

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**USO DE ACOLCHADOS PLÁSTICOS BIODEGRADABLES EN LA
AGRICULTURA**

POR

BERNARDITA ALEJANDRA SOTO RETAMAL

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

**CHILLÁN – CHILE
2021**

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**USO DE ACOLCHADOS PLÁSTICOS BIODEGRADABLES EN LA
AGRICULTURA**

POR

BERNARDITA ALEJANDRA SOTO RETAMAL

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

**CHILLÁN – CHILE
2021**

Aprobada por:

Profesor Asociado, Susana Fischer G.
Ing. Agrónomo, Dr. Cs.

Guía

Profesor Asociado, Macarena Gerding G.
Ing. Agrónomo, Ph.D.

Asesor

Profesor Asociado, Inés Figueroa C.
Ing. Agrónomo, Dr. Cs.

Asesor

Profesor Asociado, Guillermo Wells M.
Ing. Agrónomo, Mg. Cs.

Decano

TABLA DE CONTENIDOS

Resumen	1
Summary	1
Introducción	2
Desarrollo y discusión.....	3
Conclusiones.....	15
Referencias	15

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

	Página
Figura 1 Esquema de rutas de degradación de plásticos biodegradables.....	10
Figura 2 Escala de degradación del material plástico	12
Tabla 1 Temperaturas máximas y mínima en Logroño, España, año 2012	13
Tabla 2 Temperaturas máximas y mínimas en Coihueco, año 2020	13
Tabla 3 Clase textural de suelos de Logroño y Coihueco	14

USO DE ACOLCHADOS PLÁSTICOS BIODEGRADABLES EN LA AGRICULTURA

USES OF BIODEGRADABLE PLASTIC MULCH IN AGRICULTURE

Palabras índice adicionales: *plasticultura, etiolada, polímero.*

RESUMEN

El incremento de residuos plásticos no degradables en la agricultura demanda nuevas alternativas de tratamiento, entre las cuales surge la idea de sustituir tales plásticos por acolchados plásticos biodegradables. Por ello, esta monografía se centra en un estudio cualitativo para analizar el uso de los acolchados plásticos biodegradables en la agricultura. Los plásticos biodegradables, son completamente asimilables por los microorganismos presentes en un medio biológico activo, que lo utilizan como alimento y fuente de energía. Este proyecto presenta diferentes estudios agronómicos, en relación al uso de plásticos biodegradables en cultivos hortícolas. Después de haber analizado los estudios, se logró identificar, las ventajas y los tiempos de degradación de estos plásticos. De igual manera se comparó la biodegradabilidad de un plástico en España, versus Chile, en donde resultó que el plástico en ambos países tiene similar tiempo de degradación.

SUMMARY

The increase of non-degradable plastic waste in agriculture demands new treatment alternatives. Thus, the idea of replacing them with biodegradable plastic padding arises. Therefore, the current review focuses on a qualitative study to analyze the use of biodegradable plastic mulch in agriculture. Biodegradable plastics are completely assimilated by microorganisms present on an active biological environment to be used as food and source of energy. This work presents different agronomic studies related to the use of biodegradable plastics in horticultural crops. After the studies were analyzed, it was possible to identify the degradation time and advantages of these plastics. In the same way, biodegradability of plastics in Spain was compared with the ones found in Chile showing that both plastics have similar degradation time.

INTRODUCCIÓN

La contaminación por plásticos es un problema ambiental global que amenaza con la alteración de la biodiversidad, y generan un impacto negativo en el medio ambiente. Así se ha observado en el mundo marino; en donde más de ochocientas especies marinas y costeras, han ingerido estos plásticos, o han quedado atrapadas en estos residuos (CEPAL y OCDE, 2016). A su vez se ha visto que, en el medio ambiente, específicamente en el suelo, son transferidas, entre 110.000 y 730.000 toneladas de micro plásticos cada año en Europa y América del Norte (Rodríguez, 2017). Estos plásticos en condiciones ambientales pueden demorar cientos de años en degradarse. Incluso, productos de poliestireno expandido o plumavit pueden llegar a demorarse miles de años en degradarse bajo condiciones que no son aptas (Giacovelli, 2018).

En la agricultura es común el uso de plásticos, evidenciando un consumo mundial de 5,6 millones de toneladas al año (Castilla, 2018). Sus usos son diversos como, por ejemplo, en mangueras de riego, elaboración de invernaderos, coberturas, malla para sombras, embalses, etc. Siendo estos utilizados, con diferentes objetivos. Uno de ellos es mejorar las condiciones ambientales que favorezcan el desarrollo de los cultivos, utilizándolos como medio de protección y facilitar el manejo de los cultivos.

