, sea en su forma flexible o rígida, para todos los tipos de empaques (alimentos y bebidas, productos de belleza y cuidado persona y alimentos para perros y gatos y cuidados en el hogar).

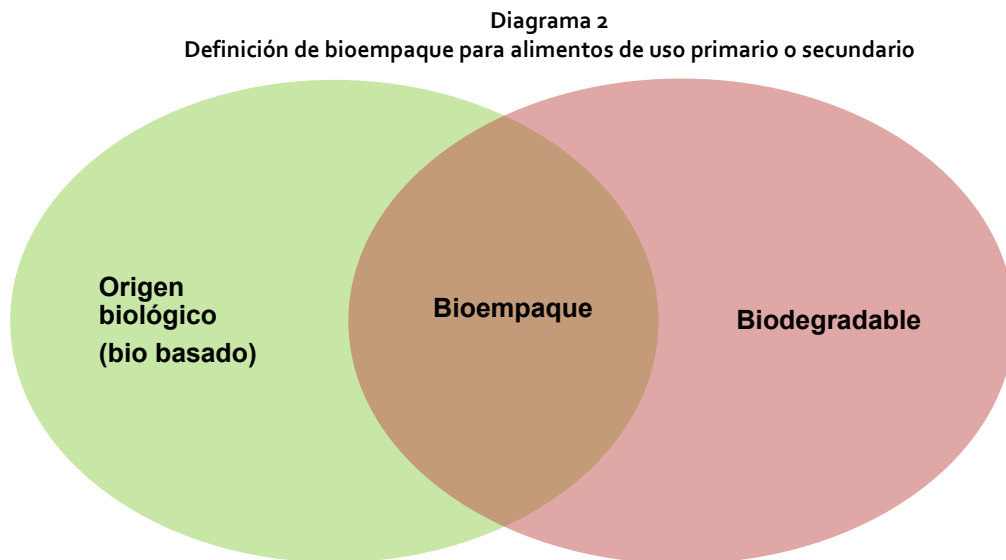
De acuerdo con distintos estudios prospectivos sobre el futuro del plástico, estos seguramente serán finalmente sustituidos en el largo y mediano plazo por material reciclado de plástico, por bioplásticos y por material basado en fibra. Según los últimos datos de mercado recopilados por *European Bioplastics*¹, la capacidad de producción mundial de bioplásticos aumentará desde los 2,2 millones de toneladas en 2022 a aproximadamente 6,3 millones de toneladas en 2027. Por su lado,

¹ <https://www.european-bioplastics.org/market/>.

un informe de UPM & Smithers² señala que, en 2040, los envases a base de fibra serán la solución de embalaje más utilizada. Para 2040, el reciclaje, la reutilización y el compostaje aumentarán significativamente, pero el 21% de todos los envases de alimentos seguirán acabando en vertederos e incinerándose, dice el informe.

Por último, es importante definir qué se entiende por bioempaque ya que establece las condiciones sobre lo que se estudia, cómo se mide y qué informa un análisis o estrategia general sobre bioempaques. La forma en que se define también puede influir desde el interés y el uso del análisis hasta la creación de políticas y la aplicación de contextos regulatorios. Términos como "renovable", "reciclable" o "producto de base biológica" afectan las estrategias de materiales y diseño, así como el establecimiento de objetivos. Incluso, las diferencias entre las definiciones pueden crear obstáculos comerciales y de marketing cuando la definición de una jurisdicción difiere de otra, generando un efecto negativo en el comercio e incluso confusión en los consumidores. (AMERIPEN, 2018).

Por estas razones, se adopta aquí una definición de bioempaques para alimentos, considerando definiciones previas establecidas en la legislación regulatoria nacional e internacional. Como se observa en el recuadro 1 y en el diagrama 2, el bioempaque, tal como se concibe en este documento, tiene un origen biológico y es biodegradable.



Fuente: Elaboración propia.

² UPM & Smithers (2022), Sustainable food packaging in 2040. <https://www.smithers.com/resources/2022/may/sustainable-food-packaging-trends-2040-upm>.

Recuadro 1
Definición adoptada de bioempaques para alimentos

Es un material de embalaje que protege el alimento —pudiendo ser un envase primario o secundario^a—, tiene un origen biológico y es biodegradable (diagrama 2). Se denomina de origen biológico a aquellos directamente extraídos de biomasa, sintetizados a partir de monómeros bioderivados o producidos por microorganismos. Con respecto al término biodegradable, se entiende como tal a un material capaz de descomponerse por agentes biológicos como el sol, el agua, las bacterias, las plantas o los animales.

Fuente: Elaboración propia.

^a Se definen envases para alimentos primarios y secundarios según la normativa nacional uruguaya más adelante.

Organismos internacionales tales como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés) (Van Crevel, 2016) o la Unión Europea (UE) (EFSA, 2009; EU, 2009) utilizan y definen los términos “biomateriales” o “empaques de base biológica” para empaques alimentarios en lugar del término bioempaque. Sus definiciones no difieren de la que se utiliza en este documento.

Al mismo tiempo, como se verá más adelante, no es sencillo establecer cuando un material es biodegradable. En el recuadro 2 se plantea una primera diferenciación entre lo que es biodegradable y compostable.

Recuadro 2
Diferencia entre materiales biodegradables y compostables

Biodegradable y compostable describen el final de la vida útil de un paquete, pero si bien todos los materiales compostables son biodegradables, no todos los materiales biodegradables son compostables.

Biodegradable significa que un artículo puede descomponerse en sus elementos básicos a través de la actividad microbiana con el tiempo. Compostable describe la capacidad de un material para biodegradarse en un corto período de tiempo en un ambiente de compostaje controlado.

Fuente: Elaboración propia.

Por ejemplo, La Comisión Europea elaboró la norma UNE-EN 13432:2002, que lleva por título “Requisitos de los envases y embalajes valorizables mediante compostaje y biodegradación. Programa de ensayo y criterios de evaluación para la aceptación del envase o embalaje”. En ella, se definen las normas para que un producto sea definido como compostable o biodegradable. La biodegradación se puede definir como un proceso en el cual una biomasa se descompone en más del 90% en un plazo de 6 meses mediante la acción de enzimas y/o degradación química asociada a organismos vivos como hongos, levaduras y bacterias.

II. La investigación científica sobre bioempaques para alimentos

En este capítulo, en primer lugar, se hace una revisión de las publicaciones académicas a nivel internacional relacionadas a bioempaques para alimentos (sección A); a partir de dicha revisión se definen tres grandes áreas de avance de la investigación a nivel mundial sobre los materiales utilizados en bioempaques (sección B); y, finalmente se analizan las capacidades de investigación sobre bioempaques para alimentos en Uruguay (sección C).

A. Revisión de las publicaciones académicas a nivel internacional relacionadas a bioempaques para alimentos

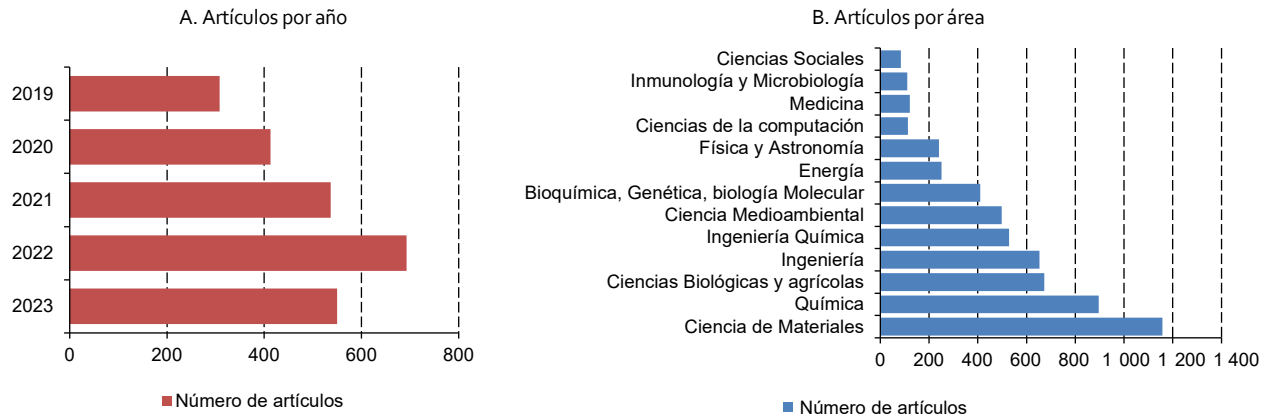
El problema del empaque alimentario y su sostenibilidad no ha pasado desapercibido por los investigadores científicos, los que en los últimos 5 años se han volcado cada vez más al estudio de estrategias y materiales de origen biológico y degradables para mejorar la sostenibilidad de los empaques alimentarios.

Con el objetivo de elucidar las tendencias más recientes dentro de la literatura académica se realizó un análisis de la literatura científica sobre el tema. Para ello, se realizó una búsqueda bibliográfica (en idioma inglés) dentro de la base de datos Scopus³ bajo el término "*bio and packaging*". El gráfico 2 muestra los resultados de esta búsqueda entre enero de 2019 y agosto de 2023. Se observa en el gráfico 2A un incremento sostenido del número de artículos que arroja la búsqueda bibliográfica año a año. El total de artículos encontrados en todo el periodo suma 2505 y se espera que en 2023 se supere los del año anterior, considerando el número de artículos que ya están publicados en las tres primeras partes de

³ Scopus es una base de datos bibliográfica iniciada en 2004, de resúmenes y citas de artículos de revistas científicas. Contiene, aparte de artículos, más de 3.700 revistas indexadas de Gold Open Access, más de 210.000 libros y más de 8 millones de actas de congresos, más de 8 millones de documentos en open Access, también incluye "Articles in Press" de más de 5.500 títulos, y cubre 40 idiomas.

este año. El gráfico 2.B categoriza los resultados en áreas temáticas donde se observa el impacto que tienen la ciencia de los materiales, las ciencias químicas y las biológicas, así como las Ingenierías.

Gráfico 2
Número de artículos académicos obtenidos utilizando "bioempaques"
como palabra clave en el buscador Scopus



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la base Scopus (<https://www-scopus-com.proxy.timbo.org.uy/search/form.uri?display=basic#basic>).

El total de publicaciones académicas halladas en la búsqueda bibliográfica relacionada con bioempaques se agruparon en las siguientes tres grandes subáreas en función de los materiales utilizados:

- i) el uso y aplicación de polímeros;
- ii) la utilización de materiales de origen biológico de descarte;
- iii) el uso y aplicación de nanomateriales.

La investigación ha avanzado significativamente en los últimos años en el uso de polímeros biodegradables con fines de envasado de alimentos (Sudheer et al., 2023; Parente et al., 2023). La mayoría de los polímeros que se investigan para envasado de alimentos son polisacáridos (quitano, almidón, celulosa y sus derivados); poliéster alifático biodegradable (ácido poliláctico o PLA); y gelatina.

Una posible fuente de biopolímeros, pero además de múltiples compuestos bioactivos de utilidad en empaques, es la biomasa de descarte agrícola (Varghese et al., 2023; Tassinari et al., 2023; Salunkhe et al., 2022). La utilización de estos materiales impulsa el empaque alternativo y aporta al desarrollo sostenible a través del concepto de economía circular por uso de descarte agrícola, tanto de origen vegetal como animal.

Finalmente, el área de los nanomateriales se caracteriza por ser especialmente activa. Los artículos con mayor índice de citas dentro de los referentes a bioempaques, son aquellos que implican el uso de nanopartículas como parte de su material (Gao et al., 2019). La utilización de envases con nanomateriales incrementa la calidad fisicoquímica de los alimentos (color, sabor, contenido de humedad, peso, biodisponibilidad y textura) y reduce la carga microbiana a través de la función de la membrana celular, el mecanismo de caballo de Troya y los mecanismos de oxígeno reactivo, al tiempo que mejoran las propiedades de barrera y mecánicas de los envases de alimentos. Sin embargo, existen problemas asociados a la toxicidad de nanomateriales ya que podrían llegar a migrar desde el empaque al alimento lo que preocupa a la comunidad científica/tecnológica, industria y organismos reguladores (Paidari et al., 2021).

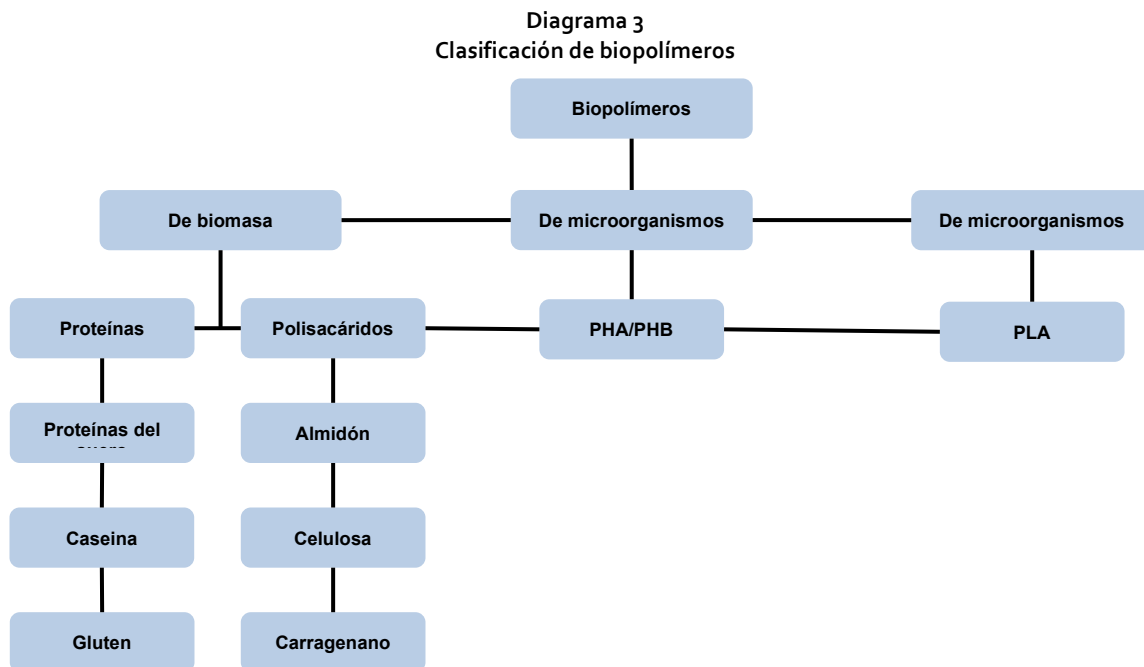
B. Grandes áreas de avance de la investigación sobre los materiales utilizados en bioempaques

En esta sección se describe en mayor profundidad cada una de las grandes áreas de avance en investigación en materiales utilizados en bioempaques destacando sus aspectos más relevantes y proporcionando una visión que pretende ser crítica para cada una de ellas.

1. Biopolímeros

Los biopolímeros son materiales compuestos por productos biológicos, materiales agrícolas renovables o materiales forestales que han ido progresivamente integrándose en la vida diaria: se estima que los polímeros de origen biológico incorporados deben contener al menos un 99% de materiales de fuentes orgánicas.

Los biopolímeros se han clasificado en tres categorías según sus fuentes y síntesis: (I) polímeros extraídos de biomásas renovables, incluidos los polisacáridos, polipéptidos y lípidos; (II) polímeros sintetizados a partir de la polimerización química de biomonomeros (por ejemplo, ácido poliláctico); y (III) polímeros derivados de la fermentación microbiana (por ejemplo, polihidroxialcanoatos). El diagrama 3 siguiente esquematiza dicha clasificación.



Fuente: Adaptado de Zhong et al. (2020).

Nota: Leyenda: ácido poliláctico (PLA), polihidroxialcanoatos (PHA), polihidroxibutirato (PHB)).

Los biopolímeros son ampliamente considerados como la alternativa sostenible más prometedora a los polímeros sintéticos derivados del petróleo (por ejemplo, policaprolactona-PCL, ácido poliglicólico-PGA, succinato adipato de polibutileno-PBSA para aplicaciones de envasado de alimentos debido a su biodegradabilidad, naturaleza compostable y su capacidad para formar películas (Zhong et al., 2020).

Gracias a su versatilidad técnica, los biopolímeros son adaptables a diversas tecnologías de envasado, ofreciendo una gama de productos de envases, incluyendo vasos, tapas, capas de separación y contenedores de alimentos. En particular, se pueden utilizar para preparar películas compuestas y recubrimientos multicapa para prolongar la vida útil de los productos alimenticios. Además, los biopolímeros son compatibles con ingredientes funcionales como nutraceuticos, antioxidantes, agentes antimicrobianos, probióticos y aditivos (Maurizzi et al., 2022).

A continuación, se resaltan las características más importantes de alguno de los biopolímeros descritos en el diagrama 3, los que se considera de más relevancia dado el volumen de trabajo encontrado y su posible impacto en Uruguay. Para esto último, se ha considerado la biomasa disponible en Uruguay y la facilidad de acceso a la misma.

a) Ácido poliláctico: PLA

El PLA es un polímero sintético, un poliéster biodegradable obtenido a partir de ácido láctico durante la fermentación de cultivos renovables como la remolacha azucarera y el maíz. Este poliéster ha llamado la atención debido a que está fácilmente disponible y es económico. El ácido láctico generalmente se sintetiza mediante fermentación bacteriana o a partir de la síntesis de productos petroquímicos. El PLA se prepara mediante la polimerización por condensación del ácido láctico D- o L- o a partir de la polimerización por apertura de anillo del monómero de lactida derivado del ácido láctico. El PLA de bajo peso molecular se fabrica mediante la policondensación directa del ácido láctico. Por otro lado, el PLA de alto peso molecular se produce a partir de la polimerización por apertura de anillo y presenta mejores propiedades mecánicas (Swetha et al., 2023).

El PLA ha sido ampliamente aceptado como un polímero biodegradable para materiales de embalaje debido a su rigidez, transparencia, procesabilidad y biocompatibilidad (Caleb et al., 2023). En comparación con otros biopolímeros, como el PHA, el PEG (polietilenglicol) o el PCL (policaprolactona), el PLA presenta una mejor procesabilidad térmica, lo que permite diversos métodos de procesamiento como moldeo por inyección, extrusión de película, fundición en película, hilado de fibras, termoformado, etc. Además, el PLA presenta un nivel medio de permeabilidad al agua y al oxígeno comparable al del poliestireno.

Sin embargo, el PLA tiene una baja resistencia a la permeación del oxígeno y también es quebradizo, con una elongación a la rotura de menos del 10%. Estas propiedades limitan sus aplicaciones que requieren deformación plástica a niveles de estrés más altos (Lemos et al., 2017). Para abordar este desafío, las mezclas de PLA con otros materiales han demostrado producir materiales con una resistencia mecánica mejorada. Esta es una nueva tendencia que cada vez más se utiliza y que parece una buena estrategia para acelerar la utilización de PLA en empaques alimentarios (Yee et al., 2023; Moldovan et al., 2023).

b) Polihidroxialcanoatos(PHA) y polihidroxibutirato (PHB)

El PHA es un poliéster de varios hidroxialcanoatos y es otro material prometedor aplicado en el sector de envases. Los PHA son elastómeros termoplásticos cristalinos no tóxicos con un punto de fusión más bajo. Son biocompatibles, tienen una buena resistencia a los rayos UV y propiedades físicas y químicas favorables. Estas propiedades dependen de las composiciones de monómeros de PHA. Sin embargo, la aplicación de los PHA se ve limitada debido a sus pobres propiedades mecánicas, incompatibilidad con técnicas de procesamiento térmico convencionales y su susceptibilidad a la degradación térmica (Vicente et al., 2023).

El PHB es el representante más común de los PHA con un alto grado de cristalinidad. También se ha considerado para aplicaciones de envases de alimentos a corto plazo. Tiene la ventaja de ser biodegradable mediante la acción de hidrolasas y despolimerasas de PHA, formando hidroxibutiratos (R) y (S) y compuestos no tóxicos en condiciones aeróbicas y anaeróbicas (Briassoulis et al., 2021). El

PHB, con una cristalinidad de hasta el 70%, presenta propiedades mecánicas notables similares a las del polietileno. Además, el PHB es adecuado para aplicaciones de envases de alimentos debido a su estructura laminar que contribuye a sus excelentes propiedades de barrera de aroma con permeabilidad al vapor de agua. El PHB tiene una temperatura de punto de fusión comparable a la del PLA, lo que permite la mezcla de ambos polímeros en estado fundido. Sin embargo, el bajo rendimiento mecánico y el comportamiento durante el procesamiento fundido del PHB, es decir, su alta fragilidad, baja estabilidad térmica y dificultades en el procesamiento, junto con propiedades de barrera insuficientes, limitan su uso generalizado. Se están realizando muchos intentos para mejorar sus propiedades para la aplicación en envases (Anjana et al., 2021).

c) Almidón

Uno de los polisacáridos más abundantes y renovables en las plantas es el almidón. El almidón nativo consta de dos tipos de polímeros de glucosa, es decir, amilosa y amilopectina. Mientras que la amilosa es una cadena de unidades de D-glucosa conectadas entre sí por enlaces α -1,4, la amilopectina contiene cadenas cortas de unidades de D-glucosa α -1,4 enlazadas que están ramificadas por enlaces α -1,6. Aunque el almidón es un polímero biodegradable que puede fabricarse en grandes cantidades a un costo relativamente bajo, manejarse con facilidad y formar productos en forma de película con baja permeabilidad al oxígeno, el principal desafío con el almidón nativo es que es quebradizo e hidrofílico (Cheng et al., 2021). Estas limitaciones restringen sus diversas aplicaciones, como su uso en la fabricación de bolsas de plástico y envases de alimentos. Para mejorar su flexibilidad y facilitar su procesamiento o plastificación, se emplean diversos plastificantes (glicerol, glicol, sorbitol) para convertir el almidón en almidón termoplástico (TPS) mediante la aplicación de calor y corte en procesos de extrusión (Khan et al., 2017).

d) Celulosa

La celulosa es un polisacárido compuesto por una cadena lineal de unidades de D-glucosa unidas por enlaces β -(1,4)- que actúa como el principal componente estructural de las paredes celulares de las plantas y es el recurso renovable más abundante en el planeta. En su forma de fibra, constituye la materia prima del papel y cartón y es una de las formas de empaque más antiguas y ampliamente utilizadas para productos alimenticios (como la leche y productos lácteos, bebidas, polvos secos, productos de confitería, productos de panadería, etc.) debido a su característica ecológica distintiva. Sin embargo, la producción de papel se encuentra asociada al uso de grandes cantidades de agua y energía además de la contaminación que genera.

La mejora de las tecnologías de reciclado puede ser un factor determinante para hacer un uso sustentable de la fibra de celulosa. El uso de papel y materiales a base de papel en el empaque de alimentos aumenta día a día tanto para empaques primarios como para secundarios, pero su impacto adverso en la salud y el medio ambiente no puede ser pasado por alto. El papel y cartón reciclados no cumplen con los requisitos para aplicaciones de empaque de alimentos en contacto directo, debido a que necesitan aditivos de procesamiento y funcionales como aceite mineral, ftalatos, etc., para mejorar sus propiedades como material de empaque por lo que muchas veces migran desde el papel o papel reciclado hacia los productos alimenticios (Deshwal et al., 2019; Tabaght et al., 2023).

La superficie y las cualidades del papel pueden mejorarse al infiltrar materiales de recubrimiento, como compuestos funcionales, en los espacios entre las fibras. Por lo tanto, se utilizan agentes naturales y sintéticos, como aceites esenciales, quitosano, ácido cítrico, lignina, ácido gálico, óxidos metálicos, permanganato de potasio, etc., para producir materiales de empaque de alimentos activos con determinadas características funcionales (Ormanli et al., 2023). Sin embargo, debido a los riesgos de utilizar sustancias antioxidantes sintéticas como materiales de empaque activos, su uso en el envasado de alimentos está restringido.

En los últimos años, se ha prestado considerable atención al potencial de los hidrogeles de celulosa para diversas aplicaciones, incluido el empaquetado de alimentos (Singh et al., 2023). La celulosa y sus derivados son materiales ideales para la producción de hidrogeles en el empaquetado de alimentos debido a sus numerosas propiedades ventajosas, que incluyen la rentabilidad, la maleabilidad, la absorción de agua, la capacidad de hinchamiento, la capacidad de respuesta a estímulos, la biocompatibilidad y la biodegradabilidad. Además, la celulosa y sus derivados son materiales versátiles que proporcionan una resistencia mecánica sustancial y una excelente estabilidad térmica para resistir altas temperatura sin degradarse y actuar como un protector de rayos ultravioleta debido a su capacidad para absorber y dispersar la radiación UV. Sin embargo, los hidrogeles basados en celulosa pura típicamente carecen de flexibilidad y funcionalidad, lo que limita su amplia gama de aplicaciones. Esto se debe a que la celulosa es un material rígido y cristalino que forma fuertes enlaces de hidrógeno entre las unidades de glucosa, lo que resulta en una estructura altamente ordenada e inflexible. En este sentido, la investigación continúa avanzando en la mejora de las propiedades de los hidrogeles (Tabaght et al., 2023; Ormanli et al., 2023; Deshmukh et al., 2022).

e) Proteínas del suero de leche

Las proteínas de la leche, como la caseína y las proteínas del suero (PS), ofrecen varias propiedades físicas significativas (por ejemplo, solubilidad en agua y capacidad emulsionante) para un funcionamiento exitoso en películas comestibles, además de su valor nutricional. La disponibilidad excedente de PS genera un interés considerable en las industrias de empaque, lo que les permite usarlas como películas/recubrimientos en superficies de alimentos para protegerlos contra la degradación causada por sustancias químicas o microorganismos, y así prolongar la vida útil y mantener una alta calidad del producto. Las propiedades mecánicas y de barrera de las películas de PS están recibiendo más atención, ya que superan a las películas de polisacáridos y otras películas basadas en fuentes de proteínas (Kandasamy et al., 2021).

Las opciones de empaque basadas en PS podrían desempeñar un papel beneficioso en la sostenibilidad debido a su posibilidad de utilizar materiales reciclables en lugar de la incineración, como se hace en los laminados sintéticos, gracias al uso de subproductos naturales de la industria alimentaria como materias primas. Sin embargo, la rentabilidad siempre será una fuerza impulsora en los desarrollos actuales y futuros del procesamiento de PS en contra de los contratiempos industriales. La aplicación industrial de esta nueva tecnología todavía depende de investigaciones científicas adicionales destinadas a identificar el mecanismo de formación de películas para mejorar el rendimiento tanto del producto como del proceso.

2. Biomasa de descarte agrícola

La eliminación de residuos agroindustriales y otros residuos sólidos se ha convertido en un problema crítico, junto con el desperdicio y la pérdida de alimentos a lo largo de la cadena alimenticia. Los desechos derivados de fuentes naturales principalmente contienen átomos de carbono que pueden ser potencialmente utilizados como fuente de carbono. Además, la incorporación de polvo de carbono amorfo en el empaque de alimentos exhibe propiedades bactericidas debido a su alto potencial oxidoreductor, lo que resulta en daño a la membrana celular durante la peroxidación lipídica y la intensificación del estrés oxidativo en los microbios, lo que podría ser potencialmente utilizado en aplicaciones de empaque activo (Varghese et al., 2023).

El empaque producido a partir de desechos de frutas y verduras ha recibido mayor atención debido a la disponibilidad de materiales para su producción, su fácil procesamiento, propiedades comestibles, además de la posibilidad de tener mejores propiedades estructurales y funcionales (Ferreira et al., 2022). Estos residuos suelen ser ricos en nutrientes, especialmente biopolímeros (polisacáridos y fibras) y compuestos bioactivos, siendo buenos sustratos para la producción de envases activos biodegradables (Santos et al., 2021). El uso de estos materiales como fuentes naturales nuevas

y económicas de fibra dietética, pectina, antioxidantes, enzimas, agentes antibacterianos, antifúngicos, aditivos alimentarios y aceites esenciales en el empaque ha sido demostrado por muchos investigadores (Karimi et al., 2023).

En general, los residuos pueden utilizarse como matrices, es decir, biomateriales principales, o incluso como aditivos, proporcionando propiedades adicionales y beneficiosas, como actividad antioxidante, antimicrobiana o incluso antifúngica al empaque. Además, los productos de desecho pueden estar compuestos por compuestos bioactivos como flavonoides, polifenoles y taninos, y al ser añadidos a una matriz polimérica biodegradable, pueden producir envases con potencial antioxidante y antimicrobiano. Estas características los convierten en excelentes sustitutos naturales de los aditivos sintéticos tradicionales. Entre los residuos utilizados con potencial para desarrollar envases antioxidantes y/o antimicrobianos, podemos mencionar el uso de cápsulas de gelatina y residuos de remolacha bagazo de yuca y fibra de palma en matriz de almidón de yuca, orujo de aceituna en quitosano y harina de cáscara de mango (Ferreira et al., 2022).

Las proteínas animales, la quitina y la grasa son los principales subproductos que pueden obtenerse de ganado, aves de corral, animales domésticos y especies acuáticas, y generalmente, un tercio a la mitad de cada peso en vivo de animal utilizado para carne, leche, huevos y fibras se consideran como subproductos. Mientras que el consumo directo es la vía ideal para los subproductos de carne, muchos de ellos, junto con otros residuos generados en el procesamiento de carne, pueden ocasionar problemas de disposición y costos para la industria. Una estrategia para valorizar los sub-productos de esta industria es convertirlos en productos de uso en bioempaques. Existe investigación en el desarrollo de *films* a base de colágeno, keratina y otras proteínas de descarte animal (Khodaei et al., 2021).

El quitosano es un polisacárido catiónico lineal que se puede obtener a partir de la desacetilación alcalina de la quitina. La quitina, el segundo biopolímero más común disponible en la naturaleza después de la celulosa, es el componente principal del exoesqueleto de los artrópodos como los crustáceos, cangrejos, langostas, camarones, esqueletos de insectos y hongos. El quitosano es la parte principal de los residuos de productos marinos con una baja toxicidad, biodegradabilidad, estabilidad y propiedades antimicrobianas (Khodaei et al., 2021).

El contenido de quitina en las conchas de crustáceos varía del 13 al 42%. El procesamiento de camarones genera un desperdicio sustancial (40-50%), del cual el 40% es quitina, lo que indica claramente la necesidad de encontrar alternativas de valor agregado para este desperdicio. El quitosano y sus derivados tienen muchas aplicaciones en la industria alimentaria, agricultura, farmacia, medicina, cosméticos, textiles e industrias del papel. Los estudios también han demostrado que el quitosano tiene una considerable actividad antioxidante y actividad antimicrobiana contra una amplia gama de bacterias Gram positivas, bacterias Gram negativas, levaduras y mohos. Las películas biodegradables de quitosano exhiben buenas propiedades mecánicas, transparencia y propiedades antimicrobianas con una permeabilidad moderada a los gases (CO₂ y O₂). Las películas de quitosano no son termoplásticas, ya que se degradan a temperaturas más bajas que las necesarias para la fusión previa, por lo tanto, este biopolímero no se puede moldear, estirar ni sellar por calor, lo que aumenta los costos de producción y limita las aplicaciones.

3. Nanomateriales para bioempaques

Aunque los polímeros han transformado la industria alimentaria debido a su alta resistencia, bajo peso, bajo costo, resistencia al agua y facilidad de procesamiento, sus limitaciones más importantes son su permeabilidad al oxígeno y otros gases y su falta de biodegradabilidad, lo que ha llevado al esfuerzo por encontrar nuevas tecnologías que superen estas limitaciones. La nanotecnología podría proporcionar algunas soluciones. Los sistemas de empaque activo se basan en la interacción entre el entorno del empaque y los alimentos para proporcionar una protección adecuada. El uso de nanotecnología en el empaque activo. La adición de nanoaditivos a los polímeros en la composición de las mezclas de

empaques mejora sus propiedades mecánicas, ópticas, térmicas y de barrera; por lo tanto, su uso en la economía circular es más viable. Además, la introducción de una cantidad del 1 al 4% de nanosilica condujo a una alta estabilidad térmica de los nanocompuestos, presentando una mejor procesabilidad.

