

¿POR QUÉ BIODEGRADABLE?

Hay algo en lo que todos podemos estar de acuerdo: es importante proteger el medio ambiente, especialmente los océanos, de la contaminación por plásticos. Nos gustaría explicar cómo la tecnología de plástico oxo-biodegradable d2w puede ayudar en esto.

Por cierto, ha habido cierta confusión causada por el uso del término "oxo-degradable". Nadie añade aditivos pro-degradantes al plástico y lo comercializa como "oxo-degradable", y nadie lo querría si todo lo que hace es crear fragmentos de plástico.

"Oxo-degradación" está definido por CEN (la autoridad europea de estándares) en TR15351 como "degradación resultante de la escisión oxidativa de macromoléculas". Esto describe los plásticos comunes, que se degradan abióticamente por oxidación en el ambiente abierto y crean rápidamente fragmentos, pero no se vuelven biodegradables excepto en un período muy largo.

"Oxo-biodegradación" está definida por CEN como "degradación resultante de fenómenos oxidativos y mediados por células, ya sea simultáneamente o sucesivamente". Esto significa que el plástico se degrada por oxidación hasta que su peso molecular sea lo suficientemente bajo como para ser accesible para bacterias y hongos, que luego lo reciclan de nuevo en la naturaleza.

Entonces, ¿qué es el plástico oxo-biodegradable y por qué se inventó?



Profesor Gerald Scott

El mecanismo de peroxidación abiótica de los hidrocarburos ha sido estudiado extensamente en los últimos 50 años. El plástico oxo-biodegradable fue inventado en la década de 1970 por el Profesor Scott y otros científicos de polímeros [1] que se dieron cuenta de que el polietileno y el polipropileno podrían causar un problema ambiental si escapaban de los procesos de gestión de residuos y terminaban en el medio ambiente abierto como basura.

Entonces, sabiendo que la mayor parte no se recogería, descubrieron que si introducían en el polietileno o polipropileno normal una pequeña cantidad de un catalizador (que suele ser una sal de manganeso o hierro), el plástico no comenzaría a degradarse mientras estuviera almacenado y funcionaría de la misma manera que el plástico normal mientras se usara, pero si se desechara en el medio ambiente abierto, se volvería rápidamente biodegradable y sería consumido por bacterias de la misma manera que los desechos naturales.

En términos de cricket, es un último recurso para proteger el medio ambiente si todo lo demás falla.

Entonces, su idea era que los fabricantes dejarían de usar plástico común y lo mejorarían con su nueva tecnología a un costo marginalmente superior. Lamentablemente, esta tecnología no se ha adoptado suficiente y ampliamente, por lo que el plástico continúa flotando durante décadas en la superficie marina. El profesor Scott dijo justo antes de morir que si su invención se hubiera adoptado más ampliamente, las acumulaciones de basura de plástico en el océano serían mucho menores.

La razón por la que el plástico común no es biodegradable es que está compuesto por largas cadenas entrelazadas de moléculas, lo que le da un alto peso molecular, y este peso es demasiado alto para que las bacterias lo descompongan. El peso molecular del plástico común disminuye naturalmente con el tiempo, pero toma muchos años, algunos dicen 100 años, antes de que el plástico común deje de ser plástico y se vuelva biodegradable. Entonces, lo que hace el catalizador d2w es desmontar las cadenas moleculares mediante oxidación para que el material ya no sea plástico y se vuelva biodegradable. Lo importante no es el tamaño de los fragmentos, sino el peso molecular.

La luz y el calor acelerarán el proceso, pero continuará incluso en condiciones oscuras y frías. La humedad no es necesaria para la oxidación y no la previene.

Es de vital importancia comprender cómo los polímeros de hidrocarburos se degradan en el medio ambiente mediante una combinación de peroxidación y bioasimilación y cómo el mecanismo de cadena de radicales libres puede ser controlado por antioxidantes. Sería posible hacer que el plástico oxo-biodegradable comenzara a degradarse de inmediato, pero entonces no tendría una vida útil como elemento plástico. La sostenibilidad debe ser en la práctica un compromiso entre la viabilidad comercial (es decir, costo-rendimiento) y la aceptabilidad ambiental. La bioasimilación de los residuos de plástico en el medio ambiente es un requisito esencial pero no el único de los plásticos de embalaje tecnológicamente útiles, y en la mayoría de los casos, los plásticos requieren una vida útil controlada antes de que comience la degradación física. [2]

[Las evaluaciones del ciclo de vida realizadas por Intertek](#) han demostrado que el plástico oxo-biodegradable tiene un mejor Análisis de Ciclo de Vida (LCA) que otros materiales utilizados para el envasado. [3]

Entonces, ¿para qué sirve el plástico oxo-biodegradable d2w? ¿Y para qué NO sirve?