Sin embargo, los plásticos en la agricultura, muchas veces no son reciclados generando desechos. La presencia de residuos plásticos en el suelo repercute en el crecimiento y desarrollo de los cultivos, reduciendo su rendimiento hasta en un 15% (Liu et al., 2014).

Una alternativa a los problemas ambientales generados por los plásticos convencionales es el desarrollo de materiales biodegradables. Así ocurre con el uso de los acolchados biodegradables en la agricultura. Dentro de este término, se define como mulch o acolchado, según la ley N°20.089 que crea el Sistema Nacional de Certificación de Productos Orgánicos Agrícolas en su artículo 3° número 46; como una cubierta del suelo formada por materiales, como astillas de madera, hojas o paja, o cualquier otro material, sintético o no, que sirvan para evitar el crecimiento de malezas, moderar la temperatura del suelo o conservar su humedad. En segundo

lugar, se tiene el término biodegradable que se define como sustancia sujeta a descomposición biológica en componentes bioquímicos o químicos simples (Ley N.º 20.089, 2007).

Al unir ambos términos resulta un material que puede ser parcial o completamente degradado, transformándose en agua, dióxido de carbono o metano, energía y biomasa nueva a través de la acción de microorganismos como bacterias u hongos.

Sin embargo, para que un plástico se defina como biodegradable, antes tiene que pasar una serie de normas de análisis para obtener las certificaciones. El plástico para acolchado biodegradable está amparado bajo la norma NFU, 52001, UNI 11945 y/o la certificación de vincotte OK biodegradable (Asobiocom, 2018).

De acuerdo a los antecedentes anteriormente señalados se ha evidenciado una nueva tendencia, marcada por la seguridad y protección ambiental, que incluye también el área de la agricultura, en el cual el plástico cumple un rol trascendental, y por lo tanto se debe avanzar en la transformación de este, hacia la obtención y uso sustentable.

Este estudio cualitativo tiene como objetivo analizar el uso de los acolchados plásticos biodegradables en la agricultura, como protección en el cultivo de hortalizas, y analizar los factores que gatillan este fenómeno, estudiando y describiendo qué aportes hace cada uno de ellos. A su vez, indagar algunos estudios realizados que demuestran y grafican este proceso de biodegradación.

Referente a los objetivos específicos de esta investigación se procederá a identificar las características de los plásticos sintéticos y los plásticos biodegradables, la composición de los acolchados plásticos biodegradables, además; determinar el proceso de degradación de los plásticos biodegradables, identificar los factores que participan en el proceso de degradación de los plásticos biodegradables como también discutir diferentes estudios, en relación con el uso de acolchados plásticos biodegradables en diversos cultivos.

DESARROLLO Y DISCUSION

Antecedentes generales

La plasticultura, se define como el uso de plásticos en la agricultura, introduciéndose

en los países desarrollados en la mitad del siglo pasado, y posteriormente extendida a los países en desarrollo. El uso es particularmente abundante en áreas donde las superficies destinadas al cultivo son limitadas, como en algunas zonas de Europa, Japón y Corea (Delgado *et al.*, 2011).

La plasticultura surgió en el año 1948 por el Dr. Emmert de la Universidad de Kentucky (USA), quien utilizó película de celofán (polietileno de baja densidad), para cubrir su invernadero de campo iniciándose así lo que hoy se conoce como plasticultura. Esto permitió un mejor desarrollo de los productos vegetales en condiciones climáticas adversas (Espí *et al.*, 2006). Sin embargo, antes de la creación de estas películas de celofán, se utilizaban plásticos derivados de celulosa de algodón como sustituto del marfil, cuyo pionero fue John Wesley Hyatt Jr. El inventor estadounidense investigaba la búsqueda de un sustituto del marfil para la producción de bolas de billar; utilizando en los experimentos celuloide. El resultado fue una manera viable de producir el material. Descubriendo que, al mezclar nitrocelulosa, alcohol y alcanfor, se obtenía una masa blanda que se dejaba moldear por presión en caliente. Siendo el primer material plástico, al que se denominó celuloide (Ruiza *et al.*, 2004). Este material aún se utiliza para fabricar películas fotográficas y de filmación. Posteriormente en el año 1910, el científico ruso Lébedev creó el primer polímero de caucho sintetizado a partir del butadieno (Zeplast, 2020). Su trabajo condujo a la primera instalación industrial para la producción de caucho sintético (Rodríguez, 2015).

En la actualidad muchos productos están elaborados a partir de estos plásticos. Se utilizan en distintos sectores, como lo es, el sector agrícola, cuyos plásticos son utilizados para la construcción de invernaderos, mallas de sombra, micro y macro túnel y como acolchados. Este acolchado constituye una alternativa a los métodos tradicionales de control de malezas, cuando este es opaco, ya que provoca que la maleza se torne etiolada y se lleve a cabo la fotosíntesis (Walsh *et al.*, 1996). A su vez reduce la contaminación del ambiente debido a la disminución en la aplicación de productos fitosanitarios y reduce los problemas de erosión por escurrimiento de aguas (Teasdale, 2003).