Las nanopartículas inorgánicas tienen ventajas como un tamaño de partícula pequeño, una gran área de superficie específica y propiedades químicas estables, por lo que pueden formar una estructura de red espacial mediante el entrecruzamiento cuando se mezclan con materiales poliméricos para mejorar las propiedades de barrera de la película. Las partículas inorgánicas de SiO_2 se han utilizado ampliamente en materiales de conservación de alimentos (Kandasamy et al., 2021). La adición de SiO_2 a las películas de conservación de alimentos puede aumentar las propiedades antibacterianas de las películas, y se han investigado parcialmente películas de SiO_2 solas y películas compuestas de SiO_2 con otros sustratos, pero aún no se ha investigado ampliamente las películas compuestas de nanopartículas de zeína/ SiO_2 , lo que puede ser una dirección de investigación futura. Además, se prepararon películas basadas en nanomontmorillonita/zeína (Sudheer et al., 2023), que tienen el potencial de ser utilizadas para la conservación de alimentos.

Las nanopartículas de metal y óxido de metal también se han investigado ampliamente para la encapsulación de conservantes de alimentos. Estos materiales mostraron propiedades antibacterianas duales contra bacterias Gram positivas/negativas. El TiO_2 es un material inerte y no tóxico con actividad fotocatalítica y buena biocompatibilidad. El TiO_2 bajo condiciones de luz puede descomponer la materia orgánica de los microorganismos y tiene un buen efecto inhibitorio sobre *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, por lo tanto, la adición de nano- TiO_2 a la película de zeína hace que la película tenga un efecto antibacteriano.

Las nanopartículas de ZnO tienen varias propiedades atractivas como la no toxicidad, una gran área de superficie específica, una fuerte protección UV, propiedades antibacterianas y alta estabilidad térmica. Por lo tanto, las nanopartículas de ZnO se pueden incorporar a la matriz de la película para mejorar aún más las propiedades físicas y antimicrobianas de las películas. Los investigadores han combinado nanopartículas de ZnO con películas basadas en zeína para investigar las propiedades de bloqueo de UV y la actividad antimicrobiana de las películas compuestas para aplicaciones de conservación de alimentos. En comparación con el TiO_2 , las nanopartículas de ZnO tienen una mayor absorción de UV y propiedades antibacterianas más fuertes.

Las nanopartículas orgánicas están hechas de carbohidratos, lípidos y otros compuestos orgánicos. Estas nanopartículas pueden introducir sus propiedades especiales en los materiales de conservación para mejores aplicaciones. Las nanopartículas de celulosa son celulosas a escala nanométrica y se usan comúnmente como refuerzos que se añaden a otros biopolímeros para hacer compuestos verdes. La nanocelulosa se puede usar en combinación con otros materiales para mejorar las propiedades de barrera, térmicas, mecánicas y reológicas de los compuestos. La integración homogénea de la zeína en la red de nanocelulosa mejoró significativamente las propiedades mecánicas como la resistencia a la tracción y la rigidez, así como la estabilidad térmica de los compuestos resultantes.

Debido a su alta relación superficie-volumen, las nanopartículas tienen una alta reactividad con otros materiales; por lo tanto, han atraído mucha atención y tienen amplias aplicaciones en la producción de diferentes productos. Sin embargo, los estudios sobre nanopartículas han demostrado que algunas de ellas tienen efectos negativos en el crecimiento y supervivencia de los seres vivos. Existen ambigüedades sobre el mecanismo de toxicidad de las nanopartículas y, por lo tanto, estudiar estos materiales y sus efectos tóxicos es una necesidad (Caleb et al., 2023). En los últimos años, se han realizado numerosos estudios sobre la migración de nanopartículas a los alimentos. Los estudios han demostrado que los nanomateriales que ingresan al cuerpo a través de diferentes métodos pueden distribuirse por todo el cuerpo y pueden dañar las células humanas al cambiar la función mitocondrial,

producir oxígeno activo, aumentar la permeabilidad de la membrana y causar efectos tóxicos y enfermedades crónicas como alergias, asma, diversas inflamaciones, enfermedades cardiovasculares y cáncer. Además, trabajar con nanomateriales conduce a la transmisión de nanopartículas al medio ambiente, lo que provoca un tipo de contaminación llamada contaminación ambiental (Paidari et al., 2021).

C. Capacidades de investigación sobre bioempaques para alimentos en Uruguay

Uruguay cuenta con una sólida plataforma de investigación con recursos humanos altamente capacitados en todas las áreas de la ciencia y tecnología. La Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) que nuclea y categoriza a la mayor parte de investigadoras e investigadores uruguayos en el Sistema Nacional de Investigación (SNI), declara en su página web (<https://sni.org.uy/>) un número total de 2169 “investigadores activos”. De este número, 202 corresponden al área de las Ingenierías y Tecnologías, un universo que contiene académicas y académicos dedicados a la formación de recursos humanos y la investigación en el área de alimentos.

Históricamente el nodo de mayor contribución a la formación de recursos humanos e investigación en el área de alimentos en Uruguay ha sido la Universidad de la República (UdelaR). La carrera de Ingeniero de Alimentos de la UdelaR se brinda con la contribución de sus Facultades de Química, Ingeniería, Veterinaria y Agronomía⁴. En cada una de estas Facultades existen grupos de investigación de trayectoria que contribuyen a distintos aspectos del avance del conocimiento en alimentos. En la Facultad de Ingeniería (FING), por ejemplo, el Laboratorio de Polímeros dentro del Instituto de Ensayos de Materiales⁵ tiene a cargo cursos ligados a los envases poliméricos para la industria alimenticia. Como se verá más adelante, desde UdelaR, hay otros investigadores que contribuyen en el avance de conocimiento sobre bioempaques para alimentos.

Más recientemente, la Universidad Católica del Uruguay, generó una propuesta educativa en Ingeniería de Alimentos dentro de su Facultad de Ingeniería⁶. La carrera se construyó incorporando docentes con formación de posgrado, muchos de ellos en el exterior, y profesionales vinculados al sector industrial. Simultáneamente, se estableció un área de investigación y desarrollo que contribuye desde sus inicios con productos de investigación vinculados al área de alimentos.

Por su parte, la Universidad Tecnológica (UTEC) ofrece una Licenciatura en Análisis Alimentario que apunta a formar profesionales para la industria de alimentos y derivados con competencias para emprender proyectos de innovación y desarrollo en el sector⁷.

El Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) contribuye desde hace décadas a la investigación en diversas cadenas tales como carne, granos, leche, cereales y oleaginosas, frutas. Esta institución de investigación alberga estudiantes de posgrado y de grado de diferentes Universidades que junto a los investigadores residentes traccionan la investigación en alimentos en áreas tales como agregado de valor, inocuidad y atención al consumidor.

⁴ <https://www.fq.edu.uy/es/node/19>.

⁵ <https://www.fing.edu.uy/es/iem/3-ensayos>.

⁶ <https://carreras.ucu.edu.uy/programas/ver/carrera-en-ingenieria-en-alimentos--mvd--presencial?variante=5>.

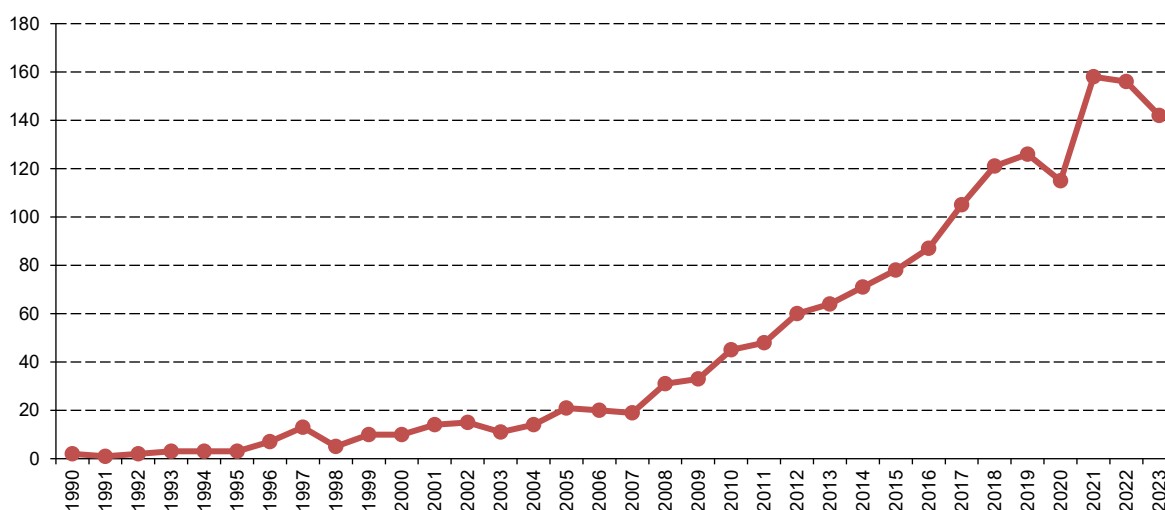
⁷ <https://utec.edu.uy/es/educacion/carrera/licenciatura-en-analisis-alimentario/>.

Por otro lado, la Fundación para la investigación del Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU), denominada Latitud⁸, contribuye con el desarrollo de proyectos de I+D+i, en el área de alimentos en estrecho vínculo con las necesidades de la industria con el respaldo del LATU. Cuenta con un equipo de investigación que incluye además estudiantes de grado y posgrado.

Además de las Instituciones arriba mencionadas existen ámbitos de formación e investigación que no necesariamente cuenta con una plataforma específica en alimentos, pero colaboran con productos de investigación que contemplan además la contribución de estudiantes de grado y posgrado en sus trabajos de tesis. El Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE), el Departamento de Biotecnología de la Universidad ORT Uruguay, el Centro de Investigación Básica en Psicología de la Facultad de Psicología de la UdelaR o Instituto Nacional de Alimentación son ejemplo de ello.

Un análisis bibliométrico de la literatura científica en SCOPUS muestra que Uruguay ha contribuido con 1600 publicaciones cuya palabra clave incluye alimentos desde los años 1990, con un crecimiento casi exponencial a partir de los 2005 (gráfico 3).

Gráfico 3
Número de publicaciones sobre alimentos indexadas en SCOPUS
(En decenas de publicaciones)



Fuente: Elaboración propia en base a resultados de búsqueda en SCOPUS.

Nota: Búsqueda con palabra clave "food" (alimento) en el campo "Title, abstract, keywords" (Título, resumen, palabras claves) y "Uruguay" en el campo "Affiliation country" (país de afiliación).

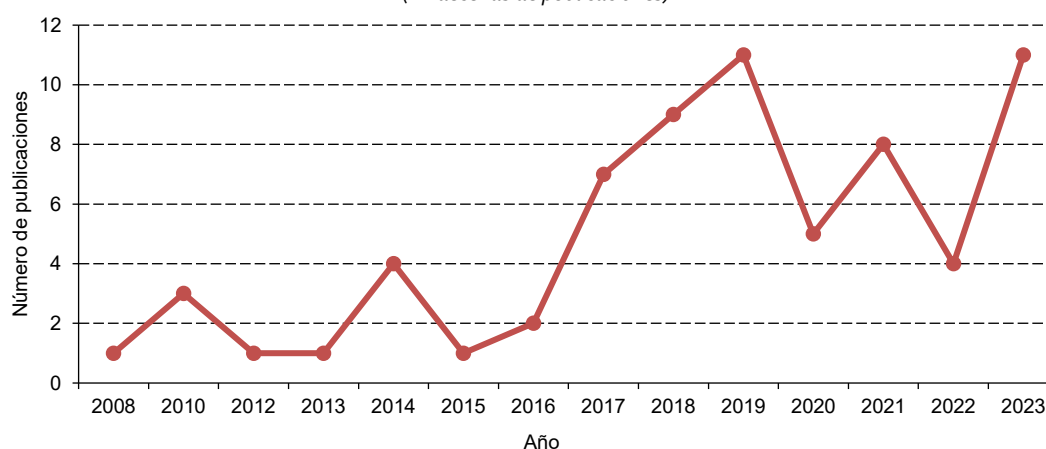
Sin embargo, cuando se analizan las publicaciones combinando las palabras clave "*food and packaging*" (alimento y embalaje), los resultados arrojan apenas 68 documentos que comienzan a aparecer desde el año 2008 (gráfico 4).

Los investigadores con mayor cantidad de publicaciones (más de 10) se enfocan en el área de comportamiento alimentario, etiquetado e información nutricional. Un análisis de enfoque de sus publicaciones recientes podría indicar su potencial de contribución a estudios vinculados a Bioempaques. Así, por ejemplo, en un estudio reciente del grupo del Dr. Ares (Gugliucci, 2021) se evaluó si la inclusión de advertencias nutricionales en sitios web de pedidos de alimentos podía desalentar a los consumidores a comprar alimentos con exceso de nutrientes relacionados con enfermedades no

⁸ <https://latitud.org.uy/alimentos/>.

transmisibles. Los participantes que vieron las advertencias seleccionaron significativamente menos alimentos con contenido excesivo de nutrientes perjudiciales en comparación con el grupo de control. Estos hallazgos sugieren que las advertencias nutricionales pueden ser efectivas para influir en las decisiones de compra de alimentos. Estudios del estilo, podrían llevarse a cabo para evaluar el comportamiento de consumidores de alimentos ofrecidos en bioempaques con etiquetados que lo declaren. Así se podrían acumular evidencia para alentar al sector productivo a la utilización de empaques biobasados y biodegradables.

Gráfico 4
Número de publicaciones relacionadas a empaques de alimentos indexadas en SCOPUS
(En decenas de publicaciones)



Fuente: Elaboración propia en base a resultados de búsqueda en SCOPUS.

Nota: En búsqueda con palabra clave "food and packaging" (alimento y embalaje) en el campo "Title, abstract, keywords" (Título, resumen, palabras claves) y "Uruguay" en el campo "Affiliation country" (país de afiliación).

Es útil analizar las instituciones y los investigadores que han contribuido a estas publicaciones, como nodos potenciales de investigación en bioempaques (cuadros 1 y 2).

Cuadro 1
Documentos por afiliación en Uruguay en publicaciones relacionadas a empaques de alimentos indexadas en SCOPUS (2008-2023)
(Número de publicaciones)

Institución	Cantidad de publicaciones
Universidad de la República	60
Universidad de la República, Facultad de Química	50
Instituto Nacional de Alimentación	21
Universidad Católica del Uruguay	3
Ministerio de Salud Pública	3
Instituto Nacional de Alimentación	2
Latitud-LATU Fundación	2
Ministerio de Desarrollo Social	2
Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU)	2
Fundación LATU	1

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de búsqueda en SCOPUS.

Nota: Búsqueda con palabra clave "food and packaging" (alimento y embalaje) en el campo "Title, abstract, keywords" (Título, resumen, palabras claves).

Cuadro 2
Documentos por autor en Uruguay en publicaciones relacionadas a empaqueso
de alimentos indexadas en SCOPUS
(Número de publicaciones)

Autor/a principal	Cantidad de publicaciones
Ares G.	49
Curutchet M.R.	27
Giménez A.	26
Antúnez L.	22
Machín L.	17
Vidal L.	13
Arrúa A.	6
Alcaire F.	5
Martínez J.	5
Moratorio X.	5
Varela P.	5
Lema P.	4
Curutchet A.	3
Galicia L.	3
Maiche A.	3
Rufo C.	3

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de búsqueda en SCOPUS.

Nota: Búsqueda con palabra clave "food and packaging" (alimento y embalaje) en el campo "Title, abstract, keywords" (Título, resumen, palabras claves). Se incluyen autores con mínimo de 3 publicaciones en el período 2010-2023.

Incluso, en un estudio más reciente, los mismos autores señalan que la información incluida en los envases de alimentos influye en las asociaciones de los consumidores y en las decisiones de compra de productos (Machín, 2023). Este trabajo, aunque orientado hacia etiquetado sobre aspectos nutricionales, recalca la importancia de la implementación de políticas para lograr cambios de comportamiento de consumidores.

Como se mencionó en la revisión bibliográfica anterior, los aspectos de toxicología resultan extremadamente importantes para la incorporación de nuevos materiales que puedan ser biobasados. Aún, cuando el origen del material sea biológico, no se puede descartar un impacto negativo en la salud humana o incluso de otras especies si lo que se evalúa es el descarte del empaque. Este aspecto, tal y como se mencionó anteriormente, es de especial importancia para los nanomateriales. En este sentido, estudios de análisis sistemáticos de impactos toxicológico o de salud ambiental, como los realizados por la Dra. Diana Miguez (Haldar, 2023), resultan de gran interés para el avance del conocimiento en bioempaques. Este artículo de revisión indica que es importante llevar a cabo y centrarse en los posibles impactos de nanopartículas en la salud humana para identificar los desafíos clave y explorar los posibles impactos de su acumulación en el medio ambiente y sus efectos tóxicos. Esta mirada analítica informada desde Latitud podría servir no solo para formar recursos humanos y realizar investigaciones sino para asesorar a tomadores de decisiones o hacedores de políticas.

La valorización de subproductos agroindustriales, su uso en alimentos y el impacto en los consumidores ha sido estudiado por dos artículos recientes con contribución de autores del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ingeniería y Tecnologías (UCU) y de Latitud – Fundación LATU (Curutchet, 2023; Curutchet, 2019). Una vez más, aun cuando los artículos no se enfocan en investigaciones directamente relacionadas a bioempaques, estos grupos de investigación

cuentan con conocimiento y capacidades de infraestructura para realizar y extender investigaciones de valorización de subproductos a empaques biobasados.

El grupo de investigación coordinado por Patricia Lema del Instituto de Ingeniería Química (FING, Udelar) es el único grupo que investiga específicamente la temática de bioempaques para alimentos. Recientemente se publicó un artículo científico que se encuadró dentro de los estudios doctorales de la MSc. Erika Paulsen (Paulsen, 2022) y ha sido llevado a cabo junto a colaboradores internacionales. Se estudiaron *films* de PLA/PBAT (poli(butileno-adipato-co-tereftalato) mezclado con poli(lactida) con nombre comercial Nature Fresh®, como alternativa para el envasado de brócoli. Se realizaron estudios fisicoquímicos y sensoriales y se encontró que este biomaterial permitía un aumento en el almacenamiento a 21 días a 2°C. Las autoras indican que esta novedosa película podría ser una alternativa de envase viable para la comercialización del brócoli, teniendo un impacto positivo en la reducción de los desechos de plástico.

Este grupo, junto al grupo de Mary Lopretti de la Facultad de Ciencias (Udelar) forma parte de la red de 8 países para investigación en bioempaques en el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Iberoamericano (CYTED) denominada "Obtención de films biodegradables de origen 100% natural para la industria de alimentos"⁹. La definición empleada en esta red coincide con la adoptada en el presente documento.

A pesar de que Uruguay cuenta con investigadores de alto nivel y con masa crítica y acumulación en diversos campos relacionados con los alimentos, su contribución al ámbito de los bioempaques ha sido limitada. Las razones detrás de esta limitación no se basan en una percepción de su insignificancia. Por el contrario, en todas las entrevistas realizadas se hizo explícito el alto valor que se le asignan a los avances en investigación y tecnología en bioempaques. Se hace referencia más bien a un problema de escala para la evaluación de nuevos materiales por parte del sector académico (y se infiera del sector productivo también). Las cantidades y costos de mínimos de importación son infranqueables para un grupo de investigación del medio uruguayo.

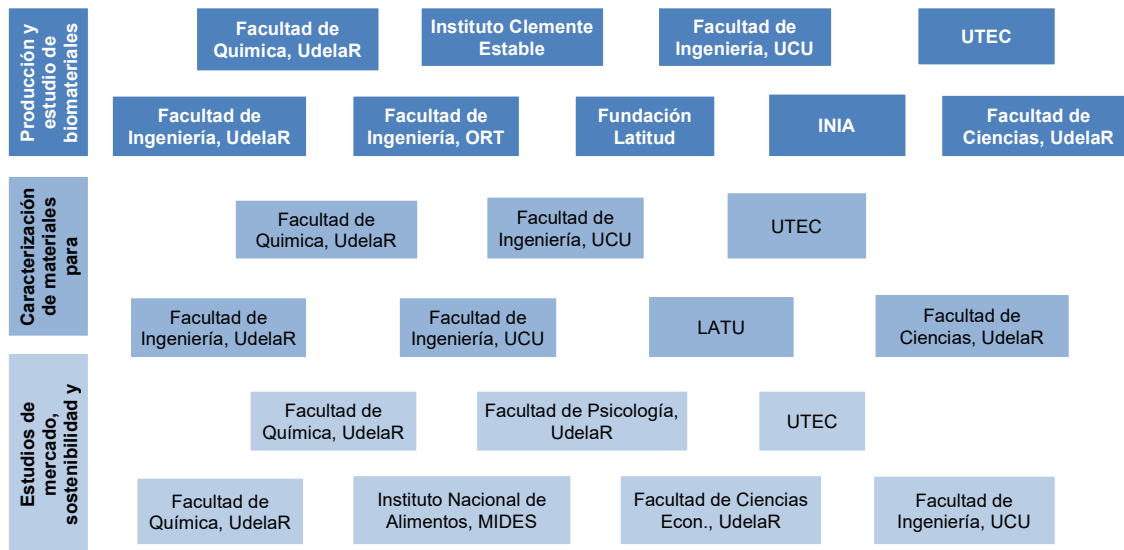
Lejos de haber hecho un análisis en profundidad de las causalidades de la falta de investigación en bioempaques, se infiere que las mismas se alinean con el diagnóstico de las limitantes expresadas en reciente estudio realizado por Uruguay XXI, ANII, PEDECIBA y SNCYT¹⁰. La falta de instrumentos de financiación y/o el desbalance entre los fondos que se otorgan y las actividades que se pretenden desarrollar es una de las grandes limitantes. La apertura de fondos específicos en el área podría traccionar la investigación y acercar actores que de otra manera permanecerían desconectados. De hecho, una mayor comunicación y colaboración efectiva entre el sector productivo y el sector académico es otra de las limitantes identificadas en el trabajo referido, para impulsar la innovación de manera más eficaz y que aplica al problema de la falta de investigación e innovación en bioempaques. Se espera, que, alineados con las nuevas tendencias globales, Uruguay continúe avanzando hacia la implementación de materiales más sustentables, biobasados y utilice las capacidades académicas que ya existen en el país. Es importante recalcar, además, que existe una madurez académica y de investigación en Uruguay que permite a grupos de investigación que no se han dedicado hasta ahora al desarrollo de bioempaques, a redireccionarse o ampliarse en sus intereses investigativos para contribuir con conocimiento y desarrollos. Existen, por ejemplo, varios grupos dedicados al estudio de biomateriales que no han sido analizados en este trabajo por no haberse dedicado a la interfase materiales/alimentos.

⁹ <https://www.cytcd.org/ENVABIO100>.

¹⁰ <https://www.uruguayxxi.gub.uy/uploads/informacion/8e79c7b415cbe01c9462143c5b4138b1d294236b.pdf>.

El diagrama 4 muestra las instituciones locales que presentan capacidades de investigación en tres diferentes áreas vinculadas a los bioempaques: 1) la producción de materiales biobasados, 2) su caracterización como material para bioempaques y de cara al alimento que se vaya a empaquetar, 3) los estudios de económicos, de sostenibilidad y de aceptación por parte de los consumidores.

Diagrama 4
Potenciales instituciones contribuyentes a la investigación en bioempaques en Uruguay



Fuente: Elaboración propia.

En la primera área de producción de materiales biobasados, se encuentran las facultades de Ingeniería de cuatro universidades, dos públicas y dos privadas (Udelar, UTEC, UCU y ORT), además de las facultades de Química y Ciencias de la Udelar, la universidad más grande del país y con la mayor tradición de investigación. Además, hay tres institutos de investigación muy relevantes, el INIA, el IIBCE y Látitud (LATU).

En la segunda área sobre la caracterización del material para bioempaques de cara al alimento que se vaya a empaquetar se encuentran las facultades de Ingeniería de Udelar, UTEC y UCU, así como las facultades de Química y Ciencias de Udelar y el LATU.

En la tercera área sobre estudios económicos, de sostenibilidad y de aceptación por parte de los consumidores, se encuentran las facultades de Ingeniería, de Química, de Ciencias Económicas y de Administración y de psicología de la Udelar, la facultad de Ingeniería de la UCU y la UTEC. Además, el Instituto Nacional de Alimentación del Ministerio de Desarrollo Social (MIDES) también genera conocimiento en el área.

Por último, se debe destacar que muchos de los trabajos académicos analizados, se realizaron en colaboración con grupos del exterior de primer nivel, lo que habla del interés de nuestros académicos en vincularse con otros investigadores y enriquecer sus estudios con miradas holísticas para estar en la frontera del conocimiento.

III. La normativa bromatológica relevante para la producción y uso de bioempaques para alimentos en Uruguay

En febrero de 2022, la consultora McKinsey & Company publicó un artículo en el que revisa las normas de empaque sustentables en 30 países del mundo¹¹. La sustentabilidad de los empaques es una tendencia a nivel mundial desde el lado de la producción, así como del consumo. En respuesta, están surgiendo nuevas regulaciones que legislan la temática. Sin embargo, los enfoques regulatorios varían considerablemente según la región y divergen aún más cuando se observan a nivel de cada país. Para comprender mejor los desarrollos recientes el informe mapeó las regulaciones en 30 países de todo el mundo (Europa y la Unión Europea -8 países, América del Norte -3 países, América Latina -4 países, Asia -7 países, y Oriente Medio y África -8 países).

El documento señala que la comprensión de las regulaciones a escala global es altamente compleja debido a los siguientes factores: las regulaciones aún se encuentran en las primeras etapas de desarrollo, lo que genera incertidumbre en torno a los alcances, planes de acción u objetivos indefinidos; la madurez regulatoria entre países es extremadamente heterogénea; la terminología establecida no está alineada (por ejemplo, el término reciclaje puede tener diferentes significados); finalmente, lo que está dentro del alcance de la normativa varía (por ejemplo, algunas reglamentaciones se centran en múltiples categorías, aplicaciones, productos finales y materiales, mientras que otras se centran en aspectos específicos); el panorama geográfico es complicado, ya que las regulaciones se pueden desarrollar a nivel federal, estatal o incluso municipal.

De los países estudiados, 29 habían comenzado o ya habían promulgado regulaciones de empaque sustentable con el objetivo principal de limitar el impacto negativo en el ambiente y en la salud humana. McKinsey & Company encontró que las regulaciones en América Latina y Medio Oriente se

¹¹ <https://www.mckinsey.com/industries/packaging-and-paper/our-insights/sustainability-in-packaging-global-regulatory-development-across-30-countries#/>.

enfocan más en el empaque de alimentos, mientras que los reguladores en la Unión Europea y Asia han desarrollado un enfoque más holístico en todas las categorías de empaque. La mayoría de las regulaciones apuntan, tanto al principio, como al final de la cadena de suministro, a prohibir un material o crear esquemas de responsabilidad extendida del productor.

En el estudio se agruparon a los países en cuatro amplios “arquetipos” normativos en función de las estrategias:

- i) Estrategias poco claras con mecanismos no estructurados para apoyar el empaque sostenible, que se encuentran principalmente en países del norte de África, Medio Oriente y el sudeste asiático;
- ii) Estrategias de alto nivel con metas/hitos genéricos, pero aún con mecanismos no estructurados. Este grupo representa a países en las primeras etapas de la regulación de envases sostenibles. Sus regulaciones son aún inmaduras, con numerosas iniciativas regulatorias aún en discusión o que necesitan una aclaración significativa y traducción en medidas más prácticas y concretas. Aunque han demostrado cierta voluntad de progresar, los caminos que seguirán estos países no están claros. Esta categoría comprende a siete países de las Américas.
- iii) Estrategias claras con objetivos genéricos/comunes (no por tipo de material), con hitos clave definidos, incentivos y sanciones. En este arquetipo hay países de Europa y Asia oriental.
- iv) Estrategia holística y detallada para al menos un tipo de empaque, con hitos claros respaldados por objetivos detallados y mecanismos estructurados establecidos. En este arquetipo se encontraron principalmente países de Europa y Asia oriental.

El 90% de las regulaciones en los países encuestados se refieren al empaque primario. Sin embargo, China, India, Vietnam y Filipinas han generado medidas regulatorias que se enfocan en el empaque secundario y terciario, mientras que, India, tiene la mayoría de las medidas enfocadas al empaque secundario y terciario. El Mercado Común del Sur (MERCOSUR) actualizó recientemente sus regulaciones de envases de plástico y varios países del sur y sureste de Asia actualizaron también recientemente sus regulaciones de envases o residuos.

Teniendo en cuenta el panorama mundial anterior del informe de McKinsey & Company, la metodología utilizada en este capítulo para caracterizar la normativa pública para la producción de bioempaques en Uruguay se basa, fundamentalmente, en una revisión sistematizada de toda la reglamentación disponible sobre la materia, siguiendo los principios del orden jurídico. Se avanzó progresivamente desde lo nacional hacia lo regional e internacional.

El análisis y estudio no se limitó a una investigación bibliográfica, si no que se validó en reiteradas instancias con expertos y científicos de diferentes disciplinas vinculadas al objeto de estudio y se atendieron tanto sus posicionamientos formales/ institucionales, como sus posiciones más vernáculas.

La pregunta obvia para dar puntapié a la investigación es responder a la pregunta de si en la legislación de nivel nacional o internacional existe una definición de bioempaque. El resultado es que no hay algo como tal, es decir no hay una definición exhaustiva y abarcativa.

En las próximas secciones se recorren los diferentes niveles, nacional, regional, internacional. En primer lugar, se aborda la normativa nacional relevante para la producción y uso de bioempaques para alimentos en Uruguay (sección A); luego, la normativa regional (sección B) y, en tercer lugar, la internacional (sección C). En la sección D se realiza una búsqueda específica de la normativa (listas positivas) sobre materiales utilizados en bioempaques.

A. Revisión de la normativa nacional relevante para la producción y uso de bioempaques para alimentos

Una de las principales herramientas para valorar el uso de un determinado producto o tecnología, como es un empaque para alimento, es una definición normativa que encuadre, proteja y regule el uso de dicha tecnología o producto y que incluya la salud pública. Por ello la inclusión de la normativa regulatoria en un tema como los bioempaques para alimentos es esencial si se quiere analizar cómo debería encarar Uruguay su fomento.

1. Algunas consideraciones previas

En Uruguay, las y los estudiantes tienen las primeras nociones de derecho y legislación de la mano de los textos del profesor Enrique Vescovi (1995), quien, de manera sintética pero efectiva ofrece una rápida mirada sobre la organización del ecosistema normativo del país.

Para poder entender cómo funciona la normativa uruguaya parece imprescindible describir, al menos en sus aspectos fundamentales, algunos principios rectores que la hacen muy similar a la de otros países, pero que también caracterizan algunas de sus particularidades.

"Las diversas normas jurídicas de un sistema positivo constituyen un orden. En efecto, las reglas jurídicas de un país configuran un sistema orgánico, un todo coherente regido por principios de lógica, especialmente, por el de no contradicción" ... "Dentro del ordenamiento jurídico de un Estado siempre habrá una solución para un problema y nunca podrá haber dos soluciones contradictorias, porque en caso de que dos normas se contradigan, siempre habrá una sola que será válida (Vescovi, 1995)".

Tomando en cuenta esto, se debe saber que cuando se caracteriza un sistema normativo, se debe contemplar que aquellos principios por los que nos regiremos serán públicos, sistematizados y guardarán entre sí, relaciones de jerarquía. Es decir, estaremos trabajando sobre un sistema normativo ordenado.

Para poder resolver cualquier conflicto de contradicción entre normas nos apoyaremos entonces en tres principios fundamentales: el principio de jerarquía, el de competencia y el de derogación. Para este análisis, nos apoyaremos, sobre todo, en los dos primeros.