1. NO es una vía de eliminación. El plástico está diseñado para ser reutilizado, reciclado y desechado como el plástico normal, pero la tecnología d2w se asegurará de que si llega al medio ambiente abierto, el peso molecular se reducirá muy rápidamente para que se vuelva biodegradable.
2. NO es para vertederos. Si el plástico se ha llevado al vertedero, se ha desechado de manera responsable y no es necesario que se degrade. Además, si algo se biodegrada en condiciones anaeróbicas, generará metano, lo cual es indeseable a menos que el vertedero haya sido diseñado para recoger el gas. El plástico oxo-biodegradable no se degradará en ausencia de oxígeno.
3. NO es para compostaje. Cinco puntos breves sobre el plástico comercializado como "compostable":

- a) No resuelve el problema de la basura de plástico en el medio ambiente, porque está diseñado y probado para biodegradarse en una instalación de compostaje, no en el medio ambiente abierto.
- b) No se convierte en compost (EN13432 y ASTM D6400 requieren que se convierta en gas CO₂) [4]. Por lo tanto, está diseñado para un proceso lineal deliberado y no es circular. El material está destinado a ser desperdiciado y se pierde en la atmósfera al convertirse en CO₂.
- c) No se puede reutilizar, reciclar ni fabricar con material reciclado.
- d) Deja microplásticos en el compost y en el medio ambiente abierto.
- e) No es deseado por los compostadores industriales y las autoridades locales.

Por lo tanto, no debe describirse como **compostable** o **biodegradable**. No debe hacerse obligatorio y en su lugar debería ser prohibido.

Vea <https://www.biodeg.org/subjects-of-interest/composting/>

El 14 de noviembre de 2022, el Ministro de Medio Ambiente del Reino Unido dijo: "nuestra solicitud de pruebas sugiere que estos materiales a menudo se eliminan al principio del proceso y se llevan al vertedero o se incineran".

El 2 de diciembre de 2022, el Ministro dijo: "Los plásticos compostables deben tratarse en instalaciones de compostaje industrial para descomponerse y, cuando se procesan incorrectamente, pueden ser una fuente de microplásticos y contaminar las corrientes de reciclaje". "Este envase no contribuye a una economía circular de la misma manera que los envases que se pueden reutilizar o reciclar en nuevos envases o productos, ya que el envase de plástico compostable generalmente está diseñado para usarse solo una vez.

ARGUMENTOS EN CONTRA DEL PLÁSTICO OXO-BIODEGRADABLE

Existen varios problemas que siempre se plantean:

1. **Microplásticos.** - Algunos de los microplásticos encontrados en el medio ambiente provienen de neumáticos y fibras sintéticas, pero el reciclaje también es una fuente de microplásticos. Un informe en el Journal of Hazardous Materials Advances [5] dice: "Se estimó que el agua de lavado del reciclaje en bruto contenía recuentos de microplásticos entre $5,97 \times 10^6$ y $1,12 \times 10^8$ MP m⁻³ (según análisis de microscopía de fluorescencia). Se encontró que la mitigación de la contaminación por microplásticos (instalación de filtración) eliminaba la mayoría de los microplásticos $>5 \mu\text{m}$, con altas eficiencias de eliminación para microplásticos $>40 \mu\text{m}$. Sin embargo, los microplásticos $<5 \mu\text{m}$ generalmente no eran eliminados por la filtración y posteriormente se liberaban, con 59-1184 toneladas potencialmente descargadas anualmente".

Sin embargo, la mayoría de los microplásticos encontrados en el medio ambiente son el resultado de la fragmentación del plástico común cuando se expone a la luz solar. Estos fragmentos son muy persistentes porque su peso molecular es demasiado alto para que las bacterias los consuman, y pueden permanecer así durante décadas.