Si bien los anteriores usos constituyen una serie de ventajas técnico-

ambientales, también implica un incremento de los costos de producción debido a una inversión adicional que se requiere para adquirir algunos materiales usados como acolchados y al costo de transporte, instalación y manejo de estos (Shenk, 1996). Lo anteriormente señalado se evidencia en un estudio realizado en la ciudad de Zaragoza, España, que llevó a cabo una evaluación económica de acolchados plásticos biodegradables y papeles utilizados en cultivo de pimiento (*Capsicum annuum L.*) El objetivo del trabajo fue evaluar la rentabilidad económica de ocho materiales biodegradables para una producción de pimiento al aire libre.

Los costos se separaron en Insumos y Operaciones. En los insumos se contemplaron el abono, los costos de irrigación y los materiales de acolchado. En las operaciones se especificaron todas las labores preparatorias del terreno, así como la elaboración de las mesas de trasplante, la instalación de los acolchados, el trasplante del cultivo, la cosecha y el acondicionamiento de la parcela. Para el cálculo de los ingresos se utilizó el valor del precio de mercado del pimiento 856 euros (€), además se contempló la posibilidad de acceder a un subsidio que el gobierno de Aragón concede a los agricultores que permite percibir el 35% del costo del material de acolchado plástico biodegradable. En cuanto a los resultados de los costos del polietileno sin manejo de residuos, el mayor gasto correspondió a operaciones de ciclo del cultivo con el 45,3%, seguido de cosecha con el 27% del total, debido principalmente a que es una operación manual. Los costos se incrementan en el caso de que se realice manejo de residuos al polietileno, incrementando de 4,7 a 4,8% si se converge desde el no manejo a la gestión de los residuos en un vertedero y a un 4,9% si se contempla el reciclado. En el caso de los acolchados biodegradables se produjo una reducción de los costos entre el 54,7 y el 65,7% con respecto al polietileno, ya que no contempla recogida ni reciclaje de este material (Marí *et al.*, 2019).

Existen diferentes tipos de acolchados usados en agricultura. Así los materiales utilizados tradicionalmente se clasifican en dos grupos; los inorgánicos y los orgánicos. Los acolchados inorgánicos incluyen varios tipos de piedras, como, piedra volcánica, gravas, arena, materiales plásticos y materiales geotextiles, entre otros (ISA, 2017). Mientras que los orgánicos pueden ser astillas o virutas de

madera, hojas de pino, corteza de árboles, cáscaras de cacao, hojas, paja, papel, mulch mixto y una gran variedad de otros productos generalmente derivados de los restos vegetales de las plantas cultivadas (ISA, 2017).

El acolchado plástico pertenece al grupo de los materiales inorgánico, el cual se ha comercializado desde los años sesenta para mejorar la producción de hortalizas, siendo los principales; tomates (*Solanum lycopersicum*), pepino (*Cucumis sativus*), fresa (*Fragaria ananassa*), entre otros (Lamont, 2005). Este corresponde a unas películas de polietileno, que varía generalmente de 0,9 - 1,5 m de ancho. En cuanto al espesor, al principio se utilizaban láminas de mayor espesor entre 30 - 50 micras. Este material se utiliza por su bajo costo relativo y su fácil instalación, siendo esta manual o mecánica las alternativas (Gutiérrez *et al.*, 2003). Es el material más utilizado en acolchado de suelos a nivel mundial, es flexible, impermeable al agua y no se descompone ni es atacado por los microorganismos (Alvarado y Castillo, 2003). En cuanto al material, espesor y color, se utilizan diferentes tipos de plásticos que varían dependiendo del objetivo de su uso, del cultivo y de la región, o zonas donde se instale (Medina y Salas, 2008).

También existen hoy en día los acolchados orgánicos, donde se utilizan materiales biodegradables, cuya característica principal es su proceso de degradación por la acción de microorganismos, bajo condiciones específicas de calor, humedad, luz, oxígeno (Mannise, 2018).