Según el principio de jerarquía una norma de escala superior prima sobre la inferior y cuando haya contradicciones entre ambas, debe dejarse de aplicar esta última. Para esto el Orden jurídico establece recursos que aseguran la jerarquía 'supremacía' de las normas. Por encima de todas las normas de un país debe colocarse el Derecho Internacional. Si admitimos la existencia de este Derecho (...) debemos aceptar que esa norma es superior a cualquiera otra del Estado (...) Si formamos parte de organismos internacionales (ONU, OEA), cuyas normas contribuimos a crear y aceptamos, no podemos eludirlas (Vescovi, 1995).

En el Uruguay, el primer escalón del Orden Jurídico lo ocupa la Constitución de la República; le siguen los Códigos, las leyes ordinarias y los decretos de las juntas departamentales.

Según el principio de competencia, si apareciera la contradicción entre normas dictadas por distintos órganos, una ley y un decreto municipal, por ejemplo, se deberá dar primacía a la dictada por el órgano competente. Este es aquel que tiene atribuida la facultad de regular la materia de que se trata (...) Si la norma se refiere a una cuestión municipal (...) será competente el órgano municipal y deberá preferirse, si hay contradicción, la ordenanza o decreto municipal a la ley (Vescovi, 1995).

Habiendo hecho esta breve contextualización, se puede abrir el capítulo específico sobre la normativa de bioempaques y la realidad subjetiva, económica y social en la que se instala, tanto el tema, como su aspiración de regulación. En las próximas subsecciones se recorren los diferentes niveles regulatorios, nacional, regional e internacional y, se recogen algunos hallazgos.

2. Revisión en el Reglamento Bromatológico Nacional

En Uruguay, la fuente normativa por antonomasia, por su relevancia para la producción de alimentos y envases que estén en contacto con ellos es el Reglamento Bromatológico Nacional (RBN- Decreto 315/994) que rige en todo el territorio. Este documento de treinta capítulos incorpora las normas que ya fueran aprobadas en el Mercado Común del Sur (MERCOSUR) y en el Codex Alimentarius (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO por sus siglas en inglés y la Organización Mundial de Salud-OMS).

En la octava edición del RBN de febrero 2022 se describe al envase alimentario como “el recipiente, el empaque o el embalaje destinado a asegurar la conservación y facilitar el transporte y manejo de alimentos.” (Capítulo 1 – sección 1.1.62.). Por otro lado, en las secciones 1.1.64 y 1.1.65 se define envase primario como aquel que se encuentra en contacto directo con el alimento, y envase secundario al que está destinado a contener uno o más envases primarios.

El RBN (Dec 315/994) define en su sección 1.1.1.62 al envase alimentario como un recipiente, empaque o embalaje destinado a asegurar la conservación y facilitar el transporte y manejo de alimentos. En la misma sección se clasifican los envases en tres tipos, según el nivel de contacto con el alimento:

- Envase primario o envoltura primaria o recipiente. Es el envase para alimentos que se encuentra en contacto directo con los mismos. (1.1.63, RBN)
- Envase secundario o empaque. Es el envase destinado a contener uno o varios envases primarios. (1.1.64, RBN)
- Envase terciario o embalaje. Es el envase destinado a contener uno o varios envases secundarios. (1.1.65, RBN)
- Envase de primer uso. Es el envase nuevo, que no ha sido utilizado previamente (1.1.66, RBN)

El RBN define material alimentario como todo artículo que sin ser un ingrediente alimentario puede entrar en contacto con un alimento durante su elaboración, su almacenamiento o su comercialización. Se distinguen: envases, empaques, embalajes, cierres, rótulos, etiquetas, tintas, lubricantes, materiales de limpieza y desinfección (1.1.16, RBN)

Los envases y equipamientos alimentarios que estén en contacto con los alimentos deben fabricarse de conformidad con las buenas prácticas de manufactura, para que en las condiciones normales o previsibles de empleo no produzcan migración a los alimentos de componentes indeseables, tóxicos o contaminantes en cantidades tales que superen los límites máximos establecidos de migración total y específica, tales que puedan representar un riesgo para la salud humana, u ocasionar una modificación inaceptable de la composición de los alimentos o de los caracteres sensoriales de los mismos.

Los componentes para usar en los materiales que van a entrar en contacto con los alimentos se rigen por los siguientes principios (12.1.2.RBN):

- Principio 1: deberán estar incluidos en las listas positivas que son enumeraciones taxativas de las sustancias que se ha comprobado que son fisiológicamente inocuas en ensayos con animales y cuyo uso está autorizado para la fabricación de materiales en contacto con alimentos;

- Principio 2: en algunos casos, para alimentos específicos, podrán efectuarse restricciones de uso;
- Principio 3: deberán cumplir criterios de pureza compatibles con su utilización;
- Principio 4: deben cumplir con los límites de migración total y migración específica establecidos para ciertos componentes o grupos de componentes.

En la sección 12.1.4 del RBN se explicita que se prohíbe el empleo de materiales recuperados como materia prima para la fabricación de elementos para estar en contacto con productos alimenticios.

El RBN anexa el Decreto N. 252/020 MERCOSUR con el fin de eliminar las barreras comerciales que generarían las diferentes normativas nacionales, de conformidad con lo establecido en el Tratado de Asunción del año 1991, la base para la creación del MERCOSUR.

En el Capítulo 12 del RBN “Materiales en contacto con los alimentos” se desarrolla una serie de especificidades que deben tener los materiales para que su uso pueda ser autorizado como envases destinados para uso alimentario. El Capítulo 12 del RBN incorpora a la legislación nacional la siguiente reglamentación MERCOSUR (cuadro 3).

Cuadro 3
Artículos del RBN relacionados a materiales en contacto con alimentos incorporados a partir de resoluciones del GMC

Artículo	Detalle
N. 340/004	Adopta el reglamento técnico sobre adhesivos utilizados en la fabricación de envases y equipamientos destinados a entrar en contacto con alimentos. -MERCOSUR/ Grupo Mercado Común (GMC) Resolución N. 27/99.
N. 341/004	Adopta el reglamento técnico sobre metodologías analíticas de referencia para el control de envases y equipamiento en contacto con alimentos. MERCOSUR/ Grupo Mercado Común (GMC) Resolución N. 32/99.
N.379/004	Adopta el reglamento técnico sobre la lista positiva para envases y equipamientos elastoméricos en contacto con alimentos. MERCOSUR/ Grupo Mercado Común (GMC) Resolución N. 28/99.
N.253/005	Adopta el reglamento técnico sobre envases de PET multicapa (único uso) destinados al envasado de bebidas analcohólicas carbonatadas. MERCOSUR/ Grupo Mercado Común (GMC) Resolución N. 25/99, modificando disposiciones particulares para materiales plásticos.
N.10/011	Adopta el reglamento técnico sobre la lista positiva de polímeros y resinas para envases y equipamientos plásticos en contacto con alimentos. MERCOSUR/ Grupo Mercado Común (GMC) Resolución N. 24/004, y deroga los Decretos N. 148/000 y 343/004.
N.11/011	Adopta el reglamento técnico sobre la lista positiva de aditivos para materiales plásticos destinados a la elaboración de envases y equipamiento en contacto con los alimentos. MERCOSUR/ Grupo Mercado Común (GMC) Resolución N. 32/07, y deroga el Decreto N. 342/004.

Fuente: Reglamento Bromatológico Nacional de Uruguay.

Se observa que dentro del RBN, no se menciona la palabra “bioempaque”. Lo que sí existe es una lista de materiales habilitados para estar en contacto con los alimentos.

En función de ello, se inició otra búsqueda por palabras clave asociadas a la definición adoptada en este trabajo (ver recuadro 1 más arriba). La búsqueda se realizó con el prefijo “bio” (aquellos que provienen de una fuente de recurso natural- que no tenga origen de petróleo). Entre ellos: bio/ bio-basado, biodegradable, etc. Se puso el foco en identificar “biomateriales” que puedan ser viables para el desarrollo de bioempaques.

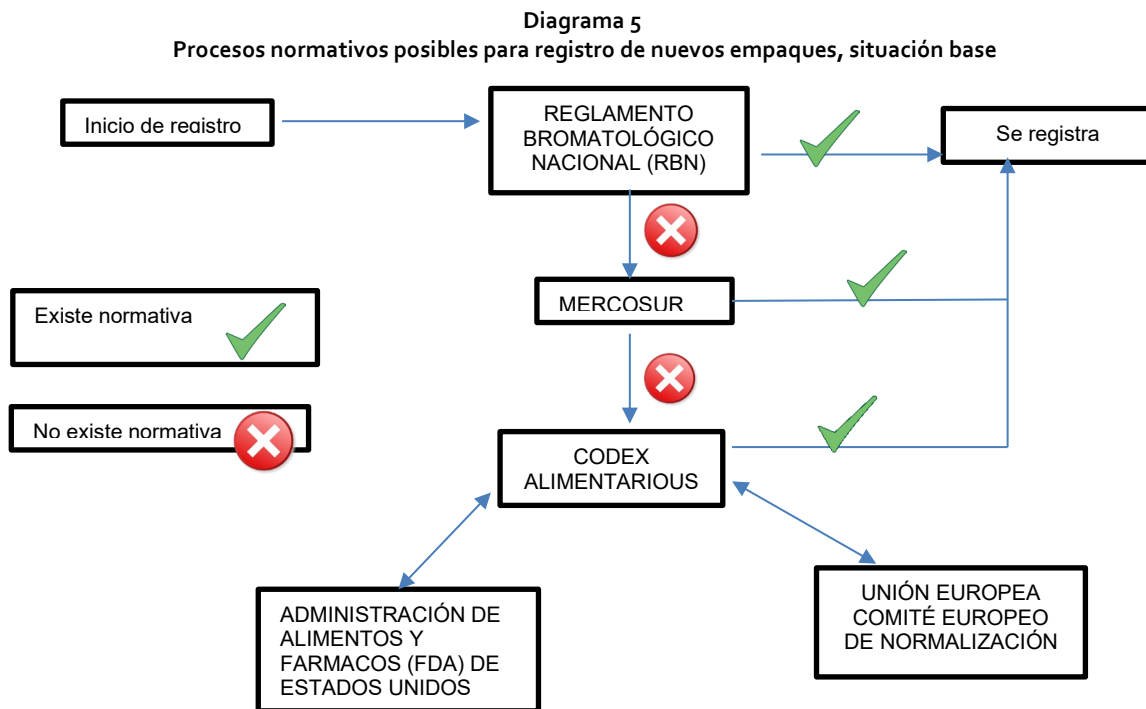
El resultado de dicha búsqueda es que a la fecha no hay ninguna referencia explícita en el RBN a las palabras claves (bio/bio-basado/biodegradable) de la definición adoptada de bioempaque de este trabajo.

3. Procesos normativos posibles para el registro de nuevos empaques en Uruguay

Dado el resultado de la sección anterior, se debe explorar cómo están establecidos dentro de la normativa los procesos para incorporar en el RBN nuevos tipos de empaques como son los bioempaques.

En el diagrama 5 se esquematiza el orden jerárquico en función del que se establece en el flujograma que debería recorrer una nueva disposición normativa en un caso de estudio como es el bioempaque.

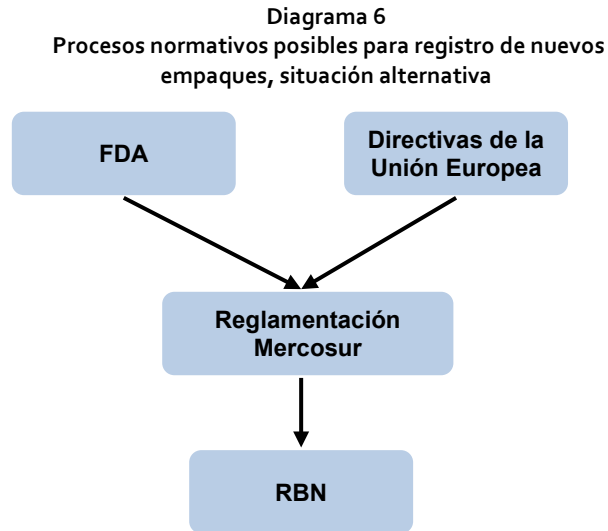
Como se observa en el diagrama, si la norma no figura explícitamente en el RBN, entonces se acude a la reglamentación MERCOSUR. Y, si no figura en esta última, se acude al Codex Alimentarius, que tiene sus propios mecanismos de incorporación de normas¹², y también alimenta y se retroalimenta de los desarrollos de la *Food and Drug Administration* de Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés) y de las normativas de la Unión Europea. Las dobles flechas azules indican la retroalimentación de las normativas de la Unión Europea y de la FDA sobre el Codex.



Fuente: Elaboración propia.

¹² El procedimiento de elaboración de normas del Codex, también llamado "procedimiento de trámites del Codex", está diseñado para permitir la consulta con una amplia variedad de partes interesadas, pero también incluye una vía rápida que hace posible que las normas urgentes se establezcan en un año. Generalmente una nueva norma del Codex tiene su origen en un documento de debate en la Comisión o un órgano auxiliar. Cualquier delegación, ya sea en calidad de miembro u observador, puede presentar documentos de debate. Un miembro o un órgano auxiliar de la Comisión presenta la propuesta formal para la elaboración de una norma (documento de proyecto), en la que se detalla la necesidad de una norma, el plazo para realizar el trabajo y su prioridad relativa. (<https://www.fao.org/3/CA1176ES/ca1176es.pdf>).

Si tampoco figura en el Codex, existe la posibilidad de acudir a la reglamentación de la FDA y/o de la Unión Europea, como se observa en el diagrama 6. Las que deberán ser incorporadas en la reglamentación MERCOSUR y luego en el RBN.



Fuente: Elaboración propia.

B. Revisión de la normativa regional relevante para la producción y uso de bioempaques

El Grupo de Trabajo de Envases en contacto con Alimentos, que pertenece al Subgrupo de Trabajo N. 3 “Reglamentos Técnicos y Evaluación de la Conformidad” del Grupo Mercado Común (GMC), es el que se encarga de establecer la normativa sobre este tema a nivel regional del MERCOSUR. Existe un conjunto de normas generales que aplican a todos los materiales en contacto con alimentos y normativas específicas para tipo de material.

La función principal del Grupo de Trabajo de Envases en contacto con Alimentos es la construcción de los reglamentos técnicos de los materiales destinados a estar en contacto con los alimentos (envase, embalaje, utensilios, etc.). Ya sean plásticos, celulósicos, metálicos, cerámicos, vidrios, entre otros.

1. Principales normas a nivel del MERCOSUR sobre envases en contacto con alimentos

Se presenta a continuación una lista elaborada por CTplas (2021) que resume las principales normas a nivel del MERCOSUR sobre envases en contacto con alimentos ¹³.

- MERCOSUR/GMC/Res. n° 03/92 Criterios generales de envases y equipamientos alimentarios en contacto con alimentos: Resolución de carácter general que aplica a todos los materiales en contacto con alimentos. Define el alcance de las normativas aplicadas a alimentos, la terminología de los distintos elementos a utilizar y criterios generales varios, entre ellos las buenas prácticas de manufactura.

¹³ Todas las resoluciones mencionadas se pueden encontrar y descargar en el siguiente enlace: <https://www.mercosur.int/documentos-y-normativa/normativa/>.

- MERCOSUR/GMC/Res. n° 32/99 Reglamento técnico sobre metodologías analíticas de referencia para control de envases y equipamientos en contacto con alimentos: resolución de carácter general que aplica a todos los materiales en contacto con alimentos. Establece metodologías analíticas de referencia para el control de envases y artículos destinados a entrar en contacto con alimentos. Incluye referencias para plásticos, celulósicos y elastómeros.
- MERCOSUR/GMC/Res. n° 56/92 Disposiciones generales para envases y equipamientos plásticos en contacto con alimentos: resolución específica para plásticos. Es una norma de especial importancia, que define el alcance de aplicación, el criterio de inclusión en la lista positiva¹⁴, las restricciones, los límites de migración, etcétera. Otro punto que se destaca es la aclaración sobre las posibilidades de empleo de material plástico reciclado. En este sentido, establece que puede incorporarse reciclado en caso de que provenga de scrap generado, del reciclado de un proceso tecnológico especial mediante evaluación del MERCOSUR o esté contemplada la incorporación de reciclado en resoluciones específicas para polietileno tereftalato (PET).
- MERCOSUR/GMC/Res. n° 02/12 Reglamento técnico sobre lista positiva de monómeros, otras sustancias de partida y polímeros autorizados para la elaboración de envases y equipamientos plásticos en contacto con alimentos: resolución específica para plásticos. Define y establece la lista positiva de los monómeros, otras sustancias de partida y polímeros permitidos para la fabricación de envases y equipamientos plásticos en contacto con alimentos, y las restricciones de uso, límites de composición y de migración específica. Se destaca la inclusión de revestimientos poliméricos en contacto directo con alimentos, algo que no está presente en otras normas.
- MERCOSUR/GMC/Res. n° 39/19 Reglamento técnico sobre lista positiva de aditivos para la elaboración de materiales plásticos y revestimientos poliméricos destinados a entrar en contacto con alimentos: resolución específica para plásticos. Establece la lista positiva de aditivos.
- MERCOSUR GMC/Res. n° 32/10 Reglamento técnico sobre migración en materiales, envases y equipamientos plásticos destinados a estar en contacto con alimentos: resolución específica para plásticos. Establece criterios básicos para la realización de ensayos de migración. Establece tablas para seleccionar simulantes y las condiciones de ensayo.

Se realizó también una búsqueda en esta normativa con palabras claves (bio/bio-basado/biodegradable). El resultado de la búsqueda es que a la fecha no hay ninguna referencia explícita en las normativas GMC a bio, bio-basado y/o biodegradable de la definición de bioempaque adoptada en este trabajo.

2. El paso hacia lo regional: cómo incorporar normativa en el MERCOSUR para nuevos empaques

En caso de que la normativa no esté incorporada en el RBN, Uruguay aplica las normativas elaboradas en el "Grupo de Trabajo de Envases en contacto con Alimentos" del MERCOSUR. Para que una nueva normativa sea incorporada en una resolución MERCOSUR se acude a este grupo.

La mercadería se puede mover en la región de países del MERCOSUR sin problemas, con los informes de ensayo de migración producidos por el Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU). No es necesario su inscripción ni su registro. La realización de ensayos en los envases destinados a entrar en contacto con alimentos es voluntaria, no existe a nivel sanitario un control total de los elementos.

¹⁴ Una lista positiva es una lista que indica los monómeros, sustancias de partida, etc., que pueden emplearse, así como los límites de migración específica y global para cada sustancia (ver GMC/Res. n.º 02/12).

Los reglamentos técnicos se consensuan y aprueban entre los países. Luego, en Uruguay se publica para generar una consulta pública, que tiene un plazo determinado para sugerir cambios de contenido por parte de las distintas instituciones. La industria, la autoridad sanitaria nacional, organizaciones de consumidores, entre otros, pueden brindar sus aportes. Las resoluciones MERCOSUR se internalizan en el país mediante decretos luego de culminado el periodo de consulta pública. La incorporación es del MERCOSUR al país, no al revés.

En el diagrama 7 se explica cómo funciona este grupo de trabajo al que llegan propuestas de los distintos países que integran el MERCOSUR. Aquí se analizan, y si corresponde, se redacta un proyecto de resolución que deberá ser aprobado por la Comisión de Alimentos y el GMC.



Fuente: Presentación de Químico Farmacéutico Andrés Venturini (representante de Uruguay en el grupo envases del GMC) en el Café con Polímeros: Plástico en contacto con alimentos. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=HBkT4o5bxvg> (último acceso: 9/07/2023).

Es importante señalar, como afirma Andrés Venturini (entrevista realizada en octubre 2023), punto focal de Uruguay en el grupo de envases del GMC, que en la construcción de los reglamentos técnicos de los materiales destinados a estar en contacto con los alimentos (envase, embalaje, utensilios, etc.) -ya sean plásticos, celulósicos, metálicos, cerámicos, vidrios, entre otros- hay toda una regulación construida en MERCOSUR en base a las regulaciones internacionales. Por ejemplo, en el tema plástico se ha incorporado lo que consta en el Reglamento 10 del 2011 de la UE y sus modificaciones en lo que refiere a las listas positivas, sea de monómeros, de sustancias de partida, de aditivos, etc. También sobre esta base se adoptó la resolución para plásticos (GMC N. 39/19) en cuanto a los aditivos y la resolución para monómeros (GMC 02/12) y sus modificaciones.

En las listas positivas se establece qué es lo que se puede utilizar (concepto central). Si está en la lista positiva, se puede utilizar, teniendo en cuenta que puede llegar a tener restricciones de uso, lo que requeriría ensayos de migraciones (presente en la regulación MERCOSUR, lo que no es exactamente igual a Europa, dado que se usan simulantes diferentes y cuestiones técnicas de los laboratorios). En estos reglamentos técnicos y sobre todo en las listas positivas, se establece qué es lo que se puede utilizar. Se acuerda en el grupo tomar como referencia legislaciones suficientemente reconocidas a nivel mundial y a partir de ahí, se elaboran los reglamentos.

El decreto N. 252/020 incorpora al ordenamiento jurídico nacional la Resolución GMC N° 39/19 del Grupo Mercado Común (GMC) del MERCOSUR que aprobó el Reglamento Técnico MERCOSUR sobre Lista Positiva de Aditivos para la elaboración de materiales plásticos y revestimientos poliméricos destinados a entrar en contacto con alimentos.

Por otra parte, el Decreto N° 253/020 incorpora al ordenamiento jurídico nacional la Resolución GMC N° 62/19 denominada "Reglamento técnico MERCOSUR sobre la lista positiva de aditivos para elaboración de materiales plásticos y revestimientos poliméricos destinados a entrar en contacto con alimentos (complementación de la resolución GMC N° 39/19). La resolución GMC N° 62/19 incluye la lista positiva vigente a la fecha.

Por otro lado, es importante señalar que Uruguay no cuenta con un registro nacional de envases, como lo tienen Argentina y Paraguay, pero los informes de ensayos que emite el LATU son reconocidos en la región. Cuando se realiza una solicitud de un ensayo de migración, el LATU envía un formulario, para ser completado por el solicitante. En base a los datos proporcionados, se efectúa la revisión de que efectivamente estén en las listas positivas. En la informe figura una constancia de que el cliente declara que se utilizan sustancias que están en las listas positivas y que conoce las restricciones de uso aplicables. Algunas sustancias se determinan por migración, otras por contenido, en este caso, es responsabilidad del fabricante o del transformador utilizar las cantidades adecuadas (Andrés Venturini, entrevista).

C. Revisión de la normativa internacional relevante para la producción y uso de bioempaques

En Uruguay, como ya se mencionó, para la revisión de la normativa relevante a la producción y uso de bioempaques se acude al Codex Alimentarius, a la FDA y a las directivas de la Unión Europea.

El Codex Alimentarius no se ocupa de los envases alimentarios y no existe aún un trabajo formal dentro de la Comisión (ni solicitudes formales de tratar el tema). Si bien es de interés y existe preocupación al respecto, el Codex no cuenta con una definición de bioenvasado, ni acuerdos oficiales sobre un posible significado para el término (entrevista a Markus Lipp, asesor del Codex Alimentarius en FAO Roma, setiembre 2023).

Cuando se trata de temas muy nuevos y de gran envergadura, por ejemplo, el envasado de alimentos surge inmediatamente la pregunta: "¿en qué comité de Codex se sugiere que se haga esto? Y entonces surge rápidamente la comprobación de que tal vez se necesita un nuevo comité de Codex. Y entonces la discusión gira inmediatamente hacia ¿quién va a pagar por ello? Porque entonces hay que identificar un gobierno anfitrión que acoja y tenga una secretaría y pague la traducción y la interpretación y la celebración de reuniones, lo que hace que la gente tenga un poco de cuidado al iniciar este tipo de debates. (Markus Lipp, FAO, entrevista 2023).

En la base de datos de la FDA, se realizó una búsqueda de la palabra *biopackaging* o *bio-packaging* y se constató que no están registradas dichas palabras. Sin embargo, sí está el término *packaging* y la reglamentación lo considera una “*food contact substance*”, es decir, que existe una lista positiva de sustancias que pueden estar en contacto con los alimentos.

En cuanto a las directivas de la UE (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria- EFSA, Comisión de EU, Comité Europeo de Normalización), no se encontró la palabra “bioempaque”, pero sí se encontró “biomateriales”, además de “economía circular”.

Según Tilman Schachtsiek (comunicación personal realizada por correo electrónica en julio 2023), asesor de políticas del Ministerio Federal de Alimentación y Agricultura (BMEL), los cambios en las normas sobre embalaje para alimentos se están produciendo actualmente a nivel de la UE. Se está discutiendo la propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo sobre envases y residuos de envases, por el que se modifica el Reglamento (UE) 2019/1020 y la Directiva (UE) 2019/904, y se deroga la Directiva 94/62/CE. En el marco de las discusiones, Finlandia y los Países Bajos propusieron incluir la posibilidad de utilizar materiales de origen biológico de origen sostenible para el material de embalaje. El debate tiene lugar en el consejo medioambiental a nivel de la UE. Hasta el momento (julio 2023) no hay una decisión final.

D. Búsqueda de normativa sobre materiales utilizados en bioempaques

En el estudio realizado y expuesto en las secciones anteriores, se constató que el RBN no define bioempaque y por esta razón, se avanzó en una búsqueda de normas que regulen los materiales incluidos en los bioempaques, tomando fuentes para la investigación la normativa regional, internacional y entrevistas a expertos.

Se concluyó que la única definición normativa que se puede alcanzar actualmente, y que puede ser insumo para una sistematización nacional a mediano o largo plazo, es a través de listas positivas. En las próximas subsecciones se vuelven a desplegar los escenarios nacionales, regionales e internacionales para dar la perspectiva más completa posible para una caracterización del bioempaque.

1. Búsqueda dentro de las listas positivas del reglamento MERCOSUR

Se realizó la búsqueda de materiales dentro de la lista positiva del reglamento GMC N° 62/19. Los materiales que se seleccionaron son los que surgieron de la revisión académica del capítulo II:

- biopolímeros que reproduce los materiales biopoliméricos organizados en tres grupos, según si fueron extraídos directamente de la biomasa, si son polímeros producidos directamente por microorganismos o si están sintetizados a partir de monómeros bioderivados
- utilización de materiales de origen biológico de descarte
- uso y aplicación de nanomateriales.

Sobre la base de que la mayoría de los polímeros que se investigan para envasado de alimentos son polisacáridos (quitano, almidón, celulosa y sus derivados); poliéster alifático biodegradable (ácido poliláctico o PLA); y, proteínas (gelatina), se realizó la búsqueda en la lista positiva del decreto del GMC N° 252/20. Por otra parte, se encontró en la lista positiva materiales como goma guar, casina, aceite de risino, que son materiales naturales, sin restricciones de uso. En el cuadro 4 se presenta un resumen de los principales hallazgos.

Cuadro 4
Resultados de la búsqueda de polímeros en la lista positiva de la normativa MERCOSUR

Material	Lista positiva (+ quiere decir que se encuentra en la lista positiva)	Otros derivados	Observación de restricción
Quitosano	No se encuentra		
Almidón	+ para almidón de calidad alimentaria	Además, se autorizan: Hidroxietilalmidón Hidroxipropil almidón Almidón hidrolizado	Sin restricciones de uso
Celulosa y sus derivados	+	Se encuentran 2º derivaciones de celulosa +	Sin restricciones de uso
ácido poliláctico (PLA)	no se encuentra	Se encuentra Copolímero de (acrilato de butilo, metacrilato de metilo, metacrilato de butilo) Copolímero de (acrilato de etilo, metacrilato de metilo)	Que solo puede ser usado en ácido poliláctico (PLA) a un nivel máximo del 5 %m/m
Gelatina	+		Sin restricción de uso
Caseína	+		Sin restricción de uso
Pectina	+		Sin restricción de uso
PHB	no se encuentra		
PHBV	no se encuentra		
PHA	no se encuentra		

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La lista positiva del MERCOSUR no incluye el PLA.

2. Búsqueda dentro de las listas positivas de las reglamentaciones internacionales

Se realizó la búsqueda de los materiales PLA, PHB, PHBV y PHA, tanto en la reglamentación de la FDA y de la Unión Europea (UE). El Codex Alimentarius no registra comentarios sobre estos componentes en fase normativa, si en fase de estudio.

a) PLA

La FDA tiene una sección específica para los polímeros de ácido láctico, que es donde se aborda el PLA. Esta sección establece las condiciones bajo las que se permite el uso de PLA en contacto con alimentos. Uso generalmente reconocido como seguro (GRAS) y notificación de sustancias nuevas (FCN). Los fabricantes que desean utilizar PLA en contacto con alimentos pueden seguir dos caminos para la aprobación: presentar una notificación de sustancia nueva (FCN) a la FDA, en la que proporcionan información científica para demostrar que el uso de PLA es seguro, o pueden obtener una determinación de uso GRAS, lo que significa que la FDA reconoce que el PLA es seguro para su uso en contacto con alimentos según la información científica disponible.

A continuación, se detallan algunos aspectos clave de las regulaciones de la FDA en relación con el uso del PLA en contacto con alimentos:

- **Uso en envases y utensilios:** La FDA autorizó el uso de PLA en envases y utensilios desechables que estén destinados a entrar en contacto con alimentos fríos o secos. Sin embargo, hay restricciones para el uso de PLA en contacto con alimentos calientes, ya que el PLA puede degradarse a temperaturas elevadas y liberar productos potencialmente indeseables.
- **Requisitos de etiquetado:** Si un producto utiliza PLA en contacto con alimentos, debe cumplir con los requisitos de etiquetado establecidos por la FDA. Esto puede incluir proporcionar información sobre los materiales utilizados y las condiciones de uso recomendadas.

- Normativas específicas para diferentes tipos de alimentos: Las regulaciones también pueden variar según el tipo de alimento que entre en contacto con el PLA. Por ejemplo, los envases para alimentos líquidos calientes podrían estar sujetos a regulaciones adicionales debido a las preocupaciones sobre la degradación del PLA a temperaturas elevadas.

En la Unión Europea, los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos están regulados por el Reglamento (UE) No 10/2011. Este reglamento establece los requisitos específicos que deben cumplir los materiales plásticos, incluido el PLA, para garantizar la seguridad alimentaria y la protección de la salud de los consumidores.

A continuación, se detallan algunos aspectos clave de las regulaciones del Reglamento (UE) N° 10/2011 en relación con el uso del PLA en contacto con alimentos:

- Requisitos de migración: El reglamento establece límites máximos permitidos para la migración de sustancias contenidas en el material plástico al alimento. Esto garantiza que no haya transferencia excesiva de sustancias nocivas desde el material al alimento.
- Lista positiva de sustancias: El reglamento establece una lista positiva de sustancias que pueden usarse en la fabricación de materiales plásticos en contacto con alimentos. Estas sustancias han sido evaluadas y consideradas seguras para la salud humana. El PLA debe cumplir con los requisitos de esta lista.
- Restricciones de uso: El reglamento puede establecer restricciones sobre el uso de ciertos materiales plásticos en ciertas condiciones o aplicaciones. Es importante verificar si hay restricciones específicas para el PLA en ciertos tipos de alimentos o condiciones de uso.
- Certificados de cumplimiento: Los fabricantes de materiales plásticos, incluido el PLA, deben proporcionar certificados de cumplimiento que demuestren que sus productos cumplen con los requisitos del reglamento.
- Pruebas y evaluaciones: Los materiales plásticos, como el PLA, deben someterse a pruebas y evaluaciones específicas para demostrar su conformidad con los requisitos de migración y seguridad.

b) PHB, PHBV y PHA

Los biopolímeros polihidroxibutirato (PHB), polihidroxibutirato-valerato (PHBV) y polihidroxialcanoatos (PHA) no se encuentran en las listas positivas ni de MERCOSUR, ni del Reglamento (UE) No 10/2011. En el caso de la FDA no se obtuvieron resultados coherentes ni se logró contactar un referente de la normativa.

En el caso de quitosano, se utiliza como recubrimiento, o película en alimentos, que funciona de barrera contra la proliferación de microorganismos y hongos. En este, sentido se necesitaría claramente un envase secundario que contenga al alimento con el recubrimiento, evitando roturas o contaminaciones físicas o químicas.