Por eso se inventó el plástico oxo-biodegradable. El plástico se desintegra porque las cadenas moleculares han sido desmontadas y ya no es plástico. (Cuando la Fundación Ellen MacArthur preguntó al Profesor Jakubowicz su opinión, hizo este punto, pero lo ignoraron). [6]

La Agencia Europea de Sustancias Químicas (ECHA) recibió la solicitud de estudiar el plástico oxo-biodegradable en diciembre de 2017. Hicieron un llamado a la evidencia y nos informaron después de 10 meses que no estaban convencidos de que creara microplásticos. La ECHA nunca ha proporcionado un expediente para respaldar una prohibición de plástico oxo-biodegradable, y no hay evidencia de que se hayan encontrado microplásticos de plástico oxo-biodegradable en el medio ambiente.

Ha sido utilizado para bolsas de pan durante más de diez años por el mayor productor de pan del mundo (Panaderías Bimbo) y no ha habido problemas con microplásticos ni reciclaje.

2. Que el plástico oxo-biodegradable contaminará la **corriente de reciclaje** y es incompatible con una economía circular. Eso no es correcto, pero sí es cierto para los plásticos "compostables", que no son reciclables. Cinco puntos sobre el reciclaje: [7]
 - Los recicladores deben evaluar el nivel de degradación de cualquier plástico enviado para reciclar, ya sea oxo-biodegradable o no. No pueden reciclar plástico común que haya comenzado a degradarse después de la exposición al sol.
 - Si el reciclado se va a utilizar para fabricar productos de corta vida útil (por ejemplo, envases de alimentos), no importa si contiene plástico oxo-biodegradable, porque la biodegradación es realmente deseable en caso de que el artículo se convierta en basura.
 - La estabilización solo es necesaria para productos de larga duración, y el productor de productos de larga duración los estabilizaría de la misma manera, ya sea que el reciclado contenga plástico oxo-biodegradable o no. No necesita conocer la proporción de plástico oxo-biodegradable en la materia prima. Esta estabilización normal neutralizaría cualquier residuo oxo-biodegradable.
 - No es necesario separar el PE o PP oxo-biodegradable del PE o PP convencional antes de reciclar, pero si se desea, el masterbatch oxo-biodegradable podría hacerse visible para el equipo de clasificación automática mediante la inclusión de un marcador.
 - El masterbatch oxo-biodegradable se utiliza en PE y PP, pero NO en PET.
3. Que **el reciclaje** es preferible a la biodegradación. Sí, pero no es posible reciclar el plástico que ha escapado al medio ambiente abierto, del cual no se puede recolectar de manera realista. La ÚNICA forma de lidiar con ello es mediante la biodegradación.
4. ¿Se ha demostrado que el plástico oxo-biodegradable **se biodegradará por completo**? Sí, se han realizado pruebas de biodegradación del 92,74% según la norma ASTM D6954. (El porcentaje requerido por EN13432 para el plástico "compostable" es del 90%). No se ha mostrado ninguna razón por la cual la biodegradación deba detenerse antes de que esté

completa. Nunca se obtendrá una evolución del 100% de carbono porque parte del material se convierte en agua y biomasa. Incluso si no se biodegradara por completo, seguiría siendo mejor que el plástico común, que habría creado microplásticos persistentes pero no se habría biodegradado en absoluto.

5. EN13432 para el plástico "compostable" requiere que la biodegradación **se pruebe en un laboratorio** (no en una pila de compost), pero se sugiere que el plástico oxo-biodegradable solo debe probarse en condiciones al aire libre. Sin embargo, el Dr. Graham Swift (Vicepresidente del Comité Técnico de ASTM) dice: "Ha sido mi experiencia que los resultados de las pruebas de laboratorio son muy propensos a reproducirse en el mundo real. No veo motivo para preocuparse de que no lo harían y no he visto evidencia de que no lo hayan hecho". [8]

Además, un estudio interdisciplinario de cuatro años, conocido como el proyecto Oxomar [9], ha sido patrocinado por el Gobierno Francés. El objetivo era evaluar la biodegradación de OXO-bio en aguas marinas.

En su conclusión, los científicos informaron que "hemos obtenido resultados congruentes de nuestro enfoque multidisciplinario que muestran claramente que los plásticos oxo-biodegradables se biodegradan en agua de mar y lo hacen con una eficiencia significativamente mayor que los plásticos convencionales. El nivel de oxidación obtenido debido al catalizador prodegradante d2w resultó ser de crucial importancia en el proceso de degradación".

Vea también el informe [10] de la Universidad Queen Mary de Londres por Rose et al., del 11 de febrero de 2020. El párrafo 2.6 dice: "antes de las pruebas, las muestras de LDPE y oxo-LDPE se expusieron a la intemperie en agua de mar durante 82 días, experimentando variaciones naturales en la luz solar y la intensidad de los rayos UV".