Con respecto a las otras dos grandes áreas de avance halladas en los resultados de la sección académica, los descartes agrícolas están entrando igual que en la normativa MERCOSUR por almidón y celulosa. Y sobre los nanomateriales sólo hace referencia la UE como un material que se puede adicionar al plástico, pero se necesita identificar el nanomaterial.

IV. Políticas ambientales para minimizar el plástico de un solo uso

En los capítulos anteriores se analizaron las tendencias mundiales del empaque para alimentos y sus perspectivas futuras a mediano y largo plazo; también se abordó el estado de situación de la investigación mundial sobre los bioempaques para alimentos y la situación de Uruguay; finalmente, se examinaron las diferentes normativas bromatológicas relacionadas a los bioempaques para alimentos relevantes para Uruguay. En este capítulo se abordan las políticas ambientales que buscan minimizar los plásticos de un solo uso, dado que, como se verá enseguida, las alternativas de producción de bioempaques surgen a partir de estas políticas.

En efecto, como se mencionó en el capítulo I, la alternativa del bioempaque para alimentos surge a partir de los problemas ambientales causados por el plástico de origen fósil utilizado masivamente para empacar los alimentos (incluye bebidas). Frente a ello, se están implementando en todos los países del mundo políticas ambientales para disminuir, y a largo plazo eliminar, estos plásticos de un solo uso. Dichas políticas están conformadas por leyes, decretos, programas y planes (entre otros) que, en términos generales, apuntan a dos vías principales para lograr esto: por un lado, a través del reciclaje y/o la reutilización del plástico de origen fósil y, por otro, a través de la sustitución del plástico de origen fósil por materiales de origen biológico. La tercera vía de política es hacia la menor utilización de plástico de origen fósil del lado de los usuarios (incluso hasta llegar a cero), a través de la educación ciudadana para impulsar un proceso de transformación del comportamiento de los consumidores, pero ésta no se aborda en este trabajo.

En función de lo anterior, en este capítulo se hace una revisión sobre las políticas ambientales dirigidas a limitar o eliminar los plásticos de origen fósil de un solo uso a nivel internacional (sección A). Y en la sección B se examina esta misma política en Uruguay con el foco puesto sobre las oportunidades que abre para la producción de bioempaques.

A. Políticas ambientales para minimizar el plástico de un solo uso a nivel internacional

Las políticas ambientales para regular los plásticos de un sólo uso se están aplicando en prácticamente todos los países del mundo. ONU Medio Ambiente (2018) informa, por ejemplo, que, a la fecha de su informe, se habían instaurado reglamentaciones sobre las bolsas de plástico y productos de espuma de poliestireno a nivel nacional en más de 60 países.

En el cuadro 5 se pueden observar las distintas intervenciones de políticas a nivel nacional y subnacional que se están aplicando en el mundo. Desde prohibiciones hasta instrumentos económicos tales como impuestos o mecanismos de Responsabilidad Extendida del Productor (REP)¹⁵ o incluso combinaciones de los anteriores. También existen instrumentos de Asociaciones público-privadas que implican acuerdos voluntarios entre el gobierno y las empresas para aplicar la REP.

Cuadro 5
Herramientas de políticas para limitar o eliminar el uso de plástico de un solo uso

Tipos de instrumentos		Descripción	Ejemplos de implementación e impactos posibles
Reguladores	Prohibición: Prohibición de un tipo particular o combinación de plásticos de un solo uso (incluyendo bolsas de plástico, productos de plástico espumado, etc.)	Prohibición (total o parcial) (por ejemplo, para artículos de ciertas especificaciones, tales como bolsas de plástico con un grosor menor a 30 micras).	<ul style="list-style-type: none"> - Es relativamente sencillo instaurar - Puede reducir la cantidad de plásticos de un solo uso consumidos - Puede ser un paso hacia políticas más amplias
	Responsabilidad Extendida de los Productores (REP): Leyes y mandatos que exigen que los fabricantes de envases asuman su responsabilidad en la recuperación de los residuos de envases	Responsabilidad Extendida de los Productores (REP)	<ul style="list-style-type: none"> - Reduce la cantidad de envases abandonados en el ambiente. - Fomenta la responsabilidad corporativa - Estimula al sector del reciclaje
Económicos	Gravámenes o impuestos sobre ciertos artículos	Gravámenes a los proveedores: Para que tales impuestos logren ser efectivos en inducir cambios conductuales, estos deben ser pasados completamente de los proveedores a los minoristas, exhortando a estos últimos a i) cobrarles a los consumidores por, por ejemplo, las bolsas de plástico o ii) ofrecer rebajas/recompensas a los consumidores que no pidan bolsas de plástico, y así se promoverá el uso de las bolsas reutilizables	<ul style="list-style-type: none"> - Tienen un efecto disuasivo que conlleva a cambios de comportamiento. - Genera ingresos - Los ingresos provenientes del gravamen pueden ser utilizados por el Estado para hacerse cargo de la recolección y valorización de los plásticos o/y para, por ejemplo, alimentar un fondo de recolección y reciclaje y promover la inclusión social, laboral y productiva de los clasificadores
		Gravámenes a los minoristas: Gravámenes que se tienen que pagar por los minoristas cuando compran bolsas de plástico. Los minoristas no están obligados a hacerles pagar los impuestos a los consumidores	<ul style="list-style-type: none"> - Puede ser destinado a la investigación e innovación de alternativas al plástico de un solo uso
		Gravámenes a los consumidores: cobrar por cada bolsa vendida en el punto de venta; el precio estándar está definido por ley	

¹⁵ La Responsabilidad Extendida del Productor (REP) se crea en Europa en los años noventa. Es un instrumento de política ambiental derivado del principio "quien contamina paga" que se utiliza para establecer modelos de gestión para determinadas corrientes de residuos, en general residuos posconsumo tales como neumáticos, envases, aceites usados, baterías y residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, entre otros.

Tipos de instrumentos		Descripción	Ejemplos de implementación e impactos posibles
Combinación de instrumentos reguladores y económicos		Prohibiciones y gravámenes	- Combinación de prohibición y gravamen (por ejemplo, una prohibición de bolsas de plástico delgadas y gravámenes sobre bolsas más gruesas)
		Gravámenes y Responsabilidad Extendida de los Productores (REP)	- Combinación REP y gravamen (por ejemplo, la amenaza del gravamen oficia de estímulo para las empresas a utilizar la REP para procesar la mayor cantidad de residuos plásticos)
Estrategias de reducción voluntarias	Asociaciones público- privadas	El acuerdo establece el objetivo de alcance global, pero deja la decisión al sector privado de cómo lograr los resultados	- Acuerdos voluntarios entre el gobierno y los minoristas (p.ej. para motivar a los minoristas a que prohíban o eliminen gradualmente las bolsas de plástico de forma voluntaria) - Acuerdos con los fabricantes (e.g. para establecer voluntariamente la REP, incluyendo planes de reembolso de depósitos)

Fuente: Elaboración propia sobre la base de ONU Medio Ambiente (2018).

Los distintos instrumentos de política se utilizan de formas diferentes en cada país, según sus capacidades para implementarlos. Por ejemplo, ONU Medio Ambiente (2018) hace un recorrido por las políticas que se utilizan en diferentes regiones del mundo para disminuir o eliminar las bolsas de plástico. Según esta información, mientras que en África es donde más se utiliza la prohibición, en Europa es donde más se utilizan los instrumentos económicos (impuestos) y los acuerdos público-privadas.

En África, de los 25 países que establecieron prohibiciones nacionales sobre bolsas plásticas, entre 2014 y 2017, sólo se implementaron un poco más de 58%. En Asia, a pesar de las regulaciones que abarcan prohibiciones y gravámenes, el cumplimiento de estas ha sido deficiente, por lo que las bolsas plásticas de un solo uso siguen siendo usadas y mal gestionadas, a excepción de Japón que gracias a un buen sistema de gestión de residuo y un alto nivel de conciencia social, las fugas de plástico al ambiente son muy escasas (ONU Medio Ambiente, 2018).

En tanto Europa, se encuentra implementado la nueva Estrategia Europea para Plásticos en una Economía Circular 2030 que incluye el uso de instrumentos económicos, como los precios, los impuestos y las tasas, que han demostrado ser particularmente eficaces para reducir el consumo de bolsas de plástico. También aplica restricciones a la comercialización, por ejemplo, prohibiciones con el fin de reducir la generación de residuos plásticos de un solo uso. Así mismo incluye acuerdos públicos-privados para gestionar los residuos plásticos y desarrollar estrategias circulares de reciclado e incentivar alternativas de materias primas a los fósiles (ONU Medio Ambiente, 2018). Más adelante, se detalla un poco más esta estrategia europea que pretende tratar de forma integral la producción y uso de los plásticos.

En Oceanía, la mayoría de los Estados ha prohibido las bolsas ligeras y no biodegradables; en América Central y del Sur, se han implementado regulaciones para frenar el consumo de bolsas, en tanto en América del Norte, se han prohibido en algunos lados las bolsas de plástico ligeras. (ONU Medio Ambiente, 2018).

En Uruguay, la ley de bolsas y su reglamentación, ambas de 2019, utiliza una combinación de instrumentos económicos y regulatorios (prohibición y gravámenes). Uruguay se encuentre en una posición minoritaria en relación con los instrumentos elegidos por la mayoría de los países de la región de América Central y del Sur. En la sección B siguiente se trata en detalle esta ley y su impacto sobre el sector productivo de bioempaques.

En los países en donde se han instaurado prohibiciones nacionales sobre las bolsas de plástico y han informado que tuvieron poco o ningún impacto, los mayores problemas parecen ser los siguientes: i) la falta de cumplimiento debido a una capacidad estatal limitada para monitorear y hacer cumplir la prohibición; y, ii) la falta de alternativas asequibles. Esta última conlleva al contrabando (surgimiento de mercados negros de bolsas de plástico) o a una transición hacia el uso de bolsas de plástico más gruesas (que no están reguladas), una transición que en algunas ocasiones ha empeorado los problemas ambientales. (ONU Medio Ambiente, 2018; Knoblauch et al., 2021).

En África, por ejemplo, Knoblauch et al. (2021) señalan que la ausencia de un fuerte lobby de los productores de plástico ha facilitado que los países prohíban abiertamente los productos de plástico. No obstante, ya hay evidencias de su impacto en los países de África occidental, países en que muchas de las políticas se introdujeron antes de 2016 y que tienen las multas más draconianas por violar las prohibiciones de bolsas de plástico (desde multas elevadas hasta sentencias de prisión). Se ha constatado que las leyes no solo se han implementado mal, pero también carecen de planes para promover o proporcionar alternativas a las bolsas plásticas. Las prohibiciones nacionales no tienen medidas de combate a la pobreza y, a menudo, están alejadas de la realidad en las que se aplica (Knoblauch et al., 2021).

En la revisión que hacen Knoblauch et al. (2021) sobre las acciones gubernamentales para combatir la contaminación plástica (entre 2016 y 2020) constatan que muchos de los países que han optado por imponer un impuesto al plástico se encuentran en Europa. Estados Unidos todavía carece de prohibiciones o impuestos a nivel nacional sobre las bolsas de plástico, aunque algunos estados han implementado estas leyes. Diez estados de EE. UU han impuesto prohibiciones a las bolsas de plástico desechables. Los países en desarrollo han mostrado una mayor disposición a implementar prohibiciones absolutas, como por ejemplo en África. China es otro país en desarrollo que ha prohibido ciertos tipos de envases de plástico. India también aprobó nuevas leyes fiscales que facilitan la prohibición del plástico, pero su implementación se suspendió debido a la pandemia de COVID-19.

ONU Medio Ambiente (2018) concluye su informe afirmando que las prohibiciones de plástico de un solo uso no son una solución per se. Deben significar un paso hacia políticas más comprensivas que apuntan a reducir la generación de residuos de plástico y a reemplazar plásticos de un solo uso con alternativas más sostenibles y ecológicas.

Eso mismo señala un informe de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2023) más reciente. La OCDE presenta la caja de herramientas de políticas que tienen a su disposición los países para abordar diferentes etapas del ciclo de vida de los plásticos. Estos varían en su enfoque: algunos instrumentos de políticas son específicos de los plásticos (por ejemplo, prohibiciones e impuestos sobre los plásticos de un solo uso), mientras que otros abordan un espectro más amplio de tipos de desechos o materiales (por ejemplo, impuestos a los vertederos, que desalientan la eliminación de desechos sólidos y promueven el reciclaje, más generalmente). También existen oportunidades para aprovechar políticas sectoriales, como las relacionadas con productos químicos o gestión de desechos, así como políticas diseñadas para abordar externalidades específicas, como los impuestos al carbono. Ningún instrumento de política funciona eficazmente de forma aislada concluye OCDE. Deben ser parte de una combinación amplia de políticas que combine herramientas complementarias y que se refuercen mutuamente.

Europa optó a través de la "Estrategia europea para el plástico en una economía circular" (Parlamento Europeo, 2018) por una doble estrategia de reciclado/reutilización del plástico de un solo uso y uso de materiales alternativos al plástico. Por un lado, el diseño de los plásticos y de los productos que contienen plástico deben permitir una mayor durabilidad, la reutilización y un reciclado de alta calidad; y, por otro, el desarrollo y utilización de materiales y materias primas innovadores y alternativos

para la producción de plástico cuando se haya probado claramente que son más sostenibles en comparación con las alternativas no renovables.

Los instrumentos de política son combinaciones de los que figuran en la tabla 1 (prohibiciones específicas, impuestos, REP sumado a sistemas de consigna específicos de los envases). En lo que respecta a la utilización de plásticos reciclados en aplicaciones que estén en contacto con alimentos se están apurando a la fecha los procedimientos de autorización de más de un centenar de procesos de reciclado seguros en cooperación con la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria.

También se prevé el establecimiento de un marco normativo claro para los plásticos con propiedades biodegradables. La mayoría de los plásticos actualmente presentados como biodegradables solo se degradan, en general, en condiciones específicas, no siempre fáciles de encontrar en el medio natural y, por lo tanto, pueden también perjudicar a los ecosistemas. La biodegradación en el entorno marino es especialmente difícil. Además, los plásticos considerados compostables no son necesariamente adecuados para la fabricación doméstica de compost.

Sobre la base de esta estrategia de la Unión Europea, los países fueron adoptando sus propios planes de plástico en una economía circular. La Ley anti-desperdicio y economía circular (aprobada en febrero 2020) de Francia prevé la prohibición de todos los plásticos de un solo uso para 2040. Para lograrlo, la ley establece un método progresivo para la eliminación gradual del plástico. Esto se realizará mediante la definición, bajo control parlamentario, de planes quinquenales que establecerán objetivos de reducción, reutilización y reciclaje del plástico. Al mismo tiempo, la ley ya prevé una prohibición rápida del plástico de un solo uso para una primera serie de usos y productos que terminan predominantemente en el medio ambiente y en el océano, de acuerdo con la directiva europea. Para lograr esto, se acude fuertemente a las prohibiciones de todo tipo con plazos y planificaciones. Por ejemplo, se prohíbe la etiquetación de "biodegradable"; se prohíben el uso de cajas de poliestireno expandido; se prohíben las bolsitas de té de plástico o los envases de plástico alrededor de frutas y verdura, entre otros.

La estrategia francesa acude también a la REP reivindicando el principio de "quien contamina paga". De este modo, se incentiva a las empresas a desarrollar el diseño ecológico de sus productos y a financiar la gestión de residuos, generalmente pagando una contribución a una organización ecológica (por ejemplo, CITEO (<https://www.citeo.com/>) que es una empresa con una misión creada por empresas del sector de distribución y bienes de consumo para reducir el impacto ambiental de sus envases y papel, ofreciéndoles soluciones de reducción, reutilización, clasificación y reciclaje). Así mismo, la ley hace uso de instrumentos económicos, con multas y exenciones fiscales, pero no crea un impuesto del plástico.

Por su lado, España ha culminado la adaptación de su normativa de residuos de envases, con la aprobación de un decreto del gobierno el 27 de diciembre 2022. Este obliga a reducir las botellas de plástico de un solo uso, fomentar la venta a granel de alimentos o aumentar los envases reutilizables para impulsar la economía circular. Tras la aprobación de la ley de residuos y suelos contaminados, que entró en vigor en abril de 2022, el Consejo de ministros ha puesto el broche final a un marco regulatorio adaptado a un nuevo modelo económico y medioambiental en línea con las exigencias de la UE.

La iniciativa marca objetivos y medidas concretas para envasadores, distribución, poseedores y administraciones. Se fomenta la venta a granel de alimentos. Se desarrolla el régimen de REP para que los productores afectados asuman el coste total de la gestión de los residuos de envases. Se fomentan los materiales a partir de residuos de envases reciclados y se establecen porcentajes recomendados de plástico reciclado para 2025 y 2030, los que serán obligatorios en el caso de las botellas de plástico de un solo uso. Se fijan objetivos como una reducción para 2030 del 20 % de las botellas de plástico de un solo uso respecto a los niveles de 2022. La propuesta también incluye la introducción de sistemas obligatorios de devolución de depósitos para las botellas de plástico y las latas de aluminio.

Se establece una bonificación para el productor cuando el producto cumpla criterios de eficiencia, o una penalización cuando incumpla estos criterios. Y, por último, se crea un impuesto a los envases de plástico no reutilizables¹⁶. El tributo, que se comenzó a aplicar el 1 de enero 2023, se aplica a botes de droguería, de champú, gel, envases de detergente, botellas, envoltorios de almacenaje para el transporte de latas de bebidas, plásticos con burbujas para proteger objetos, etc.

En América Latina y el Caribe (ALC) también se están desarrollando instrumentos de política para eliminar o minimizar el plástico de un solo uso¹⁷, aunque claramente están muy lejos de los países europeos. En Argentina, desde el año 2019, se cuenta con una resolución del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, que define los lineamientos nacionales para abordar la problemática de los plásticos y su impacto en los cuerpos de agua y asimismo en el medio ambiente, con una visión de ciclo de vida abarcando aspectos de producción, utilización, gestión de desechos y reducción de la contaminación. En el 2020, se adoptó una ley nacional que prohíbe la producción, importación y comercialización de productos cosméticos y de higiene personal, incluidos cremas, productos de maquillaje, pastas dentales, esmaltes de uñas y jabones, entre otros productos, que contengan micro perlas de plástico añadidas de manera intencional para exfoliación.

En noviembre de 2019, en la Ciudad de Buenos Aires prohibió el uso de sorbetes de plástico. Las sanciones previstas van desde el pago de multa, hasta la suspensión de actividad de un mes a un año y, en casos extremos, la clausura de las instalaciones. A su vez, los vecinos pueden denunciar el incumplimiento de esta norma. En cuanto a las bolsas, se calcula que, desde la entrada en vigor de la prohibición, dejaron de entregarse 500 millones por año. Con todo, siguen representando una fracción pequeña de toda la basura plástica que se genera en Buenos Aires, sobre todo en envases de productos frescos o envoltorios.

Brasil promulgó en 2010 la Política Nacional de Residuos Sólidos (PNRS). La legislación brasileña tardó alrededor de 21 años de discusión en el Congreso para ser aprobada. La norma establece responsabilidad compartida en la vida útil de los plásticos, además de indicar la obligación de una logística inversa para las empresas productoras. Involucra a distintos actores como productores, importadores, minoristas y distribuidores de siete sectores industriales, quienes están obligados a desarrollar un plan de logística inversa que involucra la recolección del material reciclable a centros donde se reutiliza el plástico.

A principios de 2023 se publicaron dos decretos relacionados con los residuos, uno para reinstaurar el Programa de Apoyo a los Recicladores y, otro para reorganizar el sistema de logística inversa y créditos de reciclaje. Aunque en Brasil todavía no existe una prohibición nacional, algunos gobiernos, como el del Estado de Río de Janeiro y el de la ciudad de São Paulo, están tomando medidas y han adoptado prohibiciones locales de bolsas, pajitas y otros productos de plástico de un solo uso. La ciudad de São Paulo también ha firmado el Compromiso Mundial de la Nueva Economía del Plástico.

Chile en 2016 promulgó la ley de Responsabilidad Extendida del Productor (REP), una normativa que busca que los productores de insumos prioritarios recuperen un porcentaje de los residuos generados por la industria con fondos propios. Prohibió el uso de bolsas de plástico en 2018. En 2021 entró en vigor la Ley de Plásticos de un Solo Uso, que regula el uso de plásticos de un solo uso en los establecimientos de alimentación, que tienen prohibido repartir pajitas, agitadores o palillos.

Colombia tiene un Plan Nacional para la Gestión Sostenible de los Plásticos de un Solo Uso que visualiza para el 2030 que el 100% de los plásticos de un solo uso puestos en el mercado, sean reutilizables o reciclables o compostables. En 2022, el país aprobó un proyecto de ley para prohibir

¹⁶ <https://sede.agenciatributaria.gob.es/Sede/impuestos-especiales-medioambientales/impuesto-especial-sobre-envases-plastico-reutilizables.html>.

¹⁷ Experiencias de ALC, sobre la base de: <https://la.network/los-estados-de-america-latina-y-el-caribe-dicen-no-al-plastico/>.

14 tipos de plástico, entre ellos las bolsas de plástico, los pitillos y los envases de frutas y verduras¹⁸. A fines del 2023 se aprobó un impuesto a los plásticos de un solo uso¹⁹.

Costa Rica cuenta con una Ley para combatir la contaminación por plástico y proteger el ambiente N° 9786 desde 2020 que prohíbe todo tipo de actividades comerciales en relación de los plásticos de un solo uso en todos los establecimientos comerciales con objeto social de distribución de alimentos. También tiene un Plan Nacional de Residuos Marinos 2021-2030, con el que busca reducir los flujos de residuos terrestres que llegan al mar, incluyendo los plásticos, con la colaboración de organizaciones y comunidades.

Perú cuenta con una política pública con el nombre de “menos plástico, más vida” enfocada específicamente en regular la producción de estos, imponer impuestos, entre otras acciones.

En México 31 de los 32 estados han establecido prohibiciones y restricciones a diferentes productos de un solo uso, entre las que destacan la prohibición de entregar bolsas y popotes de plástico desechables y productos elaborados con poliestireno expandido, así como a microplásticos añadidos en productos de cuidado personal. El gobierno de México se encuentra desarrollando su Plan Nacional de Acción sobre Residuos Marinos y Contaminación Plástica. Asimismo, la Ciudad de México reforzó su compromiso para eliminar la contaminación por plástico al convertirse en la primera megalópolis de la región en sumarse al Compromiso Global de la Nueva Economía del Plástico, estableciendo una línea base de acción en materia de residuos plásticos, al tiempo que fortalece la innovación y avanza hacia la promoción de una economía circular.

Panamá prohibió las bolsas plásticas en 2019 y lanzó el Plan de Acción Nacional de Basura Marina 2022-2027²⁰, el cual buscará eliminar las fuentes de generación y reducir la basura marina. En 2020, reglamentó la reducción y el reemplazo progresivo de los plásticos de un solo uso por alternativas sostenibles con materiales reutilizables, reciclables, biodegradables o compostables, que generen un menor impacto al ambiente y la salud. En 2021 se prohibieron 11 productos de plástico, entre ellos platos desechables, bolsas, fundas de lavandería y envases de huevos.

B. Políticas ambientales para reducir el plástico de un solo uso en Uruguay

1. Normativas nacionales y subnacionales²¹

Uruguay también cuenta con un marco normativo para minimizar el plástico de un solo uso que utiliza gran parte de los instrumentos de política ambiental mostrados en la cuadro 5 de la sección anterior.

Con la aprobación de la Ley N° 19.829 de Gestión Integral de Residuos (GIR) del 18 de setiembre de 2019 se cuenta con una norma que marca la política nacional de residuos y establece las directrices para la gestión de todos los tipos de residuos. Hasta 2019 las normas aprobadas son, en su mayoría, con rango de decreto reglamentario de la Ley General de Protección del Ambiente a excepción de las leyes N° 16.221 y N° 17.220, del año 1999, vinculadas a los residuos peligrosos y de la Ley N° 17.849, del año

¹⁸ <https://oab.ambientebogota.gov.co/senado-aprueba-la-eliminacion-de-plasticos-de-un-solo-uso-en-colombia/>.

¹⁹ <https://www.plastico.com/es/noticias/impuesto-plasticos-de-un-solo-uso-se-ratifica-tras-decision-de-la-corte-constitucional>.

²⁰ <https://drive.google.com/file/d/1AQNG4kY-YQJuvggCMUtXBCf4dFzSjXFa/view>.

²¹ Esta sub-sección fue redactada sobre la base del Plan Nacional de Gestión de Residuos. Capítulo 2. Línea de Base. (<https://www.ambiente.gub.uy/oan/datos-abiertos/residuos/>) y versiones taquigráficas de la Cámara de Representantes del Parlamento de Uruguay sobre las compareencias de distintos actores para ser escuchados por los representantes nacionales sobre el proyecto de ley de Gestión Integral de Residuos, la Rendición de Cuentas Ejercicio 2022 y el Proyecto de Ley sobre la prohibición de productos plásticos de un solo uso. También se utilizaron las entrevistas realizadas.

2004, conocida como Ley de envases. No obstante, debe señalarse que la Ley GIR no ha sido reglamentada aún, aunque sigue vigente.

El año 2019 marca un hito de particular importancia en la gestión de residuos a nivel nacional con la aprobación de la Ley GIR que establece los cimientos de la planificación y la política de gestión de residuos, tanto a nivel nacional como a nivel departamental. Se trata de una ley, con un ámbito de aplicación amplio, mediante la cual se establecen los principios de la política nacional de gestión de residuos, a la vez que se delimitan las bases de la planificación en materia de residuos, por medio de la creación de diversos instrumentos con ese fin.

La Ley GIR marca un hito en la consolidación del marco normativo para la gestión de residuos en el país ya que fija los principios de la política nacional en materia de residuos. Además, establece instrumentos para promover la disminución de la generación de residuos y fomentar el reciclado y otras formas de valorización, atendiendo los aspectos vinculados a la informalidad que caracteriza el sector. La Ley GIR pauta la regulación de la gestión de residuos a nivel nacional y departamental, integrando todas las etapas del ciclo de vida del residuo.

Esta ley fue concebida desde una mirada integral y abordando no solo los aspectos ambientales, derivados de los residuos, sino también integrando la compleja dimensión social asociada a la informalidad de los procesos de clasificación y reciclado. La política nacional de residuos que se enmarca en esta ley se apoya en una visión sistémica que considera las variables ambientales, sociales, culturales, económicas, tecnológicas y su interacción. Es decir, incluye un modelo integral que contempla todo el ciclo de los productos, incluso desde su diseño y uso; la consideración de las diversidades locales; el involucramiento del conjunto de la sociedad; y el reconocimiento de los residuos como fuente de valor y empleo.

La ley GIR establece las directrices relativas a la gestión integrada de los distintos tipos de residuos, el ámbito de competencia, así como las responsabilidades de los generadores y de otros actores involucrados. Asimismo, orienta el comportamiento de la población en materia de gestión de residuos. Esta norma establece además un conjunto de instrumentos tendientes a facilitar y promover una gestión ambientalmente sostenible de los residuos en todo el territorio nacional, reconoce a las personas clasificadoras como actores clave en los procesos de reciclado y promueve cambios sustanciales tendientes a generar valor y empleo.

Además de los instrumentos ya previstos por la Ley de Protección del Medio Ambiente del año 2000, en la ley GIR se establecen nuevos instrumentos para la gestión de los residuos. Incluye (lista detallada en art. 13) diversos instrumentos de planificación (planes nacionales, departamentales, planes de gestión de residuos por tipo, programas y proyectos); la información ambiental, social y económica; el establecimiento de parámetros y estándares; los análisis y evaluaciones de riesgo; los instrumentos económicos; las autorizaciones, habilitaciones y auditorías; las sanciones y otras medidas complementarias.

En lo que concierne a la temática de este documento, interesa resaltar, que del cuadro 5 de instrumentos de política expuesta anteriormente, esta ley incluye instrumentos regulatorios y económicos, como las prohibiciones y la REP, y también gravámenes.

a) Prohibiciones

El artículo 44 sobre envases de la ley GIR le otorga competencias al Poder Ejecutivo para restringir o prohibir el uso de ciertos materiales tales como envases o embalajes, o establecer volúmenes o pesos máximos para los envases no retornables. En el entendido que los envases y embalajes deben ser de materiales que propicien su reutilización y reciclado o en su defecto, ser de materiales biodegradables.

Se observa aquí el planteo de la ley de una doble estrategia para que los importadores y fabricantes de productos puestos en el mercado en envases no retornables minimicen el volumen y el peso de los envases. Por un lado, el reciclaje y reutilización del envase de plástico y, por otro, envases de materiales alternativos al plástico que se haya probado claramente que son más sostenibles en comparación con las alternativas no renovables.

Con respecto a que se incluya en la norma específicamente que el material del envase sea biodegradable, se ha avanzado mucho desde la promulgación de la ley en la forma de elaborar las normativas. Como se va a ampliar más adelante, se ha descubierto en los últimos años que hay veces que el material biodegradable tiene un impacto ambiental peor que el que se quiere sustituir en función de indicadores más globales que la sola biodegradabilidad. Por ello actualmente la tendencia en las normativas es a estudiar caso a caso los impactos ambientales de los materiales alternativos con una metodología claramente definida.

b) Gravámenes

La ley GIR introduce varios instrumentos económicos. Por un lado, reconoce para la gestión de residuos a los instrumentos económicos y financieros, como los incentivos y otros instrumentos de promoción, así como los cánones, tributos, sistemas de depósito o seña con reembolso, la constitución de garantías y los seguros (art. 13, lit. G).

Esta norma incluye también la creación, del Impuesto Específico Interno (IMESI), de un numeral para envases y otros productos descartables (art. 42). Su diseño persigue un doble fin: por un lado, generar un incentivo económico para minimizar la generación de residuos de envases y, eventualmente favorecer la circularidad; y, por otro, recaudar fondos que, a través del Fondo Nacional de Gestión de Residuos (FONAGRES), podrían ser destinados a financiar los programas de gestión de los residuos especiales y apoyar el mejoramiento de la gestión de residuos de los gobiernos departamentales” (Art. 45). También crea el Programa de Valorización de Residuos (Provar), del Ministerio de Industria, Energía y Minería (art. 49 y 48). (Plan Nacional de Gestión de Residuos, pág. 152).

Dado que la ley GIR no se ha reglamentado hasta la fecha, este impuesto al plástico no se ha aplicado, por lo que no se ha concretado su forma de funcionamiento. El gobierno actual ha decidido avanzar en la gestión de los residuos sin el impuesto ambiental y por el camino de la REP, a través de mecanismos de mercado con la articulación del Estado en sus diferentes niveles. Hay también otras opciones de política que involucran más intervención del Estado, a través del cobro del impuesto ambiental como dice la ley GIR, o combinaciones de impuesto y REP. Estas se plantean en los próximos párrafos.

Según entiende el Grupo de Trabajo para implementar la ley GIR (conformado por la Udelar, el PIT-CNT y la Federación Uruguaya de Cooperativas de Vivienda por Ayuda Mutua-Fucvam), la ley GIR encara el tema central de la gestión de residuos como política pública en la generación de recursos, a partir de un IMESI que grava los envases y embalajes posconsumo y los quita del sistema de la REP²². En su artículo 41 la ley estableció, que los residuos especiales, salvo envases y embalajes posconsumo porque son los que están gravados por IMESI, van a quedar en la REP (es decir, las cubiertas, las baterías y los residuos de medicamentos; esos planes de gestión bajo el sistema REP, según entiende el Grupo de Trabajo, tienen buenos resultados). Pero para los residuos masivos que todo el mundo genera en todos lados, donde es imposible diferenciar circuitos, cadenas, etc., para poder gestionarlos, el Grupo de Trabajo considera que la ley propone que sean gestionados por el Estado, por el gobierno nacional y los gobiernos departamentales, y que las empresas del sector privado se hagan cargo de los procesos productivos y tecnológicos de los materiales recuperados por el sistema de gestión estatal.

²² Comparecencia del Grupo de Trabajo para implementar la Ley Integral de Residuos, Udelar, Pit-CNT y RAPAL a la Comisión Especial de Ambiente (Cámara de Representantes) (08/08/2023), <http://www.diputados.gub.uy/wp-content/uploads/2023/08/1485.pdf>.

La interpretación de la normativa del equipo del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) del año 2019, año en que se estaba discutiendo en el parlamento la ley GIR, es que ésta pasa de un esquema de responsabilidad enfocado en la empresa a otro en que se maneja de manera pública la gestión de los residuos. Propone, sin embargo, que podría generarse dentro de este esquema la posibilidad generar algún incentivo económico a fin de que las empresas se sientan estimuladas para continuar tratando sus residuos. Por ejemplo, se podría explorar un esquema donde sobre el IMESI haya deducciones o bien minoraciones de lo que se deba pagar en función de lo que las propias empresas inviertan para el tratamiento de los residuos²³. Es decir, lo que propone el MEF es combinar el esquema del impuesto ambiental con mecanismos de REP para incorporar al importador y fabricante de envases en la solución del problema.

Esta misma visión de utilizar el gravamen ambiental como estímulo para que las empresas asuman la gestión de los residuos cuyos productos introducen en el mercado, a la que por ley están obligadas, parecería desprenderse de un proyecto de decreto que el gobierno sub-nacional de Montevideo (Intendencia Departamental de Montevideo-IDM) ingresó en la Junta Departamental en diciembre 2023²⁴. En efecto, el decreto de creación de un ingreso contraprestativo para el cobro a grandes generadores por la gestión de los residuos propone un sistema en que las grandes empresas fabricantes e importadoras de envases deben abonar el costo de gestión de la IDM, a partir de la introducción de dichos materiales en Montevideo, y que no justifiquen haber recuperado²⁵. Para esto la IDM generará un sistema departamental de declaraciones juradas para las empresas. Éstas deberán indicar las cantidades y características de los materiales introducidos al mercado montevideano, así como las cantidades recuperadas por las propias empresas a través de mecanismos verificados de REP. Ósea la IDM pretende con esta medida cobrarles a las empresas los envases que ellas no recuperan y que la IDM, a través de la colecta de residuos domiciliarios, se hace cargo. El proyecto de decreto propone pues una complementariedad entre gravamen y REP.

c) Responsabilidad extendida del productor (REP)

El mecanismo de REP para la gestión de residuos no es nuevo de la ley GIR. Se incorpora a la normativa uruguaya a partir del año 2003 con la aprobación del Decreto N°373/2003 que regula el manejo y la disposición de baterías de plomo y ácido usadas o a ser desechadas. A partir de esa fecha y a lo largo de las últimas dos décadas, la REP se fue incorporando como un principio rector en nuevos marcos normativos que regulan corrientes de residuos especiales²⁶.

La REP para los envases se incorpora en el año 2004 al aprobarse la Ley de Uso de Envases No Retornables No 17.849, la que se reglamenta en el 2007 con el Decreto No 260/007. El objetivo principal de la ley de envases es la implantación de circuitos limpios de recolección y clasificación de residuos de envases primarios para su posterior valorización, promoviendo a su vez la inclusión social de las y los clasificadores.

A partir de este decreto, la Cámara de Industria de Uruguay (CIU) creó el Plan de Gestión de Envases (PGE) financiado por el fideicomiso PGE-CI. Éste está integrado por la mayor parte de las empresas alcanzadas por el Decreto 260/007 (a noviembre 2021 habían adherida al PGE-CIU

²³ Comparecencia del Ministerio de Economía y Finanzas a la Comisión de Ambiente (Cámara de Representantes) sobre el Proyecto de Ley de Gestión Integral de Recursos 15/05/2019), <https://parlamento.gub.uy/documentosyleyes/documentos/versions-taquiograficas/senadores/48/24.03/0/CAR>.

²⁴ Intendencia Departamental de Montevideo-IDM (2022), Informe de consulta pública sobre la creación de un ingreso contraprestativo para el cobro a grandes generadores por la gestión de residuos, <https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/biblioteca/resumenconsultapublicaenvases.pdf>.

²⁵ La IDM entiende que La Ley de Uso de Envases No Retornables y la Ley GIR establecen la responsabilidad de la gestión de los residuos a los fabricantes e importadores a través de una gestión independiente de la de los residuos domiciliarios (nota 1 del informe de consulta pública).

²⁶ Evento "Dos décadas de Responsabilidad Extendida del Productor en Uruguay: avances y desafíos" organizado por el Ministerio de Ambiente, 29 noviembre 2023, https://www.youtube.com/watch?v=Y7_tzhGOCIU&t=1965s.

2.304 empresas). Este plan se implementó a través de convenios público-privados, por los cuales el sector propietario de marca e importador de productos envasados puestos en el mercado financia parte de los gastos operativos e inversiones necesarias. Esto se ejecuta mediante aportes realizados por las empresas adheridas al Fideicomiso PGE-CIU, determinados con base en el costo del sistema y en relación con la cantidad de envases puestos en el mercado por cada una. Para su implementación se elaboró un plan departamental y se firmaron convenios que involucran a los gobiernos departamentales, el MA, el Ministerio de Desarrollo Social, las cooperativas de clasificadores que operan las plantas de clasificación y el Fideicomiso PGE-CIU.

No obstante, 16 años después de creado el PGE, según cálculos del MA (Plan Nacional de Gestión de Residuos, pág. 247) el índice medio de recuperación es apenas de 3,9% del peso total de los envases puestos en el mercado. Además, se encuentra operativo en tan solo 6 departamentos (Montevideo, Canelones, Maldonado, Rocha, Flores, Rivera). Esto indica que el mecanismo de REP implementado para recuperar estos envases fue deficiente hasta la fecha.

Frente a esa situación, el MA implementó un Plan Nacional de Gestión de Residuos (previsto en la ley GIR) que incluye la reorganización del sector de reciclaje de plástico y otros residuos con el fin de lograr el aumento de los volúmenes de plástico reciclado. Los primeros pasos fueron dos resoluciones (N° 271/2021 y 272/2021)²⁷. La primera establece las metas de recuperación de PET mínimas a los efectos de incrementar los niveles de valorización de esos residuos (al fin de 2023 el 30% de recuperación y en el 2025 el 50%). La segunda resolución promueve la reducción de la generación de residuos plásticos, priorizando el uso y consumo sustentables de productos reutilizables y desestimulando productos plásticos de un solo uso.

El Plan para la Valoración de los Envases y Materiales de Envasado (Plan Vale), aprobado por el MA en agosto 2022) es la denominación de una reingeniería del PGE que la CIU diseñó en respuesta a la Resolución 271/2021²⁸. Ésta obliga a desplegar el PGE en todo el territorio nacional y alcanzar tasas y plazos impuestos de recuperación de envases, con relación a lo vertido en el mercado; e integrar operaciones de recuperación de materiales en ciudades y localidades de más de 5000 habitantes. En el Plan Vale las empresas generadoras de envases se hacen cargo por kilo que vierten al mercado (a través del mecanismo de la REP). Esto está impactando sobre el diseño de los envases a nivel local dado que las empresas buscan bajar el peso del plástico para reducir el monto a pagar.

El Plan Vale introduce, además, un nuevo mecanismo de Sistemas de Depósito, Devolución y Reembolso que consisten en definir un valor monetario a los envases alcanzados. Este valor lo paga el consumidor al momento de la compra y lo recibe de vuelta al devolver el envase vacío, como una señal contra reembolso. Las empresas locales Ciemsa y CSI, junto a un operador internacional fueron seleccionados a fines de 2023 para operar el sistema. Otros países que han aplicado este sistema han tenido resultados muy positivos, dependiendo del precio que se pague por la devolución y de la cercanía de los puntos de retorno del envase.

A la fecha (enero 2024) el Plan Vale no ha comenzado aún a funcionar y hay cinco (de un total de 19 departamentos) convenios firmados con gobiernos departamentales (Canelones, Río Negro, Rivera y Soriano, próximamente Flores). Además, la meta de recuperación a nivel nacional de 30% para diciembre 2023 de la resolución No 271/2021 no se ha cumplido.

²⁷ <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/institucional/normativa/resolucion-n-271021-objetivos-minimos-recuperacion-valorizacion-envases>.

²⁸ <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/institucional/normativa/resolucion-n-271021-objetivos-minimos-recuperacion-valorizacion-envases>.

El ejemplo del Departamento de Canelones es ilustrativo de un camino para gestionar los residuos a través de la REP en articulación con las políticas públicas nacionales y subnacionales. Canelones fue el primer departamento en implementar un Plan de Envases con la CIU en el año 2007. Luego de casi 15 años de ampliación y consolidación de este programa, actualmente el Departamento es el único que aparentemente cumplió la meta de 30% de recupero de envases para reciclaje en diciembre 2023 (lo cumplió en agosto)²⁹.

Actualmente, luego de varios meses de diálogo y planificación entre la Intendencia Departamental de Canelones (IDC) y la CIU, en articulación con el MA, el Ministerio de Desarrollo Social (MIDES) y el Instituto Nacional de Cooperativismo (INACCOOP), se concretó un convenio con el Plan Vale que mejorará sustancialmente las capacidades de recuperación de envases para el reciclaje en Canelones. Con el Plan Vale se apunta a una meta de 50% para fines de 2025. Este y otros planes forman parte de una política ambiental más amplia plasmada en el Plan Departamental de Gestión de Residuos del Gobierno de Canelones.

La situación del reciclaje del plástico (una vez recuperado y clasificado) en Uruguay no es sencilla. En un trabajo de CEPAL (Pittaluga et al., 2021) sobre las oportunidades de escalamiento dentro de la Cadena Global de Valor (CGV) de la industria del plástico, se detectaron las dificultades que en el año 2020 tenía la cadena de valor del reciclado para funcionar.

La cadena de valor del PET tiene una conformación de cadena vertical a partir de la resina PET virgen que pueden configurarse cadenas paralelas con líneas de productos diferentes. La sustitución parcial o total de la resina PET virgen por rPET (PET reciclado), en formato de escama o pellets, es lo que transforma el proceso puramente lineal en uno con cierto grado de circularidad. Cuando se utiliza rPET como materia prima el proceso transformativo se amplía e incluye otros actores de la economía doméstica. El eslabón de la valorización de los residuos a partir de PET contiene un proceso productivo que implica una considerable agregación de valor local y también el tejido de un entramado productivo y social, además de su impacto positivo ambiental.

Pese a estas ventajas, la recuperación de PET se ha estado realizando con muchos problemas estos últimos años, debido a la baja captación de PET post-consumo, siendo ésta la principal barrera que impedía continuar con el proceso de mayor valorización que ya se había instalado en el país años atrás. Una de las explicaciones para esta baja captación de PET post-consumo se encuentra en la exportación y contrabando a Brasil de material recuperado no reciclado para conseguir precios mayores que en plaza. Los mecanismos existentes para captación de PET para su recuperación no estaban funcionando. Mientras no se mejorasen las tasas de recuperación de PET post-consumo no se veía viable incorporar valor a esta cadena (Iharur, 2021; Pittaluga et al., 2021; CTPLas, 2018; CTPLas, 2017).

De las entrevistas realizadas a representantes del sector privado para este trabajo, se desprende que la situación a octubre del 2023 ha cambiado con respecto a aquella documentada en el 2021. Los actores perciben que el problema de la recolección posconsumo encuentra una solución a través de la implementación del Plan Vale. Por otro lado, debe considerarse que en julio 2023 Brasil elevó los impuestos sobre las importaciones de residuos de plástico, vidrio papel para minimizar el impacto nocivo de estos residuos sobre el medioambiente y fortalecer la industria del reciclaje local³⁰. Lo que disminuiría el precio de venta de esos residuos a Brasil.

²⁹ Este dato es de una nota de noticias de la Intendencia de Canelones. Se entiende que surge de datos y cálculos de la propia Intendencia. No se encontraron en la web los datos que respaldan dicha tasa de recuperación (<https://www.imcanelones.gub.uy/es/noticias/impulso-la-recuperacion-de-residuos-para-el-reciclaje-canelones-firmo-acuerdo-con-el-plan-vale>).

³⁰ <https://thelogisticsworld.com/actualidad-logistica/brasil-aumenta-impuestos-a-importaciones-de-plastico-vidrio-y-papel-para-provomer-el-reciclaje/>.

El sector privado parece alinearse al nuevo Plan Vale de forma dinámica ya que el problema de la disponibilidad de materia prima parecería estar en vías de solución. La compañía Grupo Envases (ECOPET) inauguró en su planta nueva maquinaria vinculada al ciclo de reciclaje de envases PET. La empresa anunció que a la inversión en nueva tecnología fue superior al millón de dólares y para 2023 se suma nueva maquinaria que implicó un desembolso de más de US\$ 5 millones para completar el ciclo de reciclado.

Según afirma la Asociación Uruguaya de Industrias del Plástico (AUIP) en su comparecencia al parlamento³¹... en la misma línea quiero agregar que para el año 2025, por decreto, va a ser obligatorio que el 40 % del material de cada una de estas botellas sea reciclado posconsumo. En ese sentido invirtió la firma ECOPET, que ahora es Envases, para tener tecnología que permita generar ese reciclado apto para contacto directo con las botellas. O sea que de acá a un año y medio cada botella que esté en el mercado uruguayo tendrá un 40 % como mínimo de reciclado por ley. Están dadas las condiciones para ello”.

En suma, actores relevantes del sector de plástico, como AUIP, CIU y CTPlas ven que la tendencia es a ir a la transformación de la industria del plástico para utilizar cada vez más el rPET en envases para alimentos. Por ello, hay una visión consensuada dentro del sector privado que la tendencia es hacia el reciclado del plástico para utilizarlo como materia prima para envases de plástico, como al diseño de envases de plástico que permitan su reutilización.

En cuanto a la normativa que permita que el plástico reciclado se utilice para envases en contacto con alimentos, el LATU afirma en el parlamento “...que la normativa actual no permite la reutilización de plásticos en contacto con alimentos, con la excepción de los que son para bebidas. En el caso de las bebidas, está permitida la retornabilidad; en los demás casos, no está permitida. El único material que reciclado puede utilizarse nuevamente en un envase en contacto con alimentos es el PET. Es el único que tiene la posibilidad de reincorporarse una vez que fue reciclado. Eso es así con la normativa actual del MERCOSUR. La normativa europea y de Estados Unidos ya varió y permite otras materias primas”³².

Hay resoluciones MERCOSUR en las que se especifican las posibles formas de incluir PET reciclado en los productos. Estas son las siguientes:

- i) MERCOSUR/GMC/Res. n.o 56/92 en el artículo 9 dice que, en la elaboración de envases y equipamientos destinados a entrar en contacto con alimentos, está prohibida la utilización de materiales plásticos procedentes de envases, fragmentos de objetos, plásticos reciclados o ya utilizados, debiendo por lo tanto ser utilizado material virgen de primer uso. Esta prohibición no se aplica al material reprocesado en el mismo proceso de transformación que lo originó (scrap) de parte de materiales plásticos no contaminados ni degradados. La Comisión de Especialistas del MERCOSUR podrá estudiar procesos tecnológicos especiales de obtención de resinas a partir de materiales reciclables.
- ii) MERCOSUR/GMC/Res. n.o 25/99 Reglamento técnico sobre envases de PET multicapa (único uso) destinados al envasado de bebidas analcohólicas carbonatadas: resolución específica para PET. Determina los mecanismos mediante los cuales puede incluirse PET reciclado en un envase. Este PET reciclado debe estar contenido por dos capas de PET virgen, una exterior y una interior que funciona como barrera funcional, protegiendo la bebida.

³¹ Comparecencia de la AUIP a la Comisión de Ambiente de la Cámara de Representantes en noviembre 2022 por el proyecto de ley de plásticos de un solo uso (<http://www.diputados.gub.uy/wp-content/uploads/2022/12/1118.pdf>).

³² Comparecencia del LATU a la Comisión de Ambiente de la Cámara de Representantes en abril 2023 por el proyecto de ley de plásticos de un solo uso (<http://www.diputados.gub.uy/wp-content/uploads/2023/05/1302.pdf>).

- iii) MERCOSUR/GMC/Res. n.o 30/07 Reglamento técnico sobre envases de polietilentereftalato (PET) posconsumo reciclado grado alimentario (PETPCR grado alimentario) destinados a estar en contacto con alimentos: Establece el proceso de aprobación de PET reciclado posconsumo para envases alimentarios. Habilita el uso de material PET reciclado posconsumo con tecnologías de reciclado aprobadas por la *European Food Safety Authority* (EFSA) o la *Food and Drug Administration* (FDA).

El desafío está principalmente en lograr garantizar que el material reciclado posconsumo no contamine el alimento. Los envases y embalajes, durante su ciclo de vida, pueden ser utilizados en un segundo uso doméstico en aplicaciones para los que no fueron destinados inicialmente, pudiendo contaminarse con sustancias. A su vez, en la etapa de recolección pueden estar en contacto con otros materiales, lo que también puede contaminarlos. (CTPLAS, 2021).

Para la incorporación de material reciclado posconsumo en aplicaciones en contacto con alimentos, además de cumplir con las normativas planteadas, se exige que los productos reciclados hayan sido en una primera instancia productos en contacto con alimentos. Esta exigencia es del 95% para el PET y del 100% para otros polímeros, la diferencia radica en que el PET tiene mejores propiedades barrera que las demás resinas, por lo que una contaminación de un 5% de materiales que no eran destinados a contacto con alimentos no representa un riesgo para los nuevos productos. Es necesario recordar que, hasta la fecha, las únicas tecnologías habilitadas en el MERCOSUR son las que reciclan PET. (CTPLAS, 2021).

2. Ley de bolsas y su impacto sobre la producción de bioempaques

Como ya se mencionó, la llamada ley de bolsas (Ley N° 19.655 de 17/08/2018)³³ y su Decreto Reglamentario N° 3/019 de 07/01/2019³⁴ combina los instrumentos de política de prohibición y gravamen (precio de la bolsa que paga el consumidor). La ley de bolsas podría haber generado capacidades de producción para producir bioempaques. No obstante, como se analiza en los siguientes párrafos esto no ha sido el caso.

La Ley N° 19.655 y su Decreto Reglamentario regulan el uso de bolsas de plástico como forma de proteger el ambiente. El objetivo es reducir el impacto ambiental por el uso de bolsas plásticas, desestimulando su uso y promoviendo su reúso y reciclaje. En ella se regulariza el uso, estableciendo como alcance a todas las bolsas de plástico que se entreguen a un consumidor para guardar y transportar los productos que adquiera. Prohíbe la fabricación, importación, distribución, venta y entrega de bolsas plásticas que no sean compostables o biodegradables. Establece que las bolsas plásticas autorizadas y las reutilizables fabricadas con material reciclado [ejemplo chismosas, bolsas de tela, etc.] deberán cobrarse, fijando su precio mínimo y la forma de facturación (detallando cantidad y precio de las bolsas entregadas). El objetivo, con el cobro de las bolsas de plástico, es desestimar su uso, y que, en caso de que se utilicen bolsas, sean de un material que pueda incorporarse a los ciclos biológicos.

El MA (antes Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, a través de la Dirección Nacional de Medio Ambiente) es el que tiene el cometido de la aplicación de la ley, así como el contralor y sanción de los infractores.

Le corresponde al MA llevar el Registro de Fabricantes e Importadores de Bolsas Plásticas (establecido en el Art. 17 del Decreto 03/2019, de 15 de enero de 2019). Toda persona física o jurídica que fabrique o importe bolsas plásticas, cualquiera sea su tipo o material, deberá inscribirse en dicho registro. La vigencia de la inscripción en ese registro será anual. Para que la inscripción se mantenga vigente, los sujetos registrados deberán presentar una declaración jurada, antes del 30 de marzo de cada

³³ <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/19655-2018>.

³⁴ <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/3-2019>.

año. Dicha declaración debe incluir información sobre las cantidades y tipo de bolsas comercializadas, según el instructivo aprobado por el MA.

El Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU) es el encargado de definir las normas que debe cumplir un plástico para que sea biodegradable o compostable y está encargado de realizar los análisis y ensayos regulares, adecuándose a reglamentos vigentes³⁵.

En el recuadro I se ilustra cómo el MA especifica el tipo de material y las características de las bolsas permitidas por la Ley de bolsas. Como se observa se permiten bolsas de bioplásticos tipo II y III.

El MEF creó por un decreto los códigos arancelarios para las nuevas resinas, bobinas y bolsas plásticas de plástico biodegradables o compostables. En el caso de las resinas prevé la importación tanto de resinas biodegradables o compostables provenientes de recursos fósiles (por ejemplo, PBAT) como recursos biológicos (por ejemplo, PLA).

- Resinas: 3907.99.99.10 – Poliésteres biodegradables o compostables no expresados ni comprendidos en otra parte; 3913.90.90.10 – Almidón termoplástico.
- Bobinas: 3920.69.00.10 – De poliésteres biodegradables o compostables.
- Bolsas plásticas: 3923.29.10.10 – De plástico biodegradable o compostable.

La ley también incluye un Plan de Reconversión que deberán coordinar el Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM) y el MA. Esto incluye la elaboración de un programa para facilitar la reconversión de la industria nacional de bolsas plásticas, de acuerdo con lo que establezca la reglamentación de la ley, así como el fomento de soluciones tecnológicas y desarrollo de nuevos productos y mercados tendientes a minimizar los impactos ambientales derivados del uso de bolsas plásticas no biodegradables.

Sin embargo, en el decreto reglamentario de la ley no aparece el plan de reconversión. Una explicación de esta ausencia puede encontrarse en que, según afirma el director de la Dirección Nacional Ambiental en el parlamento, se hizo un planteo al sector industrial para saber si necesitaban apoyo para la reconversión y la respuesta de los representantes del sector fue que las modificaciones para pasarse a estos nuevos materiales eran mínimas y no requerían ningún apoyo específico³⁶. Esto lo confirma la AUIP en su propia comparecencia frente a los representantes nacionales unos días después³⁷. Sin embargo, las empresas más pequeñas no pudieron seguir por el camino de la reconversión, según informa una nota de prensa de agosto 2019 en la que la Asociación de Recicladores de Plástico del Uruguay (ARPU), que nuclea a 24 pequeñas empresas de recicladores de plásticos, dice que no han logrado reconvertirse tras las nuevas normativas³⁸.

Desde el punto de vista del tema de interés del presente informe sobre las oportunidades de producir bioempaques en Uruguay, se debe resaltar de la discusión parlamentaria expuesta arriba, que sólo se menciona la reconversión del sector de plástico frente al cambio de normativa para las bolsas de plástico. Ni los legisladores, ni el poder ejecutivo vieron la posibilidad en ese momento de fomentar a través de políticas la sustitución de la materia prima importada por una derivada de biomasa nacional (para producir bioplásticos de tipo II). Por ejemplo, a través de políticas públicas para fomentar

³⁵ <https://www.latu.org.uy/noticias/bolsas-plasticas-certificadas-por-el-latu>.

³⁶ Comparecencia del director de la Dirección Nacional Ambiental a la Comisión de Ambiente de la Cámara de Representantes en julio 2018 por el proyecto de ley de uso sustentable de bolsas de plástico (<https://parlamento.gub.uy/documentosyleyes/documentos/versiones-taquigraficas/senadores/48/1966/0/CAR>).

³⁷ Comparecencia de la AUIP a la Comisión de Ambiente de la Cámara de Representantes en julio 2018 por el proyecto de ley de uso sustentable de bolsas de plástico (<https://parlamento.gub.uy/documentosyleyes/documentos/versiones-taquigraficas/senadores/48/1982/0/CON>).

³⁸ *ladiaria* (agosto, 2019), Recicladores de plástico se declararon en crisis y proponen producir bolsas que pueden someterse a recuperación (<https://ladiaria.com.uy/usuarios/entrar/?article=58933>).

asociaciones entre la academia y el sector productivo, apuntando a posicionarse en un eslabón aguas arriba del sector plástico (que procesa la materia prima para convertirla en una bolsa). Tampoco se tuvo en cuenta la oportunidad de fomentar nuevas empresas para fabricar esos bioplásticos de tipo II.

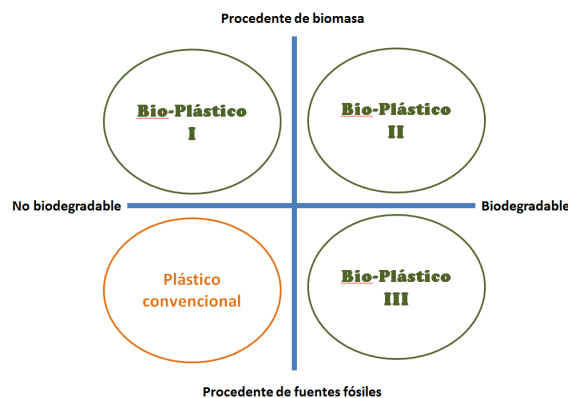
Recuadro 3 Bioplásticos (Ministerio de Ambiente)

Se denomina bioplásticos a dos tipos de materiales: Los plásticos que proceden de biomasa y los plásticos biodegradables que cumplen con los criterios científicos establecidos en las normas de biodegradabilidad y compostabilidad (ej: EN 13432, EN 14995, ISO 17088, ASTM D-6400).

Estas dos características son independientes y así como existen plásticos biodegradables elaborados a partir de fuentes fósiles, también existen plásticos elaborados a partir de biomasa que no son biodegradables. Esto se debe a que la biodegradabilidad está relacionada a la estructura química del plástico y no con el origen de este.

Por lo tanto, existen tres grupos distintos de bioplásticos (ver el diagrama):

- i) Los que proceden de biomasa y no son biodegradables (ej: Bio PET, Bio PE).
- ii) Los que proceden de biomasa y son biodegradables (ej: PLA, PHA, PHB, TPS).
- iii) Los que proceden de fuentes fósiles y son biodegradables (ej: PBS, PVOH, PBSA, PBAT, PVA, PCL)



En el Art. 4° de la Ley de uso sustentable de bolsas plásticas se prohíbe la fabricación, importación, distribución, venta y entrega, a cualquier título, de las bolsas plásticas que no sean compostables o biodegradables. Por lo que no todos los bioplásticos son admitidos para las bolsas plásticas. Independientemente de su origen (si proviene de fuente fósil o biomasa), solo se permitirá el uso de plástico biodegradable (Bioplásticos II y III según Figura) que cumplen con los criterios científicos recogidos en las normas de biodegradabilidad y compostabilidad (ej: EN 13432, EN 14995, ISO 17088, ASTM D-6400).

Fuente: Ministerio de Ambiente, <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/bioplasticos>.

a) Impacto de la ley de bolsas sobre el sector productivo fabricante de bolsas plásticas

En su comparecencia a la cámara de representantes para plantear su punto de vista del proyecto de ley³⁹, la AUIP brinda datos sobre el mercado uruguayo de bolsas plásticas en el año 2017 que se compone de 60 % de bolsas importadas y 40 % de bolsas nacionales. De las bolsas tipo camiseta —tanto nacional como importado, el 90% corresponde a bolsas de supermercados y prácticamente su totalidad se reutiliza como bolsas de residuos domiciliarios. El 20% de las bolsas tipo camiseta las vuelcan en las

³⁹ Comparecencia de la AUIP a la Comisión de Ambiente (Cámara de representantes) proyecto de ley de uso sustentable de bolsas de plástico octubre de 2016 (<https://parlamento.gub.uy/documentosyleyes/documentos/versiones-taquiograficas/senadores/48/975/0/CAR>).

grandes superficies, en ese caso el 100% es de industria nacional, lo que ocupa 1.500 puestos de trabajos directos e indirectos. En almacenes, bares, estaciones de servicio, ferias, etc. usan el 80% restante. Estos datos no incluyen ni el contrabando de bolsas, ni las empresas locales informales de bolsas.

Desde 2017, antes de la implementación de ley de bolsas, no existen otros datos disponibles sobre el sector. Un posible camino para obtener alguna información sobre el impacto de la ley de bolsas sobre el sector productivo es consultar en el Registro de fabricantes e importadores de bolsas plásticas certificados para comercializar bolsas en Uruguay que existe desde que la ley de bolsas está implementada en marzo 2019. En el cuadro 6 figuran las empresas con autorización de venta de bolsas.

Cuadro 6
Registro de fabricantes e importadores de bolsas plásticas

Razón social	Actividad	Bolsas compostables	Bolsas recicladas (e \geq 70 μ m)	Bolsas rollo (e \leq 15 μ m)	Bolsas de TNT(d.s \geq 60g/m ²)
ACOMANA S.A.	Importador				✓
ARCAMILL S.A.	Fabricante	✓			
BADINER S.A.	Fabricante	✓	✓		
Barrerío Carro Nancy Raquel	Fabricante	✓			
CURUA S.A.	Fabricante		✓		
CHIC PARISIEN S.A.	Importador				✓
DAFYLMAR S.A.	Fabricante	✓	✓		
GAFENIR S.A.	Importador/Fabricante			✓	✓
GRANELUR S.A.	Fabricante	✓	✓		
IGOR PLAST S.A.	Fabricante	✓	✓		
LEPAN S.A.	Fabricante			✓	
Plásticos CANMAI S.R.L.	Fabricante		✓	✓	
ROPLAST S.R.L.	Fabricante	✓	✓		
SENSOR S.A.	Importador	✓		✓	
STRONG S.A.	Fabricante	✓	✓		
TASHIRO & TAKATA S.A.	Importador/Fabricante		✓	✓	
TESANTI S.R.L.	Fabricante			✓	
VIMAX S.A.	Importador			✓	✓

Fuente: Dirección Nacional de Calidad y Evaluación Ambiental (DINACEA; antes DINAMA), (<https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/listado-fabricantes-importadores-bolsas-alcanzadas>), consulta realizada en octubre 2023.

De las 18 empresas autorizadas por DINACEA (cuadro 6), sólo ocho fabrican bolsas compostables o biodegradables. De esas ocho empresas, según informantes del sector, hay tres empresas que están por cerrar actualmente. Restan en el sector cinco empresas de fabricación nacional de bolsas compostables o biodegradables. Las cinco empresas que restan producen sus bolsas de materiales provenientes de recursos fósiles (bioplásticos tipo III de recuadro 3):

- i) ARCAMILL S.A.
- ii) BADINER S.A.
- iii) DAFYLMAR S.A. (provee de bolsas comerciales a los super mercados del Grupo Disco)
- iv) IGOR PLAST S.A.
- v) STRONG S.A

Las grandes superficies de venta al consumidor final son los mayores compradores de bolsas comerciales. No obstante, de las 5 empresas fabricantes certificadas por DINACEA de bolsas compostables, sólo hay una (DAFYLMAR S.A.) que provee de bolsas comerciales compostables a los super mercados del Grupo Disco (Devoto, Géant y Disco). DAFLYMAR S.A. importa la resina (código arancelario 3907.99.99.10 – Poliésteres biodegradables o compostables no expresados ni comprendidos en otra parte) para fabricar bolsas de España.

Por otro lado, SENSOR S.A. importa bolsas comerciales compostables que provee a los supermercados El Dorado y Tienda Inglesa. (código arancelario: 3923.29.10.10 – bolsas de plástico biodegradable o compostable) de Brasil.

El Macromercado utiliza material polietileno reciclado para el bolsón y la bolsa camiseta (ROCHAPLAST S.A es proveedor). Devoto convive con la bolsa chica compostable y una bolsa de tamaño mediano (3 veces más cara, pero que soporta más cargas y más volumen) de material recuperado.

Se encontraron sólo 5 empresas que producen (producían o van a producir) bolsas u otros bioempaques de tipo II del recuadro 3. Ninguna está certificada por DINACEA. Una de ellas fue certificada y luego no pudo renovar.