6. Que no pueden estar seguros de **cuánto tiempo** llevará que el plástico se biodegrade en el medio ambiente abierto, pero nadie disputa que será muchas veces más rápido que el plástico común cuando se exponga a las mismas condiciones en el medio ambiente abierto. La Universidad Queen Mary dice (en el párrafo 2.3) hasta 90 veces más rápido.



Bolsas de papel

PAPEL

Podría pensarse que el papel es más respetuoso con el medio ambiente que el plástico, después de todo, está hecho de árboles. Pero el papel no crece en los árboles, por lo que los árboles tienen que

ser destruidos para hacer papel. De hecho, se necesitan en promedio 24 árboles para hacer una tonelada de papel.

También se necesita más de cuatro veces más energía para fabricar una bolsa de papel que una bolsa de plástico. Se talan bosques enteros para hacer papel, bosques que podrían estar ayudando al medio ambiente al absorber gases de efecto invernadero.

La mayoría de las bolsas de papel se fabrican calentando virutas de madera bajo presión a altas temperaturas en una solución química. Los productos químicos utilizados en la producción de papel son tóxicos y contribuyen a la contaminación del aire, incluida la lluvia ácida. También contaminan las vías fluviales, y la toxicidad de los productos químicos es a largo plazo y se deposita en los sedimentos, donde puede llegar a la cadena alimentaria.

De hecho, las bolsas de papel producen un 70% más de contaminantes del aire y un 50% más de contaminantes del agua que las bolsas de plástico.

Pero no termina ahí. En 2005, el Gobierno Escocés [11] emitió una evaluación de impacto ambiental que contenía comparaciones entre una bolsa de plástico ligero y una bolsa de papel.

Indicador de Impacto Ambiental	Bolsa de Plástico	
	HDPE	Paper
	Ligereza	
Consumo de energía primaria no renovable	1.0	1.1
Consumo de agua	1.0	4.0
Cambio climático (emisión de gases de efecto invernadero)	1.0	3.3
Lluvia ácida (acidificación atmosférica)	1.0	1.9
Calidad del aire (formación de ozono a nivel del suelo)	1.0	1.3
Eutrofización del agua (brotación de algas, zonas muertas, mortandad de peces)	1.0	14.0
Producción de residuos sólidos	1.0	2.7
Riesgo de basura	1.0	0.2

Como se puede ver en la tabla anterior, el papel tiene un impacto ambiental adverso en casi todas las categorías. (Un puntaje mayor que 1.0 indica que la bolsa de papel contribuye más a ese problema ambiental que una bolsa de plástico ligera). Vea también el LCA realizado por Intertek para la Agencia de Medio Ambiente del Reino Unido [12].

Los defensores del papel dirán que las bolsas de papel son "ecológicas" porque son 100% reciclables, y en teoría lo son. De hecho, el papel se puede reciclar hasta 7 veces antes de perder su integridad, pero una bolsa de papel necesitaría usarse al menos 3 veces para compensar el impacto

ambiental de su producción. Las bolsas de papel no son lo suficientemente duraderas como para ser usadas 3 veces, y rara vez sobreviven a un solo uso, ya que se rasgan fácilmente. Además, son mucho más pesadas que las bolsas de plástico y no son tan resistentes, por lo que necesitarías más de ellas, y pierden por completo su resistencia cuando están mojadas.

Debido a que el papel es mucho más pesado que el plástico, cuesta mucho más transportarlo y causa más contaminación por transporte. Según un informe de la Asamblea de Irlanda del Norte publicado en 2011[13], aproximadamente siete camiones serían necesarios para transportar la misma cantidad de bolsas de papel que puede transportar un solo camión lleno de bolsas de plástico.

El plástico se produce a partir del etileno, un subproducto de la producción de petróleo que solía desecharse. Por lo tanto, mientras sigamos necesitando petróleo para el transporte y la producción de energía, tiene sentido utilizar este subproducto para fabricar productos de plástico.

Sin embargo, el plástico convencional puede ser un problema, ya que tarda décadas en degradarse y se desintegra en microplásticos. Afortunadamente, este problema se puede resolver mediante el uso de la tecnología biodegradable d2w, de modo que si la bolsa o el envase escapa a la recolección y termina en el medio ambiente como basura en tierra o mar, se degradará y biodegradará (será consumido por bacterias y hongos), sin dejar nada atrás. Al igual que los desechos naturales.