Estas son las siguientes empresas:

- Biopack (<https://www.biopack.uy/sitio/html/queEs>) comenzó a trabajar a principio de 2017 realizando una búsqueda de posibles materias primas para fabricar las bolsas e identificaron candidatos desde el punto de vista del origen de la materia prima, el destino final y los costos. Importan de Italia MATER-BI de Novamont, se obtiene de almidón de maíz y aceites vegetales, y cumple con la normativa europea UNE-EN 13432 de compostabilidad. Junto a la empresa plástica ROCHAPLAST SRL ejecutaron un proyecto para fabricar bolsas bioplásticas compostables de origen vegetal realizando mejoras en los procesos de extrusión de bioplástico, impresión en línea y sellado de polímeros que provienen del almidón de maíz y un plastificante derivado del aceite vegetal, de una manera rápida y eficiente.
 - Proyecto presentado al Fondo Industrial del MIEM. Desarrollo de film compostable producido a partir de polímeros vegetales.
 - Proyecto presentado a la ANII. Nuevo proceso de producción nacional de bolsas bioplásticas compostables.
- No soy plástico (<https://www.nosoyplastico.com/>) fabrica un pellet de origen vegetal para la fabricación de bolsas biodegradables y compostables (compost hogareño). Su desarrollo fue testeado en el laboratorio de plásticos del LATU obteniendo el análisis de pellet y de bolsas que no contienen ni polipropileno, ni polietileno. Además, las bolsas resultantes son hidrosolubles (se disuelven en agua caliente a 60 grados y pueden ser ingeridas sin toxicidad para ningún ser vivo). Asimismo, las bolsas resultantes fabricadas a partir del pellet nsp 701f se biodegradan en ríos y mares al ser consumidas por los microorganismos. Actualmente en Uruguay produce un film para recubierta de los cultivos (llamado mantillo o mulsch). Europa sacó una reglamentación que a partir de enero 2024 se deben sustituir por mantillos biodegradables. Están trabajando sobre la certificación para abastecer el mercado europeo. La materia prima es el almidón vegetal, de maíz y de papa. Una parte de almidón es de origen uruguayo.

Proyecto presentado en el Fondo de biotecnología del MIEM para maquinaria.

- LANDOPP (<https://landopp.uy/>) es una compañía de I+D+i que propone una alternativa a la producción de productos plastificables, ofreciendo una solución a los productores que utilizan material orgánico, recolectando el desecho y evitando la emisión de gases de efecto

invernadero. Desarrollan materias primas alternativas al plástico. Utilizan el residuo del cáñamo y lo convierten en biopolímero.

Incubada en la ORT

Actualmente presentaron un proyecto a la ANII con Fundación Latitud para mejorar el proceso de producción de materia prima

- Fibanel S. A. (<https://www.fibanel.com.uy/>) viene trabajando desde hace casi tres años en el desarrollo de una línea de bandejas en cartón microcorrugado que tienen los mismos tamaños que las bandejas de espuma. Están trabajando con una empresa aliada, Mercopack que es la que fabrica estas bandejas en Uruguay.
- ORGANI (<https://www.organi.com.uy/>) es un emprendimiento uruguayo que comercializa (importa) envases 100% compostables para alimentos y bebidas brindando una opción más amigable con el medio ambiente para envases de un solo uso. Los productos que importan son fabricados a partir de fuentes renovables de origen vegetal con menor emisión de carbono o reciclados, y cuentan con la certificación internacional de compostabilidad para ser reciclados junto con residuos de alimentos transformándose en abono en 12 semanas. Según expertos entrevistados es una empresa candidata para producir a partir de materia prima nacional.

En suma, existen cinco empresas que producen bolsas compostables o biodegradables de materiales provenientes de recursos fósiles (Biolásticos tipo III del recuadro 3) y están certificadas por DINACEA. Se encontraron también otras cinco empresas que producen (producían o van a producir) bolsas compostables o biodegradables de materiales biológicos (bioplásticos de tipo II del recuadro 3). De estas ninguna está certificada por DINACEA.

b) Capacidad estatal para hacer cumplir la ley

El MA (Plan Nacional de Gestión de Residuos, 2021) hizo un cálculo para evaluar la eficacia en la implementación de la reglamentación utilizando los registros y declaraciones juradas anuales presentadas por los importadores y fabricantes de bolsas plásticas y complementado con el procesamiento de datos de la Dirección Nacional de Aduanas. Teniendo en cuenta que es solo el sector formal, se puede construir un indicador que se aproxima al consumo de bolsas plásticas en el país. Con los datos mencionados y considerando una población según el censo de 2011, el consumo en unidades de las bolsas plásticas alcanzadas en la reglamentación (utilizadas para contener y transportar productos y bienes) en el año 2018 ascendía a 263 bolsas/habitante/año y en 2019 descendió a 89 bolsas/habitante/año. Este cálculo no se siguió haciendo, por lo que no se sabe si el descenso del consumo de bolsas se mantuvo en el tiempo o fue un efecto *boomerang* de la aprobación de la ley.

Aparte de este indicador, el MA no ha implementado ningún sistema de seguimiento ni de evaluación del impacto de la Ley de Bolsas (por lo menos a nivel público), por lo que es difícil conocer con exactitud el grado de cumplimiento de la ley. No obstante, tanto en las entrevistas realizadas, como en las comparencias de diferentes grupos de empresas y asociaciones al parlamento durante el estudio de las otras dos leyes relacionadas al plástico (Ley GIR y proyecto de Ley de plástico de un solo uso), se constata que hay una visión generalizada que la ley se incumple, principalmente en zonas no centrales y comercios pequeños.

Además, los entrevistados señalan que las bolsas compostables o biodegradables importadas de Brasil son un gran problema para la producción nacional ya que tiene precios menores que las nacionales. Por otro lado, según señala la AUIP en el Parlamento en noviembre 2023⁴⁰, "...hay poca trazabilidad de las bolsas que se están importando y sigue habiendo muchas de dudosa trazabilidad. Al

⁴⁰ Comparencia de la AUIP a la Comisión de Ambiente (Cámara de Representantes). Proyecto de Ley Plásticos de un solo uso. Versión taquigráfica, 22 de noviembre de 2023 (<http://www.diputados.gub.uy/wp-content/uploads/2022/12/1118.pdf>).

ser importadas, la poca fiscalización y la incapacidad del Ministerio de Ambiente de hacer cumplir la ley colabora para que haya dudas en cuanto a su origen”.

La directora de la División de Planificación Ambiental del MA, que es la que lleva el control de esta normativa, tiene otra visión, aunque reconoce que hay problemas de control en algunos puntos del sistema. Explicó detalladamente a los representantes nacionales los controles que hace el MA⁴¹. El MA tiene un acuerdo con la Dirección Nacional de Aduanas a través del cual se controlan, entre otras cosas, todas las importaciones de bolsas, detectando el flujo de comercio y la empresa que lo importa. Allí se verifican los certificados y registros, reconocidos por el país, que tiene la empresa de esa partida de bolsas. Con respecto a la fabricación tiene el mismo mecanismo, pero es el MA que hace la inspección in situ, se sacan muestras y se revisa a través del LATU que cumpla con el certificado de modelo que tiene autorizado. O sea que el control de las importaciones implica una investigación documental y la fabricación un trabajo de campo.

Las bolsas permitidas, como las destinadas a envolver las frutas y verduras, que tienen ese destino permitido por la ley y, por lo tanto, se debe autorizar su importación, pero que después terminan utilizándose como de contención y transporte, son un gran problema. Estos desvíos de uso en algunos casos se resuelven a partir de inspecciones a comercios, distribuidoras o fabricantes. Otro gran problema es que en el sector de bolsas hay una alta informalidad. Se detecta una empresa o comercio que está ofreciendo sus productos en bolsas no permitidas y, muchas veces no se logra llegar al fabricante o el distribuidor porque se maneja fuera de la ley y no hay una factura, por ejemplo. Otro mecanismo es la denuncia ciudadana, pero son muy pocas por ahora. El MA destina muchos recursos al control, pero la complejidad de lo que hay que controlar no lo hace sencillo.

Otro problema que surge de la falta de control estatal es que, según varios entrevistados, la ley de bolsas generó un nuevo negocio para las grandes superficies de venta al consumidor final. Antes de la ley, la bolsa entregada al cliente tras su compra no tenía costo, pero ahora por ley es obligatorio cobrarla (para desestimular su uso). “...pero lo que está sucediendo es que las grandes superficies se quedan con el margen de ganancia entre el costo de la bolsa y su precio de venta” (entrevistado).

Esa última afirmación no pudo ser corroborada con datos firmes. Según algunos técnicos que participaron durante el periodo de estudio de la ley en el parlamento, se estimaba que el costo de la bolsa sería muy cercano al precio de venta (establecido por el MA). El precio mínimo al que debe cobrarse la bolsa plástica está establecido por decreto, en Unidades Indexadas (UI) 0,82 (ochenta y dos centésimos de Unidad Indexada) y queda fijado anualmente de acuerdo con el valor de la UI del primer día hábil del año correspondiente al de la efectiva venta o entrega al consumidor. El 1ero de enero 2024 el precio mínimo de la bolsa es 5,67 \$ (pesos uruguayos), Impuesto al Valor Agregado (IVA) incluido. No se ha logrado obtener estimaciones del costo de la bolsa para realizar su comparación, ni tampoco saber a qué precio se venden efectivamente.

Como ya se mencionó, no ha habido aún una evaluación de impacto de la ley. Cuánto verdaderamente ha impactado la ley sobre el comportamiento de los consumidores para usar menos bolsas de plástico, cuántos comercios siguen sin cobrar la bolsa de plástico y, si el precio es el suficiente para desalentar el uso de las bolsas son algunas de las preguntas que habría que contestar en un estudio de este tipo. En Irlanda, gracias a una evaluación sobre el impacto de las regulaciones, el gobierno se percató de que el consumo de bolsas de plástico había aumentado unos años después de que el gravamen se instaurara ya que las personas se habían acostumbrado a este. Como resultado, se revisó el gravamen y se alzó su cuota. En el Territorio del Norte de Australia, cinco años después de que se instaurara una prohibición de bolsas de plástico delgadas (con un grosor menor a 35 micras), un estudio

⁴¹ Comparecencia del Ministerio de Ambiente a la Comisión de Ambiente (Cámara de Representantes). Proyecto de Ley Plásticos de un solo uso. Versión taquigráfica, 7 de noviembre de 2023 (<https://parlamento.gub.uy/documentosyleyes/documentos/versiones-taquigraficas/representantes/49/1616/o/CAR>).

reveló que los desechos plásticos aumentaron, ya que las personas habían comenzado a pagar por bolsas más gruesas pero continuaban tratándolas como si fueran artículos de un solo uso (ONU Ambiente, 2018).

En suma, no se tienen datos para poder afirmar si se cumple o no la ley de bolsas en todo el territorio nacional, en qué medida se cumple o incumple y la cuantía de los desvíos y el mercado informal. Esta desinformación debilita la normativa y su capacidad de lograr el cambio que se propone, además impacta de forma negativa sobre las oportunidades del surgimiento de empresas innovadoras como se constató en la sección anterior. La ley, o más bien la manera de hacer cumplir la ley, no fue un detonante para que se creara un sector productivo especializado en este tipo de empaque. Por el contrario, se cerraron PYMEs del sector de plástico que no tuvieron capacidad para reconvertirse o no lograron ser competitivos en las nuevas condicionantes. Se encontraron sólo 5 empresas de bioempaques de tipo I que no están además certificadas por la DINACEA. La conclusión es que esta ley no generó capacidades productivas locales para empaques biodegradables o compostables de material biobasado.

3. Proyecto ley de plásticos de un solo uso abre una oportunidad para los bioempaques

La doble estrategia para minimizar el plástico de origen fósil, planteada en el artículo 44 de la Ley GIR, con su 1er componente de fomento al reciclaje/reutilización del envase de plástico y su 2do componente de fomento a envases de materiales alternativos al plástico, se ha ido plasmando en su primer componente de reciclaje/reutilización a través del Plan Nacional de Gestión de Residuos y la REP, como se planteó en la subsección 1. El proyecto de ley sobre plásticos de un solo uso (ingresó a la Cámara de Representantes en junio de 2022 y en enero de 2024 sigue en estudio en la Comisión Especial de Ambiente) podría ser la base legal para que el segundo componente de la estrategia tome forma.

En efecto, el 7 de junio 2022 ingresó a la Cámara de Representantes un proyecto de ley que prohíbe la utilización de plásticos de un solo uso cuando puedan ser sustituidos por otro tipo de material compostable o biodegradable. Está a estudio de la Comisión Especial de Ambiente⁴².

Los legisladores firmantes del proyecto de ley explicaron en la exposición de motivos "...que el proyecto tiene como fin reducir el consumo de plásticos de un solo uso, eliminando su utilización y distribución en sitios de origen. La legislación actual, y en particular el Plan Nacional de Gestión de Residuos, está enfocada en otras metas (como la recuperación y reutilización de residuos), mientras que este proyecto apunta directamente a evitar su generación. Se trata de una iniciativa sin un fin recaudador, ni comercial; tiene un único fin y es ambiental."

Los plásticos de un solo uso, sigue la exposición de motivos, "...pueden ser considerados innecesarios y evitables. Se entiende por tales aquellos que pueden reducirse o sustituirse por alternativas de otros materiales, adaptadas a su propósito y/o que pueden eliminarse por completo sin comprometer el rendimiento, el acceso del consumidor al producto, el cumplimiento de las regulaciones de salud o seguridad, causar resultados ambientales indeseables o generar más desperdicios alimentarios. Esto no implica una definición ni conceptual, ni una lista taxativa de productos, dado que la concepción de innecesario y evitable dependerá de su función, existiendo la posibilidad de que un mismo producto sea evitable en un ámbito específico o en una función determinada y necesario en otro caso. Como ejemplos característicos de los plásticos de un solo uso innecesario y evitables se encuentran los sorbitos, la vajilla descartable, las bolsas de supermercado, entre otros".

⁴² Proyecto de ley inicial presentado en junio 2022 y todas las versiones taquigráficas de las distintas delegaciones que plantearon sus posiciones respecto del proyecto a los representantes https://parlamento.gub.uy/index.php/documentosyleyes/ficha_asunto/155117/ficha_completa.

El articulado ha variado enormemente desde la propuesta inicial a lo largo de las reuniones con las diferentes delegaciones, y a la fecha no hay un texto definitivo, por lo que en los párrafos siguientes se recogen algunas consideraciones importantes de las discusiones dentro de la Comisión de Ambiente de la Cámara de Representantes que aparentemente tendrían cabida en el texto final.

La comparecencia del LATU en la Cámara de Representantes en abril 2023 es especialmente importante dado que señala que LATU y CTPlas ya están investigando sobre estos temas y pueden aportar soporte técnico al proyecto de ley y a la eventual implementación de la ley una vez aprobada, junto a los aportes del MA⁴³. El LATU da cuenta de las últimas investigaciones a nivel mundial sobre la forma de hacer una evaluación amplia de impacto ambiental de un material en un empaque que será residuo posconsumo (describas detalladamente en la versión taquigráfica de la comparecencia). Según LATU, este es uno de los puntos que entienden de los más importantes en el texto de proyecto de ley, en los que hay que trabajar y detallar, porque puede que una alternativa sea peor en términos ambientales de lo que pretende sustituir. Estos nuevos hallazgos sobre la evaluación del impacto ambiental de los materiales son también los que recoge la nueva normativa de la UE mencionados en la sección A de este capítulo.

El LATU señala que el artículo 1° del proyecto establece la prohibición de algunos plásticos de un solo uso y fomenta los plásticos biodegradables o compostables. "Quizás, el impacto ambiental que puede tener un material biodegradable puede ser muy similar al de origen, porque parte de la misma cadena de producción, que es el petróleo. Pero si profundizamos, cuando se hace una evaluación ambiental de este tipo de productos hay que ver muy bien cómo se hace la comparación, en el sentido de qué elementos se contemplan para hacer esa evaluación ambiental que son, por ejemplo, los que se usan en las herramientas de análisis de ciclos de vida o de huellas de carbono" (LATU).

Tras los comentarios del LATU el artículo 1° quedaría redactado de la siguiente forma (no formalmente definitiva): "Declárese de interés general la prevención y reducción del impacto ambiental derivado de la utilización de productos plásticos de un solo uso, mediante acciones para desestimular el uso de aquellos innecesarios o prescindibles o que puedan ser sustituidos por otro tipo de materiales que tengan un menor impacto ambiental".

El artículo 3° también es muy importante porque según lo que opina el MA no sería conveniente impulsar una política de reducción de plásticos de un solo uso a favor de la sustitución por materiales biobasados que sean compostables o biodegradables para todos los productos, ya que es necesario analizar caso a caso.

Tras los comentarios del MA el artículo 3° quedaría redactado de la siguiente forma (no formalmente definitiva): "El Ministerio de Ambiente, en ejercicio de las facultades previstas en el artículo 21 de la Ley No 17.283, de 28 de noviembre de 2000 y en la Ley de gestión integral de residuos No 19.829, de 30 de setiembre de 2019, establecerá en un plazo de 1 año contado a partir de la entrada en vigencia de la presente ley, prohibiciones o restricciones graduales de importación, producción y comercialización de productos plásticos de un solo uso, estableciendo las medidas correspondientes para su efectiva aplicación. El Ministerio de Ambiente coordinará con las entidades especializadas el desarrollo de análisis de ciclo de vida para tomar decisiones sobre sustituciones o prohibiciones de los productos alcanzados por esta ley, incluyendo el estudio de alternativas de menor impacto ambiental".

⁴³ Comparecencia del LATU a la Comisión de Ambiente (Cámara de Representantes). Proyecto de Ley Plásticos de un solo uso. Versión taquigráfica, abril de 2023. Versión taquigráfica (<http://www.diputados.gub.uy/wp-content/uploads/2023/05/1302.pdf>).

El MA⁴⁴ sugiere reforzar en el proyecto de ley el aspecto que una política de reducción de plástico de un solo uso debería priorizar la reducción del consumo de plástico de un solo uso innecesario en atención a que estos materiales son el ejemplo más claro de una práctica de producción y consumo no sostenible. Tal es el caso del uso indiscriminado de vajilla descartable, film y bandejas, que en buena parte de los casos no son necesarios, pudiéndose eliminar su uso. Sobre los aspectos relativos a la prohibición de estos materiales, entiende que es más conveniente un proceso de prohibición o restricción de uso gradual que tenga en cuenta un análisis de funcionalidad, factibilidad de sustitución e impacto para establecer un camino seguro y para que sea factible su control. En este sentido, el MA comparte el espíritu del proyecto de ley a efectos de avanzar sobre algunas prohibiciones o restricciones de uso, pero entiende más conveniente dejarlas previstas para realizarse a través de los procesos reglamentarios de la ley, previo estudio al detalle de cada producto en particular.

El proyecto de ley de plástico de un solo uso se está discutiendo al mismo tiempo que a nivel internacional se está tratando de alcanzar un acuerdo para reducir la producción de plástico y prevenir la contaminación que genera como residuo.

En efecto, en la Asamblea de la ONU para el Medio Ambiente se decidió crear el Comité Intergubernamental de Negociación (por sus siglas en inglés INC) para el desarrollo de un tratado jurídicamente vinculante para ponerle fin a la contaminación por plásticos. Desde entonces se han celebrado tres reuniones, una en noviembre del 2022 en Punta del Este (Uruguay), otra en mayo 2023 en París (Francia) y la tercera en Nairobi (Kenia) en noviembre 2023. El propósito del INC es elaborar un instrumento internacional jurídicamente vinculante sobre la contaminación por plásticos, en particular, en el medio marino. Por Uruguay es el MA el que lidera esta agenda internacional.

La Gerenta del área de Información, Planificación y Calidad Ambiental (MA)⁴⁵ informa sobre las negociaciones en el INC, en las cuales algunas definiciones de base no están terminadas de discutir. Hay desde extremos que pueden llegar a restringir la producción de plástico a nivel internacional, hasta líneas en relación con el incremento del reciclado de plásticos. También, se tratan otros temas que van mucho más allá de los plásticos de un solo uso y que tienen que ver con los microplásticos —intencionalmente adicionadas a ciertos productos— y las sustancias químicas en plástico.

En suma, a través de las discusiones en la Cámara de Representantes sobre el proyecto de ley de plástico de un solo uso se tiene una idea bastante precisa sobre el rumbo que tomará el articulado de este proyecto de ley. Si este proyecto es finalmente aprobado y reglamentado, abre un espacio de oportunidades para el desarrollo de la industria de los bioempaques de alimentos. En el capítulo V se detallan las políticas públicas y algunos diseños institucionales necesarios para plasmar la normativa legal en un andamiaje institucional que sirva de empuje al sector.

⁴⁴ Comparecencia del Ministerio de Ambiente a la Comisión de Ambiente (Cámara de Representantes). Proyecto de Ley Plásticos de un solo uso. Versión taquigráfica, 7 de noviembre de 2023 (<https://parlamento.gub.uy/documentosyleyes/documentos/versiones-taquigraficas/representantes/49/1616/0/CAR>).

⁴⁵ Ídem.

V. Identificación de oportunidades y restricciones para el desarrollo de una industria de bioempaques para alimentos en Uruguay

Dada la normativa analizada en el capítulo anterior, se abren nuevas puertas para la producción de bioempaques en Uruguay. En este capítulo se plantean las oportunidades de producción de bioempaques para alimentos detectadas (sección A), así como las barreras para hacerlas efectivas (sección B).

Uruguay tiene una ventaja importante que deriva de la posibilidad de producir bioempaques a partir de biomasa nacional. Para ello, un punto de partida ventajoso es la cantidad de residuos generados por las cadenas agroindustriales ya existentes en el país, con capacidades productivas confirmadas y logística territorial establecida (subsección 1 de la sección A). No obstante, como se mencionó en el capítulo II, para que esto sea una oportunidad efectiva, la investigación científica nacional sobre la transformación de esos residuos en polímeros ha de desarrollarse de forma significativa. Esto, sin duda, es una barrera para el desarrollo de bioempaques en Uruguay.

La subsección 2 de la sección A plantea una primera propuesta para la producción de bioempaques a partir de papel producido de pulpa de celulosa de pino; y, en la subsección 3 se hace una segunda propuesta de empaques a partir de bioplásticos/papeles provenientes del cáñamo industrial de la variedad de la planta *Cannabis sativa*.

Las dos alternativas de producción de bioempaques que se proponen (papel para empaques a partir de residuos forestales de pino y bioplásticos o papel para empaques a partir del cáñamo industrial) tienen la debilidad que son propuestas en un estadio aún de proyecto. La fortaleza de ambas propuestas es que se basan en materias primas ampliamente disponibles en Uruguay y con cadenas productivas armadas y con acumulación local de capacidades productivas. Además, desde el punto de vista bromatológico, los materiales celulósicos o hemicelulósicos de los residuos del pino y del cáñamo industrial son potenciales candidatos de tener mejores velocidades para integrar las listas positivas de la normativa de empaques en contacto con alimentos porque son cadenas compatibles con matrices alimentarias.

La ventaja de la primera propuesta (residuos forestales) es que se integra en la necesidad de tener una estrategia de diversificación productiva para valorizar el pino. Esto parece encontrar un consenso cada vez más firme a nivel nacional⁴⁶. La ventaja de la segunda propuesta (cáñamo) son las capacidades institucionales de Uruguay de regulación del cannabis y que hay empresas dispuestas a invertir en este tipo de proyecto de industrialización del cáñamo y organismos estatales, tanto a nivel nacional como departamental, dispuestos a apoyar estos esfuerzos.

Finalmente, si el Proyecto de ley sobre plásticos de un solo uso en estudio en el parlamento es finalmente aprobado, ambas alternativas podrían basarse en esta legislación.

Estas propuestas tienen, como ya se mencionó, barreras importantes para ser efectivas, las que se retoman en la sección B.

A. Oportunidades de producción de bioempaques para alimentos en Uruguay

1. Capacidades de producción de materias primas de descarte para su valorización

Una oportunidad cierta de Uruguay para producir bioempaques es la disponibilidad de materia prima generada por los residuos de las actividades agropecuarias y de la silvicultura. Uruguay posee cadenas productivas agroindustriales bien organizadas como la sucroalcoholera, la frigorífica; la arrocería, la agrícola, y la forestal. Una estrategia de desarrollo en este contexto incluye la valorización de estos recursos para producción de bioproductos como los empaques.

La Facultad de Ingeniería (FING) de la Universidad de la República (Udelar) (Gutiérrez et al., 2017; Torres et al., 2019) realizó una investigación para analizar las oportunidades de valorización del recurso biomasa y los residuos de su explotación para obtener productos de mayor valor agregado. Entendieron aquí por biomasa toda materia orgánica de origen animal o vegetal susceptible de ser valorizada.

La FING evaluó el stock de biomasa uruguaya; identificó su distribución geográfica; su disponibilidad y tasa de generación; sistematizó el destino actual de los residuos generados, y estimó su composición química. A modo de ejemplo, se identificaron los rastrojos de soja como los producidos en mayor cantidad (6E6 ton/año), los residuos sólidos urbanos y el suero de leche como los producidos de forma geográficamente concentrada y los residuos de frigoríficos como ricos en fuentes de proteínas (posible materia prima de productos de muy alto valor agregado). También se analizan estos residuos en función de la organización productiva y comercial de cada grupo de actividades que los generan (Industria Sucroalcoholera; Industria Frigorífica; Industria Arrocería; Residuos Sólidos Urbanos; Cultivos agrícolas; Aserraderos, Silvicultura). Además, se identificó la ubicación geográfica de los sitios de generación y se elaboraron mapas cuantitativos (Helal et al., 2019).

Helal et al. (2019) seleccionaron dos materias primas para analizar su potencial de valorización:

- Suero: Puede ser utilizado como precursor de químicos en procesos biotecnológicos (fermentación) con o sin recuperación previa de proteínas; actualmente se produce en cantidades muy grandes y tiene costos de eliminación. Existe un claro líder de mercado en términos de producción de leche y productos derivados de la leche en el país, por lo que su producción está concentrada tanto geográficamente como en propiedad. Se seleccionó el

⁴⁶ Por ejemplo, el 27 de octubre 2023 se desarrolló una jornada para promover el estado actual y futuro de las industrias de transformación mecánica de maderas. Organizado por la Academia Nacional de Ingeniería del Uruguay (ANIU), el Centro Tecnológico Forestal Maderero, el INIA y el Centre Universitario de Tacuarembó <https://aniu.org.uy/novedades/industrias-de-transformacion-mecanica-de-maderas/>.

suero de queso, o sus corrientes derivadas, tanto de tambos queseros como de procesamiento industrial. Se considera su interés por su alta tasa de generación, contenido valioso en cuanto a proteínas y lactosa. El destino actual para el suero de queso depende de la escala de producción y equipamiento disponible. La solución para la disposición del suero de queso generado a nivel de quesería artesanal es derivarlo como alimento animal. En el caso de la quesería industrial, algunos establecimientos separan la grasa y proteína del suero para su venta como alimento en seco. El resto de la corriente es derivada al tratamiento de aguas residuales o eventualmente a alimento animal. Se considera todo el suero de queso obtenido, que potencialmente puede constituir una fuente para la producción de productos de mayor valor a partir de él, incluyendo el que actualmente se deriva a consumo animal. La estimación con base a la producción del año 2016 es de 530.000 m³ anuales de suero, que se estiman en 31200 ton en base seca/año.

- Lignocelulósica: Este tipo de biomasa se produce a partir de diferentes fuentes, que combinadas dan como resultado ~4.500 kTon/año sólo considerando las cantidades disponibles. Algunos de los residuos se generan en una cantidad que puede justificar una biorrefinería por sí mismos (por ejemplo, residuos de la cosecha de soja); Otra opción que debería considerarse es una biorrefinería más flexible que pueda procesar varios residuos de LG. Los residuos están en este caso distribuidos, tanto geográficamente como en propiedad.

El ácido láctico (LA) y el PLA fueron elegidos los primeros candidatos para su valorización. El LA se puede obtener fácilmente mediante la fermentación de suero, lactosa o biomasa lignocelulósica, y se vincula con las industrias láctea, agrícola y forestal. El PLA podría usarse para sustituir algunos de los polímeros que el país importa actualmente en cantidades muy grandes y, aunque no hay evidencia de experiencia local previa en la producción de este (o cualquier otro) polímero, ni en la academia, ni en la industria, se decidió incluirlo en el estudio ya que podría vincular la cadena anterior de LA con las industrias locales de procesamiento de polímeros. (Helal et al., 2019).

En suma, el grupo de investigación de la FING (Helal et al., 2019) exploró la ruta biomasa-ácido láctico-ácido poliláctico en el contexto de la definición de vías para el desarrollo de una industria basada en biomasa en Uruguay. El principal hallazgo es que Uruguay presenta ventajas competitivas para producir LA y el producto de su polimerización, PLA a partir de dos materias primas locales (residuos lignocelulósicos de origen agrícola y forestal y suero).

2. Empaques de papel a partir de pulpa de celulosa de pino

Como se señaló anteriormente, se coincide en que la tendencia de empaques para alimentos se orienta a la producción de envases de papel y cartón de base monomaterial, ya que la huella del ciclo de vida del producto se optimiza. Por ello la demanda de este tipo de empaque seguramente crezca. Por esta razón, es alentadora la propuesta de producción local de empaques de papel a partir de celulosa de pino. En el diagrama 8 de la sección anterior se observa la disponibilidad de la materia prima de pino (en color verde, los residuos de árboles talados para madera y, en color negro, los residuos de aserraderos).

Las tres plantas de celulosa de Uruguay producen pulpa a partir de la especie de eucalipto que es de fibra corta. El papel y cartón para envoltorio de alimentos se hace a partir de fibra larga, como el pino. Los expertos consultados para este trabajo estiman que las empresas de pulpa instaladas en Uruguay no tendrían interés en producir papel y cartón en Uruguay, pese a que tanto UPM como Stora Enso tienen productos para empaquetamiento de papel fabricados en Finlandia y en China.

Una alternativa de producción local de papel para empaques a partir de pino se basa en los trabajos de investigación y técnicos llevados adelante hace varios años por el grupo de Ingeniería de Procesos Forestales del Instituto Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República⁴⁷.

Según los trabajos de este grupo de expertos, en función de las exploraciones que realizaron, existe una alternativa de producción en Uruguay (con inversores provenientes de EE. UU detectados, entre otros) de este tipo de pulpa para papel a través de la instalación de una planta de pino para fabricar celulosa ubicada cerca de Tacuarembó para aprovechar la cercanía de la materia prima y el transporte del próximo tren central que empezará a funcionar en 2024. Se evaluó que es económicamente rentable la instalación de una planta (pequeña con relación a las de pulpa ya instaladas) de papel de embalaje, que produzca 330.000 toneladas anuales de pulpa de celulosa marrón a partir de madera de pino con el método Kraft. La pulpa es marrón, es decir no está blanqueada para evitar todos los problemas ambientales que provienen del blanqueado de la pulpa.

Esta alternativa de producción local de pulpa para papel de embalaje mediante el proceso Kraft desarrollada por el grupo de Ingeniería de Procesos Forestales (FING) permitiría valorizar los desechos de la industria forestal, así como la madera de pino exportada en forma bruta. Además, existe actualmente una parte de la producción de madera de pino que no tiene destino comercial. Sólo se emplea una pequeña fracción (turno final), para la producción de madera aserrada y productos de ingeniería de madera, como láminas de contrachapado con bajo valor agregado (Dieste et. al., 2018; Costa et al., 2019; Palombo, 2021).

El papel Kraft protege y resguarda todo tipo de alimentos. Su proceso de fabricación hace que sea un papel 100% renovable, reciclable y biodegradable, porque se descompone con facilidad. El papel Kraft es más fuerte y resistente que el papel blanco convencional. Esto es debido a su baja cantidad de lignina y a que no se le aplica el proceso de blanqueamiento, que hace que disminuya su resistencia y, además, aumenten los costes de fabricación.

Las bolsas de papel "de supermercado" (usuales en Canadá y Estados Unidos, entre otros) se producen generalmente con papeles marrones Kraft. La pulpa celulósica B. 11. 110 Kraft es la más resistente y dentro de las pulpas químicas es la más amigable con el ambiente. Su materia prima es generalmente madera de coníferas (pinos o abetos, dependiendo de la región). Hay informes que indican que, en ciertos casos (falte de aire o humedad adecuados), el papel tarda mucho tiempo en degradarse. La realidad es que, bajo toda circunstancia, el papel tarda muchísimo menos en degradarse que el plástico. Dependiendo de las condiciones en que se deposita en un relleno sanitario, el tiempo de degradación puede ser de hasta un año. Sin embargo, en condiciones de compostaje se degrada como máximo en 3 meses. Por el contrario, el plástico puede tardar siglos en degradarse (Area et al., 2021).

Actualmente en Uruguay no se cuenta con producción de papel embalaje para venta al mercado. Si bien hay producción de cartón, las empresas productoras utilizan liner importado o papel reciclado nacional o importado como materia prima. De este modo, para abastecer el mercado nacional de papel de embalaje, actualmente es necesaria la importación, ya sea para utilizar como materia prima en procesos productivos o por consumidor final.

Según el trabajo del grupo de Ingeniería de Procesos Forestales (FING), el análisis de disponibilidad de la materia prima deja al descubierto que la superficie forestada con madera de Pino en el Uruguay es un parámetro que limita la capacidad de producción del presente proyecto. Para aumentar el tamaño de la producción se estudió la posibilidad de mezclar madera de Eucalipto, encontrándose que una relación 80:20 de Pino y Eucalipto respectivamente, mantiene las propiedades del producto deseado. Además, se profundizó el análisis mediante el estudio de los datos de la edad de los cultivos actualmente forestados de Pino.

⁴⁷ <https://www.fing.edu.uy/es/iiq/grupos/ipf>.

Utilizando herramientas de simulación, (Costa et al., 2019). se concluye que una producción anual de 330 mil toneladas de pulpa en base seca (345 mil toneladas de papel) sería sustentable en el período de análisis del proyecto (10 años). Para mantener la capacidad de producción en el futuro se recomienda el aumento de la superficie forestada de pino, aproximadamente en unas 40 mil ha.

En cuanto a la demanda del papel Kraft, en base a los datos analizados por el estudio, teniendo en cuenta el factor distancia y la diferencia entre lo importado y producido en los países de la región es que se espera como principales compradores a Argentina en primer lugar, seguido de Brasil. Además, se pretende cubrir completamente el mercado nacional teniendo en cuenta que actualmente no se comercializa papel de embalaje de origen uruguayo.

En Palombo (2021) se hace foco en analizar condiciones de cocción y las propiedades mecánicas de la pulpa marrón, como principal insumo para la producción de papel de embalaje, a partir de madera de pino uruguayo. El trabajo experimental demuestra que es posible producir pulpa Kraft marrón (valor de número kappa 80) a partir de las tres materias primas mencionadas. Los chips subproducto de aserradero y la madera de raleo requieren las mismas condiciones de pulpeo (carga de álcali 14 % como Na₂O y factor H 1.260) mientras que la madera de turno final requiere condiciones más leves (carga de álcali 14 % como Na₂O y factor H 1.080). Al comparar las muestras de pulpa obtenidas experimentalmente con muestras comerciales, se observa que presentan propiedades papeleras similares. Los grados de refinado utilizados (expresados como revoluciones del PFI) permitieron obtener valores de índice de resistencia a la tracción e índice de resistencia al desgarro en las hojas producidas con pulpas experimentales, comparables con valores de las hojas comerciales.

El grupo de la facultad de ingeniería no hizo cálculos para la fábrica de papel, pero en la entrevista realizada consideraron factible que esta pequeña planta produzca para otra planta de papel in situ (también existen las empresas de bioempaques de papel y cartón mencionadas anteriormente). La única restricción siendo el consumo de energía de la fábrica de papel, lo que podría resolverse con la utilización del licor negro residuo de la producción de celulosa (como ya hacen las multinacionales en las plantas de celulosa de eucaliptus). Existen posibilidades de encontrar socios en Argentina para esta fábrica de papel, dado que en la provincia de Misiones hay varias empresas que producen papel Kraft marrón a partir de madera de pino.

3. Empaques a partir de bioplásticos/papeles provenientes de cáñamo industrial

El cáñamo tiene un bajo contenido de THC y se utiliza para la producción de papel, textiles, bioplásticos, alimentos y productos de cuidado personal. El cáñamo también se utiliza en la construcción como aislante acústico y térmico. El uso industrial del cáñamo es legal en muchos países y se está convirtiendo en una alternativa más sostenible para muchos productos convencionales.

El plástico de cáñamo es un sustituto potencial de muchos plásticos petroquímicos, ligero, duradero y biodegradable, cuya producción es mucho menos dañina para el medio ambiente. Sin embargo, en realidad el plástico de cáñamo no es una novedad dentro del abanico de aplicaciones del cáñamo industrial. Los primeros plásticos ya utilizaban el cáñamo como componente por sus altos niveles de celulosa, la sustancia de que están hechas las paredes de las células vegetales. Este tipo de plásticos son ahora conocidos como 'bioplásticos' para distinguirlos de aquellos derivados de materiales basados en productos petroquímicos.

Una vez que las fibras han sido retiradas de los tallos del cáñamo, los restos son un 77% celulosa, lo cual convierte al cáñamo en uno de los cultivos más eficientes para la fabricación de plásticos biodegradables vegetales. La madera sólo contiene entre un 40% y 50% de celulosa. En el algodón, el contenido es de hasta un 90%, pero no puede competir con el cáñamo industrial en términos de cantidad cosechada por metro cuadrado, rapidez de crecimiento y sostenibilidad medioambiental del cultivo.

En los últimos años, el plástico de cáñamo ha experimentado una recuperación que sigue ganando impulso. Uruguay se posiciona en esta producción más allá de la viabilidad, rendimiento y rentabilidad del cultivo, dado que existe una ventaja competitiva inicial dada por el marco legal uruguayo. La competencia a nivel mundial estaría limitada a los países que habilitan dicho cultivo. En este sentido, Uruguay presenta ventajas competitivas en la región, aunque poco a poco se están habilitando en otros países (por ejemplo, recientemente Argentina).

El cultivo de cáñamo tiene características para ser candidato como materia prima nacional del desarrollo de bioempaques en Uruguay. Hay disponibilidad de materia prima, existe una cadena de producción armada y existen capacidades productivas. También hay posibilidades de integrar cambios en la normativa bromatológica o, incluso ya existe la normativa. Por último, existen capacidades en la investigación, por lo que es posible crear alianzas academia-empresa (existen los/las jugadores de ambas áreas).

Las reglamentaciones aprobadas en Uruguay juegan como atractivo u oportunidad para empresas que quieran asegurar o incrementar su producción en contra estación o empresas innovadoras que quieran iniciarse en el negocio, procesar el cáñamo y producir aceite, alimentos para humanos y animales, grano (pelado y tostado), textiles, productos de cuidado personal o bioplásticos. La versatilidad del cáñamo le otorga oportunidades comerciales, productivas y tecnológicas (Rava, 2015).

Uruguay cuenta con un marco legal apropiado para industrializar el cáñamo. El cáñamo con fines industriales fue regulado mediante el Decreto N°372/014, que estableció que el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) era el responsable de autorizar las actividades vinculadas al cáñamo y otorgar las licencias correspondientes. El Instituto Nacional de Semillas (INASE) hace el Registro de semillas y cultivares.

Por otro lado, hay un claro interés desde el gobierno (tanto nacional como departamental) en apoyar el fomento de este sector. Por ejemplo, el MGAP, a través de las Direcciones de Desarrollo Rural y Servicios Agrícolas, organizó en mayo 2023 una reunión con representantes de las industrias que elaboran productos a partir de la planta de cáñamo, y a los productores que la cultivan. En la reunión se hizo una puesta a punto de la situación de la producción y posibilidades de nichos productivos y de subproductos, y proyecciones de oportunidades comerciales (MGAP, 2023). También la Intendencia de Canelones organizó el cuarto encuentro de productores de cáñamo de Canelones en octubre 2023 y apoya fuertemente al sector.

A la fecha hay 58 empresas autorizadas por el MGAP que se dedican al cultivo de cannabis no psicoactivo. Éstas abarcan un área total de 231 hectáreas al aire libre. Además, cuentan con instalaciones de cultivo cubiertos que suman 83,000 m². Se estima que el rendimiento promedio en los cultivos bajo invernadero oscila entre 500 y 1,000 kilogramos por hectárea. (UyXXI, 2023).

Los cultivos de cannabis están distribuidos en varias zonas del país y abarcan un total de 14 de los 19 departamentos, pero con una clara concentración en el sur y litoral. Canelones concentra el 30% de las firmas de cultivo de cáñamo, con un total de 18 empresas instaladas, siendo además el departamento con mayor área de cultivo a cielo abierto e invernáculo. Maldonado, por su parte, cuenta con el 20% de las empresas, el 17% de las hectáreas a cielo abierto y el 20% de los cultivos en invernáculo. Asimismo, es importante mencionar que Montevideo, a pesar de contar solamente con dos empresas, es el segundo departamento con mayor área de invernadero, con un total de 186 hectáreas. Tanto Paysandú como Durazno se caracterizan por tener pocas empresas, pero concentran grandes extensiones de cultivo para grano. (UyXXI, 2023).

La mayoría (61%) de las hectáreas a cielo abierto cultivadas con cáñamo en Uruguay se dedica a cáñamo industrial. El cultivo de cáñamo industrial puede enfocarse en la obtención de fibra, grano o tener una doble finalidad. La elección de las variedades y el momento de la cosecha son factores clave

para optimizar los resultados en cada caso. Hasta el momento, no se han desarrollado en Uruguay proyectos de industrialización de grano de cáñamo. Solo se registró una solicitud al MGAP. En 2019 este ministerio emitió un decreto que reconoció al grano de cáñamo como un insumo alimentario. Otros usos de la planta están vinculados al uso industrial. (UyXXI, 2023).

Un primer desafío que enfrenta el cultivo de cáñamo es la curva de aprendizaje, dado que la prohibición implicó una falta generalizada de instrucción, tanto sobre las artes del cultivo como sobre investigación previa que permita determinar con precisión las fechas de siembra y otras prácticas de manejo del cultivo, sobre el que básicamente se va aprendiendo a medida que avanzan los proyectos. Como resultado del I+D local, hay actualmente en el INASE diez variedades de cannabis sativa uruguayas, de las cuales seis son de cáñamo y cuatro de cannabis psicoactivo. Sin embargo, hasta el momento las variedades importadas son más numerosas, al tiempo que se investiga para desarrollar genéticas propias (UyXXI, 2023).

Por otro lado, la exportación de fibra de cáñamo en bruto no resulta rentable debido a su bajo valor y volumen significativo. Por lo tanto, la viabilidad de la cadena de la fibra de cáñamo radica en su industrialización a nivel local, ya sea para su uso en la industria textil, en la construcción o en los empaques.

En la actualidad existen unas pocas empresas que producen cáñamo, lo industrializan y están realizando proyectos de investigación en conjunto o con la academia sobre nuevos productos. Por ejemplo, la empresa GOLAND tiene un acuerdo con SIMPLA solutions. Presentaron un proyecto a la ANII junto a Latitud (Fundación LATU) para investigar sobre la producción de nuevos productos a partir del cáñamo.

Otra empresa, Industrial Hemp Solutions (IHS), es argentina y se dedica a desarrollar soluciones industriales de alto valor agregado a base de cáñamo (tiene cultivos propios en Uruguay y en Argentina). También esta empresa trabaja en una investigación con Latitud que busca evaluar técnica y económicamente la posibilidad de producir bioetanol de segunda generación a partir de una fracción de la biomasa de cáñamo en las instalaciones industriales actuales de la empresa ALUR (grupo ANCAP) en Bella Unión. El proyecto incluye una etapa de evaluación agrícola en Bella Unión, pruebas piloto en LATU/Latitud de pretratamiento e hidrólisis enzimática de la biomasa preseleccionada y un estudio de prefactibilidad de la posibilidad real a escala industrial de producir este nuevo producto en las instalaciones de ALUR.

LANDOPP, otra empresa, propone una alternativa a la producción de productos plastificables, ofreciendo una solución a los productores que utilizan material orgánico, recolectando el desecho y evitando la emisión de gases de efecto invernadero. Desarrollan materias primas alternativas al plástico. Utilizan el residuo del cáñamo y lo convierten en biopolímero. También está trabajando con Latitud para perfeccionar su producto y pasar las pruebas técnicas en el laboratorio de CTPIAs en el LATU.

Para producir alimentos a base de grano de cáñamo, se requiere de habilitación por la unidad de bromatología de cada departamento donde está radicada la planta. En tal sentido, actualmente la Intendencia de Canelones es la única que habilitó a empresas para producir a partir de grano de cáñamo. Esta situación indica que la industrialización del grano de cáñamo en Uruguay aún se encuentra en una etapa incipiente y limitada a esta intendencia. A la fecha hay dos empresas con autorización para industrializar el cáñamo: Goland S.A. habilitada para industrializar grano para obtener aceite, harinas y proteína para consumo humano; y, Verdetech S.A. habilitada a industrializar flores de cáñamo para extracción de cannabinoides. (UyXXI, 2023).

B. Identificación de las barreras que deberán superarse para el escalamiento de las iniciativas de producción de bioempaques

La principal oportunidad para la producción de bioempaques en Uruguay, como se analizó en el capítulo anterior, deriva de la normativa creada por la política ambiental. Al mismo tiempo, esta es la principal barrera dado que la temática es sumamente nueva, aún en los países más desarrollados, y la normativa tiene que avanzar con suma cautela siguiendo los pasos de los hallazgos de la investigación científica y de su implementación técnica.

A esa primera dificultad, ligada a cómo la normativa debe ir evolucionando para ir recogiendo los hallazgos técnicos en una temática sumamente nueva y dinámica del impacto ambiental de los envases posconsumo, se suma la enorme complejidad para controlar que los empaques autorizados cumplan la normativa. Una segunda barrera es entonces la capacidad del Estado para hacer cumplir las reglamentaciones. El caso de la implementación de la ley de bolsas descrito en la sección B del capítulo IV es ilustrativo de cómo un control débil por parte del Estado impacta negativamente sobre el desarrollo de un sector productivo innovador.

Una tercera barrera relacionada a la normativa, o más bien a su implementación, es que aún se sigue teniendo un enfoque parcial de política ambiental ceñida a los impactos ambientales, sin tener una prioridad sobre su repercusión en el desarrollo productivo local. Como se vio, para los decisores de la política ambiental en Uruguay, la solución a un problema -en este caso el problema es el impacto ambiental de los residuos plásticos de un envase para alimentos- es indistinto que provenga a través de la importación o de la producción nacional, siempre que resuelva correctamente el problema. Si bien es central encontrar una solución que resuelva el problema, una política ambiental más amplia e integral debería poder incluir una planificación de mediano y largo plazo para la construcción de capacidades nacionales para responder a ese problema, incluyendo la investigación, educación, innovación y producción.

Tampoco a nivel de las otras políticas, las productivas (MGAP, MIEM) e innovativas (ANII, Agencia Nacional de Desarrollo-ANDE) se tiene un enfoque integral. Si bien las empresas del sector de bioempaques han utilizado los fondos de la ANII y del MIEM para hacer proyectos y también las empresas de cáñamo industrial y residuos de pino (sumado en este último caso al apoyo del MGAP), sigue sin haber un diseño e implementación articulado de los instrumentos de políticas con un objetivo común. Esto hace que las empresas de estos sectores emergentes se sientan muy desprotegidas, dado que son cadenas productivas que aún no están completamente consolidadas en el país. Muchas veces al mismo tiempo que generan sus propias capacidades productivas, tienen que ir generando el entramado empresarial e institucional para poder operar. Como se verá en el capítulo siguiente, es necesario diseñar una política con un enfoque orientado por una misión (Mazzucato, 2022). En este caso, la misión sería la solución al problema que causan los residuos del plástico para la cual se integran las diferentes políticas, no solamente las ambientales, sino también las productivas e innovativas y las sociales y educativas.

Una cuarta barrera está ligada a ese camino en solitario, sin economías de escala, ni de localización, que debe recorrer una empresa de bioempaques en Uruguay. La única manera de salir de esta soledad es buscando alianzas con otras empresas para lograr escala, algo que las empresas de cannabis y cáñamo están intentando hacer, incluso fuera del país. Esto no es el comportamiento promedio empresarial uruguayo en el que ha predominado históricamente aversión hacia el asociativismo, una de las razones por las cuales las políticas productivas de fomento a la conformación de clúster o conglomerado no fueron exitosas.

Aunque Uruguay cuenta con investigadores de alto nivel y con masa crítica y acumulación en diversos campos relacionados con los alimentos, su contribución al ámbito de los bioempaques ha sido limitada. Esta quinta barrera de débiles capacidades de investigación en bioempaques para alimentos es central si se quiere generar un sector de bioempaques que sustituya las importaciones de materia prima. De las dos propuestas formuladas en la sección anterior, la conversión de la materia prima nacional de residuo de pino en pulpa de celulosa para producir papel Kraft ha sido probada en el laboratorio del Instituto de Ingeniería Química de Procesos Forestales (Palombo, 2021). La materia prima nacional del cáñamo industrial no ha sido aún probada para su conversión en papel de empaque o bioplástico, pero las pruebas que están haciendo las empresas con Latitud/LATU las acerca a estos posibles usos.

Una sexta barrera está ligada a las rigideces de las normativas bromatológicas. Como se vio en el capítulo III, el camino de introducción de nuevos materiales para integrar un empaque para alimentos es complejo, aunque tiene procedimientos bien establecidos y con plazos previsibles.

VI. Conclusiones y recomendaciones

El imperativo de buscar soluciones al envasado de alimentos en plástico de origen fósil que se produce y consume de manera insostenible es uno de los focos más importantes de las políticas ambientales actuales a nivel mundial y en muchos países. Como se vio a lo largo de los capítulos precedentes, Uruguay no es ajeno a este accionar mundial. No obstante, las soluciones ambientales de ese tipo no son unidimensionales. Cada vez más, se busca un enfoque integral, es decir que combine lo ambiental con lo productivo y lo social.

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) sostiene que el único futuro posible para el desarrollo de América Latina y el Caribe (ALC) es a través de un “gran impulso para la sostenibilidad”. Este gran impulso implica combinar políticas sociales y ambientales que, de la mano de las políticas económicas, tecnológicas, y de desarrollo productivo, puedan relanzar un nuevo proyecto de desarrollo para ALC, en que el componente redistributivo tiene un peso clave. La idea es elevar sustancialmente la tasa de inversión productiva en las economías latinoamericanas y caribeñas, redireccionando la inversión hacia la productividad, el cuidado ambiental, el empleo y la inclusión social. (CEPAL, 2020).

La bioeconomía se ha posicionado durante la última década como un marco de referencia para el diseño e implementación de políticas coherentes con el objetivo de transitar hacia formas de producción y consumos sostenibles, en las que se minimizan o eliminan la generación de desechos y el uso de combustibles y recursos de origen fósil. La bioeconomía busca reducir la dependencia de los recursos fósiles y promueve la producción y utilización intensiva del conocimiento que se tiene de los recursos, procesos y principios biológicos, para el suministro sostenible de bienes y servicios en todos los sectores de la economía (bioenergía, agrícola y bioinsumos, alimentos, fibras, productos para la salud, productos industriales y bioplásticos).

En suma, la bioeconomía ofrece “un sentido de dirección” y un conjunto de políticas públicas claras, coherentes y continuadas para lograr una trayectoria de innovaciones que conducen a ese nuevo estilo de desarrollo. Las recomendaciones de política de este documento siguen los planteos de los párrafos anteriores, en el sentido de adoptar un abordaje integral de un problema ambiental y dentro

del marco de la bioeconomía. Se utiliza un enfoque de política orientada por misión (Mazzucato, 2022) para enfatizar la idea de articulación entre las políticas sectoriales, que pasan de centrarse en sectores concretos a abordar desafíos, como este del impacto ambiental de los plásticos de un solo uso.

La estrategia para prevenir y reducir los impactos ambientales negativos de los envases de plástico de un solo uso tiene, como ya se planteó, tres componentes: un 1er componente de reducción o eliminación de los envases de plástico de un solo uso; un 2do componente de fomento al reciclaje/reutilización del envase de plástico y, un 3er componente, de fomento a envases de materiales alternativos al plástico. Las recomendaciones de política de este capítulo tratan sobre este tercer componente.

El capítulo se organiza en función de las barreras detectadas en el capítulo anterior para el desarrollo del sector de bioempaques para alimentos en Uruguay. En primer lugar, se abordan las tres primeras barreras para plantear la necesidad de diseñar políticas ambientales con un enfoque integral (sección A). Luego, se tratan las otras tres barreras. En la sección B se plantean las políticas de desarrollo productivo para la creación de un sector de bioempaques y, en la sección C las de Investigación y Desarrollo (I+D). Finalmente, en la sección C se analizan las políticas para incorporar normativa bromatológica para bioempaques para alimentos.

A. La necesidad de una política ambiental con enfoque integral

Como se mencionó en el capítulo IV, al mismo tiempo que en el marco de la ONU se negocia el tratado internacional jurídicamente vinculante para luchar contra la contaminación de los plásticos (INC), Uruguay está estudiando un proyecto de ley para prohibir el uso de plástico de un solo uso. Por el contenido de las discusiones, seguramente el camino de Uruguay sea un proceso de prohibición o restricción de uso gradual que tenga en cuenta un análisis de funcionalidad, factibilidad de sustitución e impacto ambiental. Por ello, si bien, como se planteó, esta nueva ley y su reglamentación representa una oportunidad de desarrollo para el bioenvase para alimentos, también es un desafío cómo se implementará la ley y qué tipo de gobernanza utilizará para lograr sus objetivos. Es decir, que para el futuro del sector productivo de bioenvase es central cómo funciona (o funcionará) la gobernanza técnica para autorizar el nuevo material, tanto desde el punto de vista ambiental como bromatológico, como también la del control del cumplimiento de la ley.

La gobernanza existente de la normativa bromatológica ya fue analizada en el capítulo III y en la sección D de este capítulo se realizan algunas recomendaciones para optimizar su utilización en este caso de bioempaques para alimentos.

Dado que la ley no se aprobó aún, se puede decir que en principio le competirá al MA coordinar los estudios de evaluación necesarios para tomar las decisiones sobre sustituciones o prohibiciones, incluyendo el estudio de alternativas de menor impacto ambiental. No obstante, algunos entrevistados sugieren que una gobernanza institucional técnica para autorizar un nuevo material desde el punto de vista ambiental podría asemejarse o tomar como modelo el que existe para la Regulación y gestión de la bioseguridad de Vegetales Genéticamente Modificados en Uruguay (OVGMs)⁴⁸.

En ese caso hay un Gabinete Nacional de Bioseguridad (integrado por 4 ministerios incluido el MA y el MGAP lo preside) que autoriza el ingreso de nuevos OVGMs y define la política nacional en bioseguridad de vegetales y sus partes genéticamente modificadas. Y, también hay brazos asesores y ejecutores que constituyen la Comisión para la Gestión del Riesgo, la Evaluación de Riesgo en Bioseguridad, el Comité de Articulación Interinstitucional y el aporte de expertos técnicos conformados

⁴⁸ <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/publicaciones/informaciongeneralorganizacionenbioseguridaduruguay2012.pdf>.

en grupos Ad hoc en diferentes temáticas. Finalmente existe un comité consultivo en bioseguridad que es una instancia de participación del sector público, privado y la sociedad civil, de carácter no vinculante para la colaboración en la construcción y seguimiento de políticas de vegetales genéticamente modificados.

Este modelo de gobernanza transversal de una política ambiental se apoya en ese enfoque de política orientada por misión (Mazzucato, 2022) mencionado anteriormente en el que el centro es el problema para resolver que se nutre de diferentes miradas sectoriales y su ejecución implica una fuerte articulación interinstitucional.

En cuanto a la gobernanza institucional para hacer cumplir la reglamentación de la ley, si bien ésta le compete al MA, la recomendación de este trabajo es que, además de las alianzas con la Dirección Nacional de Aduanas y la Dirección Nacional Impositiva, y las inspecciones del personal del MA in situ, se amplie el sistema a través de una mayor articulación entre los diferentes niveles de gobierno, nacional, departamental y local. El nivel local, a través de las alcaldías, es un instrumento muy poderoso de llegada a los territorios, que puede implicar control y también concientización. Otro elemento esencial es la participación ciudadana, tanto a través de la vigilancia ambiental (el MA afirma que el sistema de denuncia ciudadana en el caso de bolsas de plástico funciona mal), como el de la educación.

La tercera barrera detectada en el capítulo V, está relacionada con un enfoque parcial de política ambiental ceñida a los impactos ambientales, sin tener una prioridad sobre su repercusión en el desarrollo productivo local. Una política ambiental más amplia e integral debería poder incluir una planificación de mediano y largo plazo para la construcción de capacidades nacionales para responder a ese problema, incluyendo la investigación, educación, innovación y producción.

El caso de "Rafaela más Sustentable" en Santa Fe (Argentina) (Costamagna et al., 2017) debe analizarse con detenimiento dado que allí puede encontrarse una política de fomento a la producción y consumo del bioempaque con este enfoque integral que se propone. "Rafaela Más Sustentable" es una política de desarrollo territorial y de articulación público-privada, con un claro liderazgo desde el Estado (en este caso provincial).

Desde su impronta inicial, el enfoque de la política se basó en la premisa de que las políticas y estrategias ambientales no deben ser exclusivas de un área o un sector, sino que deben articularse y abordarse de manera conjunta. En la práctica misma, los procesos que se llevan a cabo involucran una cantidad de dimensiones que requieren el trabajo mancomunado. Por ello, la discusión sobre la transversalidad ha sido y es un tema importante, y en algunos casos un obstáculo para el desarrollo de las acciones concretas. (Costamagna et al., 2017).

La idea de la transversalidad significa un esfuerzo tanto en lo teórico como en lo técnico, porque un tema como la industrialización de residuos, por ejemplo, implica un trabajo mancomunado y articulado entre sectores privados y públicos; también tiene un componente ciudadano, porque la materia prima tiene diversidad de orígenes: es el sector agropecuario, el industrial, pero también es generadora la familia y el mismo municipio. Entonces los «generadores» son actores con quienes trabajar de manera transversal para encontrar un proceso de cadena de valor. (idem).

B. Políticas de Desarrollo Productivo para el fomento de un sector de bioempaques

Las Políticas de Desarrollo Productivo (PDP) pueden ser un instrumento para enfrentar esa cuarta barrera ligada al camino en solitario, sin economías de escala, ni de localización, que debe recorrer una empresa de bioempaques en Uruguay.

Hay PDP vigentes en Uruguay relacionadas con la bioeconomía y que pueden servir de promoción de la producción de bioempaques. Las políticas públicas de transformación productiva abarcan un espectro de áreas que se extiende desde los subsidios hasta los proyectos de innovación, la apertura de agencias de fomento de las exportaciones y la inversión, la creación de incubadoras de nuevas empresas, los clústeres de desarrollo productivo, los programas de formación o la atracción de tecnologías y las empresas especializadas en sectores muy concretos.

Dentro de las PDPs horizontales se incluyen los regímenes de exoneración fiscal, los de fomento a la Investigación y Desarrollo e Innovación (I+D+i), los de Fomento a la Economía Verde y Circular y Fomento a exportaciones y atracción de inversiones. Dentro de las PDPs verticales se incluyen las que implementa el MGAP, el MIEM, el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (MTSS), el Ministerio de Turismo (MINTUR), la ANII, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), el LATU, las Universidades públicas y privadas, los Institutos de Investigación, las Intendencias Departamentales, el Instituto de Regulación y Control del Cannabis (IRCCA).

Las PDPs de fomento a la biotecnología son a grandes rasgos tres: el régimen especial de apoyo a la biotecnología dentro del régimen general de promoción de inversiones; el apoyo a la creación de centros tecnológicos e incubadoras de empresas biotecnológicas de la ANII; y, el Centro Internacional de Biotecnología para Agro-Alimentos. Existen también programas de incubación y aceleración para startups y emprendedores, enfocadas en los bionegocios, que buscan comercializar tecnologías emergentes. Estos programas ofrecen asesoramiento, financiamiento y apoyo en la etapa inicial del desarrollo tecnológico.

Las empresas de bioempaques detectadas en este trabajo han utilizado muchos de los instrumentos de política mencionados. No obstante, no es suficiente. Son apoyos puntuales sin una idea de creación de un ecosistema de empresas de bioempaques o, más general, de producción de biomateriales.

Los bioempaques que se producen en Uruguay son de material importado de Europa (por ejemplo, el biopolímero ecoflex (PBAT) de BASF, o el bioplástico MATER-BI de Novamont a partir de almidón de maíz y los aceites vegetales), de Asia y también de Brasil (Polietileno (PE) con etileno de la caña de azúcar, PE Verde de Braskem). Esto no solo sucede en Uruguay, también en Argentina, y en otros países. El fomento del desarrollo de biopolímeros a partir de materia prima nacional, como se propone en el capítulo V, es central en la propuesta de este documento. Para ello, desde el MIEM y el MGAP podrían articularse y coordinarse acciones para lograr crear ese entramado productivo que falta en estos nuevos sectores de los biomateriales.

Argentina, por ejemplo, creó una Comisión Nacional Asesora en Biomateriales (Cobiomat) que depende de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca⁴⁹ destinada a brindar asesoramiento técnico y sectorial para promover la producción y consumo de biomateriales generados a partir de materias primas nacionales. La visión es que esta es una gran oportunidad para desarrollar la cadena de valor de los biomateriales, que va desde la investigación y el desarrollo necesarios para el aprovechamiento de la materia prima hasta las herramientas de identificación y promoción del producto ante el consumidor. Pasando también por aspectos importantes como la estrategia de aprovechamiento inteligente de la biomasa e incluso el diseño industrial como herramienta para potenciar el agregado de valor e industrialización.

⁴⁹ <https://www.argentina.gob.ar/agricultura/alimentos-y-bioeconomia/comision-nacional-asesora-en-biomateriales>.

C. Políticas para fomentar la Investigación y Desarrollo (I+D) sobre bioempaques para alimentos

Como se constató en el capítulo II, Uruguay cuenta con investigadores de alto nivel y con masa crítica y acumulación en diversos campos relacionados con los alimentos, pero su contribución al ámbito de los bioempaques ha sido limitada. La quinta barrera detectada son justamente estas débiles capacidades de investigación en bioempaques para alimentos.

Ese punto es central si se quiere generar un sector de bioempaques que sustituya las importaciones de materia prima. Como se mencionó en el capítulo V, las dos propuestas para la producción de bioempaques, han avanzado (una mucho más que la otra) en la investigación sobre las características de la materia prima nacional para ser transformada en materiales para bioempaques.

Por ello es recomendable tener de instrumentos de política que apoyen la investigación centrada en bioempaques. Es necesario destinar recursos y fondos específicos para la investigación científica y tecnológica relacionada con el amplio espectro de campos vinculados a bioempaques desde la producción de materiales de diferentes fuentes biológicas, el estudio de sus propiedades fisicoquímicas, el impacto en el alimento seleccionado, su biodegradabilidad, la sostenibilidad de su fabricación, su percepción por parte del consumidor etc.

En particular, se considera de especial interés impulsar programas de investigación conjunta entre entidades gubernamentales, universidades y empresas privadas para desarrollar tecnologías innovadoras en el campo de los bioempaques. Estos programas podrían remediar los desafíos a los que se enfrentan las empresas que pueden llegar a producir bioempaques.

Además, estos instrumentos incentivarían a grupos de investigación, que hoy no se dedican al área de bioempaques pero que tienen las capacidades en RRHH e infraestructura para hacerlo, a enfocarse en los diferentes aspectos del estudio de materiales biobasados para empaques de alimentos. Sería por tanto una forma rápida de ampliar la masa crítica de investigadores y técnicos que generan conocimiento y tecnología.

También se facilitaría la colaboración entre el sector público y privado mediante alianzas estratégicas, incentivos fiscales y programas de financiamiento conjunto para proyectos de investigación y desarrollo en bioempaques. Asimismo, se debe fomentar la colaboración entre diferentes disciplinas científicas, como la biología, química, ingeniería, diseño y tecnología, para promover el desarrollo integral de soluciones innovadoras en el diseño y producción de bioempaques.