El papel es fantástico, así que ahorrémonos algunos árboles y utilicemos el papel para las cosas que solo el papel puede hacer. El plástico no es el villano ecológico que se dice que es, y cuando se fabrica con d2w, es mucho más amigable con el planeta.[14]

PELÍCULA DE ACOLCHADO AGRÍCOLA

Los agricultores de todo el mundo extienden miles de kilómetros cuadrados de láminas de plástico en sus campos para proteger sus cultivos de las malas hierbas y reducir la evaporación del agua. Básicamente, los agricultores tienen tres opciones:

1. **Plástico convencional** - después de la cosecha, el agricultor tiene que arrastrar hectáreas de plástico de sus campos. No se le permite quemarlo en la finca, y enterrarlo no es una buena idea porque es intensivo en mano de obra y efectivamente deja el sitio fuera de cultivo, por lo que debe pagar para que lo retiren. Algunos agricultores envían su plástico para reciclar, pero generalmente está contaminado con barro y otros contaminantes, por lo que el reciclaje no tiene mucho sentido económico o ambiental cuando se considera el costo de transportar el plástico fuera del campo, cargar un camión grande y conducirlo por carreteras rurales, a menudo a cientos de millas de distancia, utilizando combustibles fósiles, causando congestión y emitiendo contaminantes. Luego, el plástico debe ser lavado y la contaminación debe ser desechada, y luego el plástico debe ser procesado en material reciclable.

Además, después de haber estado expuesto al sol en los campos, es probable que se haya degradado hasta el punto en que no sea apto para el reciclaje, y los fragmentos se habrán dispersado por el viento durante su eliminación. El Ministro de Medio Ambiente del Reino Unido declaró el 25 de mayo de 2023 que "el gobierno no dispone de datos sobre la cantidad de película de plástico agrícola recogida o reciclada".

2. **Plástico a base de bioplásticos** - esto es costoso y puede no ser lo suficientemente resistente como para evitar el desgarro. El período de degradación no se puede programar.
3. **Plástico oxo-biodegradable** - se han realizado ensayos de campo exitosos en Gales. [\[15\]](#) La próxima vez que se ara el campo, el material biodegradable se devolverá al suelo, donde será bioasimilado por las bacterias y proporcionará una fuente de carbono para las plantas del próximo año.

Teniendo en cuenta las condiciones climáticas en la zona y utilizando la formulación correcta, es posible hacer que el plástico dure el tiempo que el agricultor requiera.

No es más difícil esparcir plástico d2w en los campos que el plástico ordinario, y una empresa en Irlanda llamada SAMCO ha inventado una máquina para colocar la película de acolchado.

Las películas de acolchado oxo-biodegradables han sido estudiadas por científicos durante más de 20 años. En la página 47 del libro "Polímeros Degradables, Principios y Aplicaciones" [\[16\]](#) el profesor Scott dice: "Los productos de degradación formados por la oxo-biodegradación son beneficiosos para el medio ambiente agrícola como biomasa y, finalmente, en forma de humus.

El carbono se retiene en el suelo durante la oxo-biodegradación en una forma accesible para las plantas en crecimiento, en lugar de ser emitido al medio ambiente como dióxido de carbono, como ocurre con los polímeros hidro-biodegradables (por ejemplo, celulosa pura y almidón)... El control del tiempo de biodegradación de los polímeros sintéticos de cadena de carbono se logra mediante antioxidantes que se comportan de manera similar a los antioxidantes presentes de forma natural en la lignina y el tanino".

Véase también "Polímeros y el Medio Ambiente".[\[17\]](#)

En cuanto a los bordes de la película de acolchado que están enterrados para mantenerla en su lugar, aún se biodegradarán porque, a diferencia del plástico fotodegradable, un plástico oxo-biodegradable no necesita una exposición constante a la luz solar. También es posible fabricar una película de acolchado en la que los lados enterrados de la película incorporen una carga maestra biodegradable diferente en comparación con la parte central de la película.



UNIÓN EUROPEA

La BPA no quedó completamente sorprendida al ver en diciembre de 2022 que las casas y hoteles de 18 eurodiputados y funcionarios habían sido registrados por la policía, dando como resultado maletas llenas de billetes.