En vínculo con lo anterior, sería deseable facilitar la transferencia de tecnología entre instituciones de investigación y empresas, promoviendo acuerdos de licenciamiento o colaboración para la aplicación práctica de avances científicos en la industria de los bioempaques. Estas oficinas facilitan la comercialización de patentes, la búsqueda de socios comerciales y la transferencia de conocimientos. Para ello, se podría ayudar a los investigadores a proteger sus descubrimientos mediante la obtención de patentes y derechos de propiedad intelectual lo que facilitaría la transferencia al sector privado al garantizar la exclusividad y protección legal de la tecnología desarrollada. También se podría fomentar los ámbitos de intercambio como eventos, ferias y conferencias donde investigadores, empresas y potenciales inversores puedan interactuar, intercambiar ideas y conocer las últimas innovaciones. Estos espacios promueven la transferencia de tecnología al facilitar la conexión entre diferentes actores.

Un aspecto importante que surge de un estudio sobre limitantes para la valorización de la investigación en Uruguay (Vasen, 2020) son los "aspectos culturales y formativos". La falta de instrumentos de financiación y/o el desbalance entre los fondos que se otorgan y las actividades que se pretenden desarrollar es una de las grandes limitantes. La apertura de fondos específicos en el área podría traccionar la investigación y acercar actores que de otra manera permanecerían desconectados.

De hecho, una mayor comunicación y colaboración efectiva entre el sector productivo y el sector académico es otra de las limitantes identificadas en el trabajo de Vasen (2020), para impulsar la innovación de manera más eficaz y que aplica al problema de la falta de investigación e innovación en bioempaques. Se espera, que, alineados con las nuevas tendencias globales, Uruguay continúe avanzando hacia la implementación de materiales más sustentables, biobasados y utilice las capacidades académicas que ya existen en el país. Es importante recalcar, además, que existe una madurez académica y de investigación en Uruguay que permite a grupos de investigación que no se han dedicado hasta ahora al desarrollo de bioempaques, a redireccionarse o ampliarse en sus intereses investigativos para contribuir con conocimiento y desarrollos. Existen, por ejemplo, varios grupos dedicados al estudio de biomateriales que no han sido analizados en este trabajo por no haberse dedicado a la interfase materiales/alimentos.

Además, el desarrollo de programas de formación especializada podría aumentar en el mediano plazo las capacidades en RRHH del país. Desarrollar programas educativos y de formación especializada en ciencia de materiales, ingeniería biomimética, biotecnología y áreas afines, orientados a formar profesionales capacitados para innovar en el campo de los bioempaques.

Un empuje sustancial al desarrollo del conocimiento y por añadidura a la innovación y desarrollo de tecnología en bioempaques sería la facilitación de infraestructura tecnológica. Esto quiere decir, impulsar la creación de laboratorios y centros de investigación especializados en el estudio de materiales biobasados para empaques, facilitando el acceso a equipos y tecnologías de vanguardia para la experimentación y desarrollo de prototipos.

La educación social resultará crucial para sensibilizar y concientizar sobre la importancia y valorización de la ciencia y tecnología como instrumentos para el desarrollo de nuevos bioempaques y el valor de estos de cara a una sociedad sustentable. No se puede menospreciar el poder de los consumidores y como tractores de la matriz productiva. Para fomentar el uso y la aceptación de bioempaques, habrá por tanto que educar en su necesidad y beneficios. Para ello se podrán realizar eventos con actores de diferentes ámbitos (científicos, empresarios, miembros del gobierno) que resulten modelos de rol y favorezcan la percepción positiva de un cambio de paradigma en los empaques alimentarios. Se podrían incluir campañas de concientización en escuelas, universidades y comunidades locales.

Se propone la creación de plataformas de colaboración que reúnan empresas, Universidades, centros de investigación y entidades gubernamentales para compartir conocimientos, recursos y tecnologías en el ámbito de los bioempaques. Estos consorcios crean sinergias y alinean esfuerzos de manera de capitalizar de manera óptima la experiencia y necesidades de su sector para traccionar el avance del conocimiento y tecnologías de acuerdo con las necesidades y recursos del país⁵⁰.

Asimismo, es necesario un vínculo con entidades extranjeras y de la región del Cono Sur (empresas, Universidades, centro de investigación, organismo gubernamental o no gubernamental) que puedan aportar experiencias previas para aprender de oportunidades que puedan ser adaptadas a la realidad de Uruguay y desafíos para anticiparse e intentar evitarlos. Esta retroalimentación puede resultar fundamental para acelerar los procesos de adquisición de nuevos conocimientos y la implementación de nuevas tecnologías de bioempaques. Pero, además, este tipo de ámbito puede asistir a entidades gubernamentales a la hora de proponer, implementar, controlar políticas o regulaciones vinculadas a bioempaques, con una sólida base científico-técnica de manera de minimizar eventuales fracasos.

⁵⁰ Un ejemplo que mencionaron en varias entrevistas es UBATEC en Argentina (<https://www.ubatec.uba.ar>) que es referente en temas de biopolímeros y compostabilidad. UBATEC es una sociedad anónima que tiene por accionistas a la Universidad de Buenos Aires (UBA), el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, la Unión Industrial Argentina y la Confederación General de la Industria. Representa el encuentro entre la Producción, la Comunidad Científica y el Sector Público para producir intercambio del conocimiento científico y tecnológico del ámbito académico con las necesidades de aumento de la competitividad de los sectores productivos.

En vínculo con lo anterior, sería deseable facilitar la transferencia de tecnología entre instituciones de investigación y empresas, promoviendo acuerdos de licenciamiento o colaboración para la aplicación práctica de avances científicos en la industria de los bioempaques. Estas oficinas facilitan la comercialización de patentes, la búsqueda de socios comerciales y la transferencia de conocimientos. Para ello, se podría ayudar a los investigadores a proteger sus descubrimientos mediante la obtención de patentes y derechos de propiedad intelectual lo que facilitaría la transferencia al sector privado al garantizar la exclusividad y protección legal de la tecnología desarrollada. También se podrían fomentar los ámbitos de intercambio como eventos, ferias y conferencias donde investigadores, empresas y potenciales inversores puedan interactuar, intercambiar ideas y conocer las últimas innovaciones. Estos espacios promueven la transferencia de tecnología al facilitar la conexión entre diferentes actores.

D. Políticas para incorporar normativa bromatológica sobre bioempaques para alimentos

En términos generales, la normativa bromatológica no debería ser una barrera (la sexta) para el desarrollo del sector de bioempaques. Sin embargo, sí se necesita un entorno cooperativo entre academia (universidades, institutos de investigación, e incluso investigadores de la diáspora); empresas (cámaras que los nucleen, gremiales y también aquellas con vocación innovadora) y finalmente, es imprescindible el rol activo y de liderazgo de las instituciones públicas de nivel local (ministerios, agencias, etc.) pero también, la participación de los organismos internacionales (FAO, Mercosur, OPS, ONU, etc.).

Por ello es imprescindible generar espacios de discusión y actualización con la mesa del MERCOSUR para mantener viva la colaboración y estar a tiempo de reaccionar a la incorporación de nuevas tecnologías y desarrollo de nuevos materiales. La idea es que esto no sea un espacio de convocatoria puntual, si no, que se convierta en un lugar de referencia con una actividad frecuente que nutra a todos los países de los conocimientos que se generen. Es importante recordar que a nivel de la ONU se está discutiendo el INC, el que involucra a todos los países del MERCOSUR.

El sector privado debería ser fuerza de tracción de la industria porque es quien busca mejorar los resultados tanto productivos como económicos. Se debe alentar la iniciativa en estos espacios y apostar a sus investigaciones y desarrollos.

La elaboración de proyectos piloto basados en materias primas dentro de cadenas de valor que puedan recircular materiales con capacidad de biodegradabilidad son potenciales candidatos para tener mejores velocidades para integrar listas positivas, en particular, las cadenas compatibles con matrices alimentarias, como por ejemplo materiales celulósicos o hemicelulósicos.

Por otra parte, las propias cadenas alimenticias podrían evaluar la viabilidad de utilizar biomateriales de su propio ciclo de producción, siendo esta estrategia una manera de bajar las barreras de contaminación con la matriz alimentaria y las contaminaciones cruzadas.

¿Cómo se acompaña esta tríada de industria/instituciones públicas y academia desde la legislación? Generando espacios de consulta actualizados, confiables y dinámicos. Existen dos vías posibles para incorporar materiales nuevos para uso en envases en contacto con alimentos.

- i) Vía política, a través de una resolución MERCOSUR. Para incorporar nuevos materiales que entren en contacto con alimentos, éstos deben ingresar a la lista "positiva de aditivos" del RBN si es que este es incorporado como un aditivo al material de envase. De ser así, podría llegar a quedar vigencia en todo Mercosur y luego se integrarse al RBN. Si el material a legislar no tiene antecedentes de su viabilidad como uso en alimentos por otros organismos de contralor

internacional, se deben realizar los análisis pertinentes para verificar que el material no migre ningún componente a la matriz alimentaria en diferentes condiciones de conservación medioambientales.

- ii) Vía particular, a través del Ministerio de Salud Pública. Una segunda vía puede desplegarse con un material que tenga antecedentes de legislación internacional (UE, FDA, CODEX). En ese escenario se desarrolla primero un piloto en el país para producir rápidamente y validar el mercado. De esa forma, la autorización a través del MSP es mucho más rápida porque el organismo no redacta una nueva normativa, si no que autoriza expresa y particularmente el caso, que vendrá acompañado que avalen la aptitud como envase alimentario, entre ellos: toxicidad, migración de componentes, resistencia, permeabilidad de gases, entre otros que puedan ser solicitados por el MSP).

Al establecer una industria que elabore envases alimentarios, sus instalaciones deberán ser habilitado por la intendencia de Montevideo para poder elaborar y posteriormente comercializar los empaques con destino a su uso en alimentos. Para ello, este tipo de instalaciones entran en "Categoría Amarilla" - Versión: 10 Código: 4310-S-SA-LI-H01 de Habilitación Bromatológica de empresas alimentarias.

Bibliografía

- Ada, E., Kazancoglu, Y., Gozacan-Chase, N., & Altin, O. (2023), Challenges for circular food packaging: Circular resources utilization. *Applied Food Research*, 3(2).
- American Institute for Packaging and the Environment (AMERIPEN) (2018), *Packaging Materials Management Definitions: A Review of Varying Global Standards Guidance Document*.
- Anjana, Raturi G, Shree S, Sharma A, Panesar PS, Goswami S. (2021) Recent approaches for enhanced production of microbial polyhydroxybutyrate: Preparation of biocomposites and applications. *Int J Biol Macromol*. 182:1650–69.
- Aramendis R.H., Rodríguez A.G., Krieger Merico F.M. (2018), *Contribuciones a un gran impulso ambiental en América Latina y el Caribe: bioeconomía, LC/TS.2018/51*, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, Naciones Unidas, Santiago S.18-00540.
- Area M.C., Escobar P., Lupi A.M. (2021), *Ciencia y Tecnología Forestal en la Argentina*, Editorial del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Asgher, M., Qamar, S. A., Bilal, M., & Iqbal, H. M. (2020), Bio-based active food packaging materials: Sustainable alternative to conventional petrochemical-based packaging materials. *Food Research International*, 137, Article 109625.
- Briassoulis D, Tserotas P, Athanasoulia IG. (2021), Alternative optimization routes for improving the performance of poly(3-hydroxybutyrate) (PHB) based plastics. *J Clean Prod*. 2021;318 128555.
- Caleb OJ, Belay ZA. (2023) Role of biotechnology in the advancement of biodegradable polymers and functionalized additives for food packaging systems. *Curr Opin Biotechnol* ;83:102972.
- Centro Tecnológico del Plástico (CTPlas) (2017), "Informe Diagnóstico Reciclado 2016-2017", [en línea] <https://ctplas.com.uy/wp-content/uploads/2020/10/Diagn%C3%B3stico-Reciclado-CTplas-Informe-publicable-Versi%C3%B3n-Final-03-10-2017-Revisado.pdf>.
- Centro Tecnológico del Plástico (CTPlas) (2018), "Informe Diagnostico Reciclado 2017-2018", Baraibar F. y Andrada L., [en línea] <https://ctplas.com.uy/wp-content/uploads/2019/03/Informe-PI%C3%A1sticos-ANDE-CTPLAS-2018-Final-Publicable.pdf>.
- Centro tecnológico del Plástico (CTPLas) (2021), *Plásticos en contacto con alimentos*, autor: Germán Posadas, [en línea] <https://ctplas.com.uy/wp-content/uploads/2021/06/Plasticos-en-contacto-con-alimentos.pdf>.
- Cheng H, Chen L, McClements DJ, Yang T, Zhang Z, Ren F, et al. (2021), Starch-based biodegradable packaging materials: A review of their preparation, characterization and diverse applications in the food industry. *Trends Food Sci Technol* 114 (February):70–82.

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2020), Construir un nuevo futuro: una recuperación transformadora con igualdad y sostenibilidad (LC/SES.38/3-P/Rev.1), Santiago, 2020.
- Costamagna P. y Spinelli E. (2017), Sistematización de una política ambiental territorial. El caso de Rafaela Más Sustentable, cuadernos del CLAEH 36(105), 187–216.
- CTPlas (2021), Plásticos en contacto con alimentos, Germán Posada, [en línea] <https://ctplas.com.uy/wp-content/uploads/2021/06/Plasticos-en-contacto-con-alimentos.pdf>.
- Curutchet, A., Arcia, P., Prisco, F., & Tarrega, A. (2023), Brewer's Spent Grain Used in Fiber-Enriched Burgers—Influence of Sustainability Information on Consumer Responses. *Sustainability* (Switzerland), 15(5).
- Curutchet, A., Cozzano, S., Tárrega, A., & Arcia, P. (2019), Blueberry pomace as a source of antioxidant fibre in cookies: Consumer's expectations and critical attributes for developing a new product. *Food Science and Technology International*, 25(8), 642–648.
- Deshmukh RK, Akhila K, Ramakanth D, Gaikwad KK. (2022), Guar gum/carboxymethyl cellulose based antioxidant film incorporated with halloysite nanotubes and litchi shell waste extract for active packaging. *Int J Biol Macromol.* 15; 201:1–13.
- Deshwal GK, Panjagari NR, Alam T. (2019), An overview of paper and paper based food packaging materials: health safety and environmental concerns. *J Food Sci Technol* ;56(10):4391–403.
- Dieste, A., Baño, V., Cabrera, M. N., Clavijo L., Moltini G. y Casella N. (2018), La bioeconomía forestal en Uruguay desde un punto de vista tecnológico. Facultad de Ingeniería, Universidad de la República Montevideo, Udelar.
- European Commission (EU) (2009), Commission Regulation (EC) No 450/2009 of 29 May 2009 on active and intelligent materials and articles intended to come into contact with food. *Official Journal of the European Union*, 135, 3–11.
- European Food Safety Authority (EFSA) (2009), Guidelines on submission of a dossier for safety evaluation by the EFSA of active or intelligent substances present in active and intelligent materials and articles intended to come into contact with food. *EFSA Journal*, 7(8), Article 1208.
- FAO (2022), Greenhouse gas emissions from agrifood systems. Global, regional and country trends, 2000–2020. FAOSTAT Analytical Brief Series No. 50. Rome, FAO.
- Ferreira DCM, dos Santos PN, Santos FH, Molina G, Pelissari FM. (2023), Sustainability approaches for agrowaste solution: Biodegradable packaging and microbial polysaccharides bio-production. *Sci Total Environ.* 886, 163922.
- Gao S, Tang G, Hua D, Xiong R, Han J, Jiang S, et al. (2019), Stimuli-responsive bio-based polymeric systems and their applications. *J Mater Chem B*;7(5):709–29.
- Gugliucci, V., Machín, L., Curutchet, M. R., & Ares, G. (2021), Do nutritional warnings encourage healthier choices on food ordering websites? An exploratory experimental study in Uruguay. *Public Health Nutrition*, 24(11), 3547–3551.
- Gutiérrez, S., Philippi, C., Kreimerman, R., Ures, P., Torres, A. I. (2017), Relevamiento de la biomasa disponible en Uruguay utilizable como materia prima en la producción de químicos. In *Proceedings of the VI Chemical Engineering Meeting*, [en línea] https://www.aiqu.org.uy/encuentro2017/src/assets/presentacion/38-Trabajo%20Completo-final_relevam_2.pdf.
- Hadidi, M., Jafarzadeh, S., Forough, M., Garavand, F., Alizadeh, S., Salehabadi, A., Khaneghah, A. M., & Jafari, S. M. (2022), Plant protein-based food packaging films; recent advances in fabrication, characterization, and applications. *Trends in Food Science & Technology*, 120, 154–173.
- Haldar, S., Muralidaran, Y., Míguez, D., Mulla, S. I., & Mishra, P. (2023). Eco-toxicity of nano-plastics and its implication on human metabolism: Current and future perspective. *Science of the Total Environment*, 861, 160571.
- Helal, A., Kreimerman, R., Gutiérrez, S., & Torres, A. I. (2019), A market-driven algorithm for the assessment of promising bio-based chemicals. *AIChE Journal*, 65(12).
- Iharur P. (2021), "Reciclaje de plásticos en Uruguay", Ministerio de Ambiente. Ciclo de talleres 2021. Hacia un Uruguay + Circular. Tercer Taller: Generando valor a partir de residuos: plásticos, papel y cartón, neumáticos, rocs, chatarra, etc., [en línea] <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/hacia-uruguay-circular>.

- Kaavya, R., Pandiselvam, R., Abdullah, S., Sruthi, N. U., Jayanath, Y., Ashokkumar, C., Ramesh, S. V. (2021), Emerging non-thermal technologies for decontamination of Salmonella in food. *Trends in Food Science and Technology*. Elsevier Ltd.
- Kandasamy S, Yoo J, Yun J, Kang HB, Seol KH, Kim HW, et al. (2021), Application of whey protein-based edible films and coatings in food industries: An updated overview. *Coatings*.;11(9).
- Karimi Sani I, Masoudpour-Behabadi M, Alizadeh Sani M, Motalebinejad H, Juma ASM, Asdagh A, et al. (2023), Value-added utilization of fruit and vegetable processing by-products for the manufacture of biodegradable food packaging films. *Food Chem* 405(PB):134964.
- Khan B, Bilal Khan Niazi M, Samin G, Jahan Z. (2017), Thermoplastic Starch: A Possible Biodegradable Food Packaging Material—A Review. *J Food Process Eng*.;40(3).
- Khodaei D, Álvarez C, Mullen AM. (2021), Biodegradable packaging materials from animal processing co-products and wastes: An overview. *Polymers (Basel)*.;13(15).
- Knoblauch D., Mederake L. (2021), Government policies combatting plastic pollution *Current Opinion in Toxicology* 2021, 28:87–96.
- Lemos Machado Abreu AS, de Moura IG, de Sá AV, Alves Machado AV. (2017), Biodegradable polymernanocomposites for packaging applications. *Food Packag. Jan* 1;329–63.
- Machín, L., Alcaire, F., Antúnez, L., Giménez, A., Curutchet, M. R., & Ares, G. (2023), Use of nutritional warning labels at the point of purchase: An exploratory study using self-reported measures and eye-tracking. *Appetite*, 188.
- Mangaraj, S., Yadav, A., Bal, L. M., Dash, S., & Mahanti, N. K. (2019), Application of biodegradable polymers in food packaging industry: A comprehensive review. *Journal of Packaging Technology and Research*, 3(1), 77–96.
- Marsch, K. Y Bugusu B. (2007), *Food Packaging—Roles, Materials, and Environmental Issues*. The Institute of Food Technologists has issued a Scientific Status Summary to update readers on food packaging and its impact on the environment.
- Maurizzi E, Bigi F, Quartieri A, De Leo R, Volpelli LA, Pulvirenti A. (2022), The Green Era of Food Packaging: General Considerations and New Trends. *Polymers (Basel)* 14(20).
- Maurizzi, E., Bigi, F., Quartieri, A., De Leo, R., Volpelli, L. A., & Pulvirenti, A. (2022), The Green Era of Food Packaging: General Considerations and New Trends. *Polymers*. MDPI.
- Mazzucato, M. (2022), Cambio transformacional en América Latina y el Caribe: un enfoque de política orientada por misiones (LC/TS.2022/150), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), [en línea] <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/df37f40e-ce38-49f1-89e9-39bc906b49fg/content>.
- MGAP (2023), Oportunidades de la cadena productiva del cáñamo, [en línea] <https://www.youtube.com/watch?v=JtOMOpPasog>.
- Ministerio de la Transición Ecológica-Gobierno de Francia (2021), Plan de gobierno de Economía Circular, [en línea] https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/Document_LoiAntiGaspillage%20_2020.pdf.
- Moldovan A, Cuc S, Prodan D, Rusu M, Popa D, Taut AC, et al. (2023), Development and Characterization of Polylactic Acid (PLA)-Based Nanocomposites Used for Food Packaging. *Polymers (Basel)*;15(13):2855.
- ONU Medio Ambiente (2018). Plásticos de un solo uso. Una hoja de ruta para la sostenibilidad, [en línea] <https://www.unep.org/es/resources/informe/plasticos-de-un-solo-uso-una-hoja-de-ruta-para-la-sostenibilidad>.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), 2023, Towards Eliminating Plastic Pollution by 2040 A Policy Scenario Analysis. Interim Findings, [en línea] <https://www.oecd.org/en/topics/plastics.html>.
- Ormanli E, Amca Uluturk B, Bozdogan N, Bayraktar O, Tavman S, Kumcuoglu S. (2023), Development of a novel, sustainable, cellulose-based food packaging material and its application for pears. *Food Chem* 429(July):136719.
- Paidari S, Tahergorabi R, Anari ES, Nafchi AM, Zamindar N, Goli M. (2021), Migration of various nanoparticles into food samples; a review. *Foods*.;10(9):1–11.

- Palombo V. (2021), Valorización de la madera de Pino mediante la producción de pulpa para papel de embalaje, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Directores de tesis: Msc. Leonardo Clavijo y Msc. María Noel Cabrera, Director académico: Dr. Andrés Dieste, Costa R., Cúneo F., Martínez M., Ramírez L. y Soca Rosas K. (2019), Producción de papel liner Kraft a partir de madera de Pino, tesis de grado, Proyecto Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República Tutores: Ing. Norberto Cassella y Dr. Andrés Dieste.
- Parente AG, de Oliveira HP, Cabrera MP, de Morais Neri DF. (2023), Bio-based polymer films with potential for packaging applications: a systematic review of the main types tested on food. *Polym Bull* 80 (5): 4689–717.
- Parlamento Europeo (2018), Resolución del Parlamento Europeo, de 13 de septiembre de 2018, sobre una estrategia europea para el plástico en una economía circular (2018/2035(INI)), [en línea] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52018DC0028&from=FR>.
- Paulsen, E., Lema, P., Martínez-Romero, D., & García-Viguera, C. (2022), Use of PLA/PBAT stretch-cling film as an ecofriendly alternative for individual wrapping of broccoli heads. *Scientia Horticulturae*, 304, 111260.
- Pittaluga, L., Pirrocco, D. (2021), Análisis de la cadena de valor del plástico y el caucho en el Uruguay, CEPAL, Serie Estudios y Perspectivas (Montevideo) LC/MVD/TS.2021/3.
- Poore J, Nemecek T. (2018), Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science* (80-) 360(6392):987–92.
- Rava C. (2015), Cáñamo industrial: ventana de oportunidad para Uruguay Estudios de Economía Agraria y Ambiental. No. 15-02 MGAP-OPYPA , [en línea] https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/publicaciones/e_15_02_canamo_industrial_rava.pdf.
- Risch, S. J. (2009), Food Packaging History and Innovations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(18), 8089–8092.
- Salunkhe S, Chaudhary BU, Tewari S, Meshram R, Kale RD. (2022) Utilization of agricultural waste as an alternative for packaging films. *Ind Crops Prod* 188(PA):115685.
- Santos FH, Siqueira LE, Cardoso GP, Molina G, Pelissari FM. (2021), Antioxidant packaging development and optimization using agroindustrial wastes. *J Appl Polym Sci* 138 (35).
- Shaikh, S., Yaqoob, M., & Aggarwal, P. (2021), An overview of biodegradable packaging in food industry. *Current Research in Food Science*. Elsevier B.V.
- Singh AK, Itkor P, Lee YS. (2023), State-of-the-Art Insights and Potential Applications of Cellulose-Based Hydrogels in Food Packaging: Advances towards Sustainable Trends. *Gels*;9(6):433.
- Sudheer S, Bandyopadhyay S, Bhat R. (2023), Sustainable polysaccharide and protein hydrogel-based packaging materials for food products: A review. *Int J Biol Macromol*;248(June):125845.
- Swetha TA, Bora A, Mohanrasu K, Balaji P, Raja R, Ponnuchamy K, et al. (2023), A comprehensive review on polylactic acid (PLA) – Synthesis, processing and application in food packaging. *Int J Biol Macromol*. Apr 15;234:123715.
- Tabaght FE, Azzaoui K, Idrissi A El, Jodeh S, Khalaf B, Rhazi L, et al. (2023), Synthesis, characterization, and biodegradation studies of new cellulose-based polymers. *Sci Rep*.;13(1):1–15.
- Tassinari G, Bassani A, Spigno G, Soregaroli C, Drabik D. (2022), Do biodegradable food packaging films from agro-food waste pay off? A cost-benefit analysis in the context of Europe. *Sci Total Environ*. 856.
- Torres A, Gutiérrez S, Kreimerman R. et al. (2019), Reporte final proyecto ANII fse-1-2015-1-109976: Bio-refinerías en Uruguay: Evaluación tecnoeconómica de la producción de combustibles y químicos a partir de materia prima y residuos nacionales. Informe Final 2019.
- Trajkovska Petkoska, A., Daniloski, D., D’Cunha, N. M., Naumovski, N., & Broach, A. T. (2021), Edible packaging: Sustainable solutions and novel trends in food packaging. *Food Research International*. Elsevier Ltd.
- Tubiello, F.N., Karl, K., Flammini, A., Gütschow, J., Obli-Laryea, G., Conchedda, G., Pan, X. et al. (2022), Pre- and Post-Production Processes Increasingly Dominate Greenhouse Gas Emissions from Agri-Food Systems. *Earth System Science Data* 14, no. 4 (2022): 1795–1809. <https://doi.org/10.5194/essd-14-1795-2022>.

- Uruguay XXI (2023), Sector Cannabis en Uruguay, Informes sectoriales, [en línea] <https://www.uruguayxxi.gub.uy/uploads/informacion/9a6dde7632d555a44fec072d1f470acda7b48be0.pdf>.
- Van Crevel, R. (2016), Bio-based food packaging in Sustainable Development. Challenges and opportunities to utilize biomass residues from agriculture and forestry as a feedstock for bio-based food packaging. Report for Food and Agriculture Organization (FAO).
- Varghese SA, Pulikkalparambil H, Promhuad K, Srisa A, Laorenza Y, Jarupan L, et al. (2023) Renovation of Agro-Waste for Sustainable Food Packaging: A Review. *Polymers (Basel)*.;15(3):1–25.
- Vasen F. (2020), Mapeo de limitantes y desarrollo de propuestas para la valorización de la investigación, Informe final de consultoría para Uruguay XXI, ANII, PEDECIBA y SNCYT, [en línea] <https://www.uruguayxxi.gub.uy/uploads/informacion/8e79c7b415cbe01c9462143c5b4138b1d294236b.pdf>.
- Vera, M., Mella, C., García, Y., Jiménez, V. A., Urbano, B. F. (2023), Recent advances in tannin-containing food biopackaging. *Trends in Food Science and Technology*. Elsevier Ltd.
- Verma N, Satya Eswari J, Mahapatra C. (2023), Green sustainable biocomposites: Substitute to plastics with innovative fungal mycelium-based biomaterial. *J Environ Chem Eng* 11(5):110396.
- Vescovi E., De Hegedus M., Klett S., Minville B., Simón L.M., Pereira S. (1995), Código General del Proceso: Comentado, anotado y concordado, Tomo III: arts. 117 a 136 t. 3, Ábaco, Montevideo.
- Vicente D, Proença DN, Morais PV. (2023), The Role of Bacterial Polyhydroalkanoate (PHA) in a Sustainable Future: A Review on the Biological Diversity. *Int J Environ Res Public Health*.;20(4).
- Yee YY, Gunathilake TMSU, Ching YC. (2023), PLA-based composite film reinforced with empty fruit bunch fiber and silica for food packaging applications. *Iran Polym J (English Ed.)*; 0123456789.
- Zhong Y, Godwin P, Jin Y, Xiao H. (2020), Biodegradable polymers and green-based antimicrobial packaging materials: A mini-review. *Adv Ind Eng Polym Res* ;3(1):27–35.

Anexo A1

Consulta con actores vinculados a la industria alimentaria y desarrollo de empaques

Normativa

- Marcus Lip, asesor científico de CODEX ALIMENTARIUS, FAO, Roma.
- Andrés Venturini, Laboratorio Tecnológico de Uruguay (LATU), integrante del subgrupo de trabajo MERCOSUR sobre envases en contacto con alimentos.
- Carolina Paroli, Directora Servicio de Regulación Alimentaria, Intendencia Departamental de Montevideo (IDM).
- Tilman Schachtsiek asesor de políticas, División 525 “Energía, bioeconomía, recursos renovables”. Ministerio Federal de Alimentación y Agricultura (BMEL).

Academia

- Patricia Lema, Sofía Barros, grupo de investigación sobre Tecnología de Alimentos, Facultad de Ingeniería, Udelar.
- Inés Tiscornia, asesora científica empresa de bioplásticos BioPack.
- Mary Loretty, investigadora Facultad de Ciencias, Udelar.
- María Noel Cabrera, Facultad de Ingeniería, Udelar, Ingeniería Química Forestal.
- Darío Rodríguez. Investigador, Latitud.
- Comunicación via correo electrónico. Overview of Biopackaging research and some examples of development in Germany Dietmar Walter Division 725 - Sustainable Economy; Bio-Economy Federal Ministry of Education and Research.

Sector Productivo

- Agustín Tassani, funcionario empresa plástica ATMA. Vocal de la Asociación Uruguaya de Industria del Plástico (AUIP). Secretario de la comisión de ambiente de la Cámara de Industrias de Uruguay (CIU). Intergrante del Consejo de Dirección y Administración de CTPLas. Presidente del Consejo Directivo del Plan Vale.
- Mario Pérez, funcionario empresa plástica MEPA, Asociación Uruguaya de Industria del Plástico. Intergrante del Consejo de Dirección y Administración de CTPLas.
- Maria Dabezies, coordinadora Centro tecnológico del Plástico (CTPLas).
- Pablo Surazky, CEO empresa bioplásticos LANDOPP (entrevista realizada en el marco de de docencia de la carrera UTEC Ingeniero Agroambiental).
- Lucas Brochart, CEO empresa bioplásticos, No soy Plástico.
- Sergio Gajer, gerente empresa plástico Rocha Plast (socio estratégico de BioPack para línea bioplásticos).
- Walter Bisio, gerente de Producción de Alcoholes del Uruguay, ALUR, Grupo ANCAP.

Se denomina bioempaque al material para embalaje de alimentos que tiene un origen biológico y es biodegradable. En este documento se identifican dos alternativas para la producción de bioempaques en el Uruguay: la primera a partir de papel producido de pulpa de celulosa de pino y la segunda, a partir de bioplástico o papel proveniente del cáñamo industrial de la variedad de la planta *Cannabis sativa*. Ambas propuestas se basan en materias primas ampliamente disponibles en el país y que cuentan con cadenas productivas consolidadas y con acumulación local de capacidades productivas. Además, desde el punto de vista de la ciencia de los alimentos, los materiales celulósicos o hemicelulósicos de los residuos del pino y del cáñamo industrial son potenciales candidatos para ingresar rápidamente a las listas de materiales que cumplen con la normativa vigente para su uso en la industria alimentaria en empaques que están en contacto directo con alimentos.