La razón por la que no nos sorprendió es que nunca hemos entendido cómo fue posible que impusieran una prohibición de "plástico oxodegradable" [18] sin ningún expediente de la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA) que mostrara una justificación para tal prohibición. Para empeorar las cosas, la Comisión había pedido en realidad a la ECHA (bajo el Artículo 69 del Reglamento REACH) que estudiara si estos productos generaban microplásticos. La ECHA recibió cientos de páginas de evidencia, pero informaron a la BPA en octubre de 2018 que no estaban convencidos de que se formaran microplásticos. Fueron instruidos por la Comisión para poner fin al estudio.

El proyecto de directiva de la Comisión no incluía ninguna prohibición de plástico oxo-degradable u oxo-biodegradable, pero el Parlamento procedió a legislar y eludió todas las salvaguardias contra la legislación arbitraria proporcionadas por los Artículos 69-73 del Reglamento REACH. ¿Podría ser que hubiera alguna influencia impropia?

Esta Directiva ha sido impugnada en el Tribunal Europeo en Luxemburgo y el caso fue escuchado por cinco jueces el 20 de marzo de 2023. Estamos a la espera de su decisión.[19]

El perdedor en este caso es el medio ambiente, ya que todavía se sigue utilizando plástico común para fabricar productos que ingresan al entorno abierto todos los días, donde miles de toneladas permanecerán o flotarán durante décadas. Deberían ser fabricados urgentemente con la tecnología oxo-biodegradable d2w, para que se biodegraden mucho más rápido y no dejen residuos dañinos.

La tecnología d2w se suministra a los fabricantes de plásticos en forma de carga maestra en forma de pellets, para que puedan mejorar sus productos con la misma maquinaria y fuerza laboral, con poco o ningún costo adicional. Es una tecnología de "instalación fácil" (drop-in).

[1] www.biodeg.org/wp-content/uploads/2023/07/Scott-Wiles-paper-June-2001.pdf Scott, "Polímeros Degradables, Principios y Aplicaciones" (ISBN 1-4020-0790-6) y Scott, "Polímeros y el Medio Ambiente" (ISBN 10: 0-85404-578-3).

[2] www.biodeg.org/wp-content/uploads/2023/07/Scott-Wiles-paper-June-2001.pdf páginas 617-9

[3] <https://www.biodeg.org/subjects-of-interest/life-cycle-assessments/>

[4] Ver también www.biodeg.org/wp-content/uploads/2023/07/Scott-Wiles-paper-June-2001.pdf página 621 "La mineralización rápida no es ideal para los polímeros en el compostaje, donde el carbono en el plástico original debería convertirse durante un período más largo en biomasa y solo lentamente en dióxido de carbono. Los polímeros oxo-biodegradables (por ejemplo, los poliolefinas) son ideales para este propósito, ya que la peroxidación controlada es el paso determinante en la velocidad en el proceso general. Además, no pueden generar subproductos tóxicos u objetables durante la bioasimilación".

[5] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772416623000803>

- [6] <https://www.biodeg.org/wp-content/uploads/2019/11/emf-report-1.pdf>
- [7] <https://www.biodeg.org/subjects-of-interest/recycling-2/>
- [8] <https://www.biodeg.org/wp-content/uploads/2021/02/Swift-evidence-to-BEIS.pdf> See also www.biodeg.org/wp-content/uploads/2023/07/Scott-Wiles-paper-June-2001.pdf at page 620
- [9] <https://www.biodeg.org/wp-content/uploads/2021/07/Final-report-OXOMAR-10032021.pdf>
- [10] <https://www.biodeg.org/wp-content/uploads/2022/10/QM-published-report-11.2.20-1.pdf>
- [11] <http://www.scotland.gov.uk/Resource/Doc/57346/0016899.pdf>
- [12] <https://www.biodeg.org/wp-content/uploads/2021/04/uk-ea-publishes-lca-of-supermarket-carrier-bags-.pdf>
- [13] <https://www.biodeg.org/wp-content/uploads/2023/07/Northern-Ireland-comparison-of-bags-Feb-2011.pdf>
- [14] <https://www.biodeg.org/wp-content/uploads/2021/04/intertek-final-report-15.5.121.pdf>
- [15] – See <https://www.biodeg.org/wp-content/uploads/2020/09/Pembroke-Mulch-Film-Trial-Report-30.09.13V1.pdf>.
- [16] (ISBN 1-4020-0790-6)
- [17] (ISBN 10: 0-85404-578-3) pages 109-118 and 461-466, and www.biodeg.org/wp-content/uploads/2023/07/Scott-Wiles-paper-June-2001.pdf page 618.
- [18] (by Art. 5 of the Single-use plastics Directive 2019/904)
- [19] As at 1st August 2023