Plásticos biodegradables

En el ámbito internacional existen varias empresas, entre estas Navomontes que tiene sede en Italia, con operaciones en Europa, Asia, Australia y el continente americano, que distribuye el acolchado plástico biodegradable Mater- bi[®] con un espesor de 15 - 10 μm , y una lámina completamente biodegradable en el suelo, que ha sido utilizada en cultivos de tomates, viñas, morrones, etc. (Businesswire, 2011). Otro ejemplo de empresa dedicada a este rubro y a la distribución de este tipo de material es Sphere Group, es otra organización que distribuye este tipo de materiales en España, cuyos productos principales son Sphere 4 y 6[®]. Alrededor del mundo existen diversas empresas que elaboran materiales plásticos biodegradables

En Chile existen varias empresas, una de estas es Zeaplast SpA. Su especialización se basa en la producción de bioplásticos elaborados a partir de recursos renovables. La empresa cuenta con tres categorías de productos, la primera de ellas; llamada ZEAgrow, destinada a productos para la agricultura, la segunda corresponde a ZEA pack; para empaques biodegradables y finalmente; la categoría ZEAhome que corresponde a bolsas biodegradables para la casa. La primera categoría; se dedican a la fabricación de bolsas para almácigo o semilleras compostables biodegradables, sin embargo, no elaboran acolchados biodegradables (Zeaplast, 2012). Otra empresa es Adesva, que ofrece acolchados biodegradables AGROBIOFILM[®] financiado por la Unión Europea que ha sido utilizado en cultivos de frutillas en la ciudad de Huelva, España.

Estos plásticos están dentro de la categoría de los plásticos biodegradables, que fueron creados tras la problemática generada por el incremento del uso de plásticos sintéticos y su persistencia en el ambiente (Segura *et al.*, 2007). debido a que estos son completamente asimilables por los microorganismos presentes en un medio biológico activo, que lo utilizan como alimento y fuente de energía (Vásquez *et al.*, 2018). El carbono de la estructura de los plásticos se degrada y transforman en CO₂ durante la actividad microbiana (Vásquez *et al.*, 2018). Es por eso que surgió la alternativa de plástico biodegradable el cual puede ser degradado por microorganismos bajo condiciones específicas, hasta llegar a su mineralización (transformación del carbono que lo compone en bióxido de carbono o metano), en un tiempo determinado con resultados medibles (Vásquez *et al.*, 2018).

Los plásticos biodegradables se clasifican en distintas categorías:

a) Polímeros naturales: se identifican en este la celulosa, almidón y proteínas. El almidón es uno de los polímeros naturales más usado en materiales biodegradables. Este polímero es un termoplástico fuertemente hidrofílico.

b) Polímeros naturales modificados: en esta categoría se encuentran el acetato de celulosa o los polialcanos.

c) Materiales compuestos: que combinan partículas biodegradables: es el caso de un polímero natural como el almidón, celulosa regenerada o gomas naturales que se combinan con polímeros sintéticos.

d) Polímeros sintéticos: se refiere a los poliésteres, poliesteramidas y poliuretanos entre otros. (Zapata *et al.*, 2012).

Existe otra categorización más general que clasifican los polímeros de acuerdo a su origen, identificando a los polímeros sintéticos, polímeros naturales, y polímeros microbiológicos. Los polímeros de origen sintético son obtenidos por reacciones de polimerización de monómeros procedentes de derivados del petróleo o de fuentes naturales renovables. Por otro lado, los polímeros de origen natural y los polímeros de origen microbiológico tienen como característica la biocompatibilidad (Álvarez, 2016), que se caracteriza por la ausencia de compuestos tóxicos generados durante la degradación del polímero, así como por la forma y porosidad de la superficie del material (Anjum *et al.*, 2016).

Estos materiales tienen distintos mecanismos de degradación entre los que está; la degradación térmica. Esta descomposición es fragmentada en pequeños trozos cuando sobrepasa los 100 - 200°C, (Posada, 1994). Otro mecanismo de degradación es la degradación oxidativa que consiste en una reducción del oxígeno activo sobre el polímero, originando radicales libre. Esta degradación oxidativa, pueden ocurrir en presencia de oxígeno (aerobios) o no (anaerobios) (Posada,1994).

Algunos microorganismos como bacterias, hongos, levaduras, etc., son capaces de romper los enlaces de algunos polímeros, acelerando así su transformación en sustancias más sencillas como dióxido de carbono, agua y biomasa (Labeaga, 2018).

Proceso de degradación y los factores que la afectan

La biodegradación es producida por microorganismos tales como, hongos, bacterias, microorganismos del género *Bacillus*, *Pseudomona* y *Streptomyces* o por enzimas que son liberadas en sus procesos biológicos (Vásquez *et al.*, 2018). Las enzimas secretadas por los microorganismos, son las moléculas que causan la ruptura de la cadena polimérica en fragmentos de bajo peso molecular, oligómeros o monómeros. Es por ello que otra alternativa para degradar los polímeros es el empleo directamente de estas enzimas específicas. Por otra parte, los monómeros obtenidos como productos de la reacción de la degradación se pueden recuperar y

ser empleados en la síntesis de nuevos productos, lo que implica un método sostenible (Martí *et al.*, 2020). El proceso, generalmente se lleva a cabo en materiales que contienen una cantidad alta de carbono en sus moléculas.

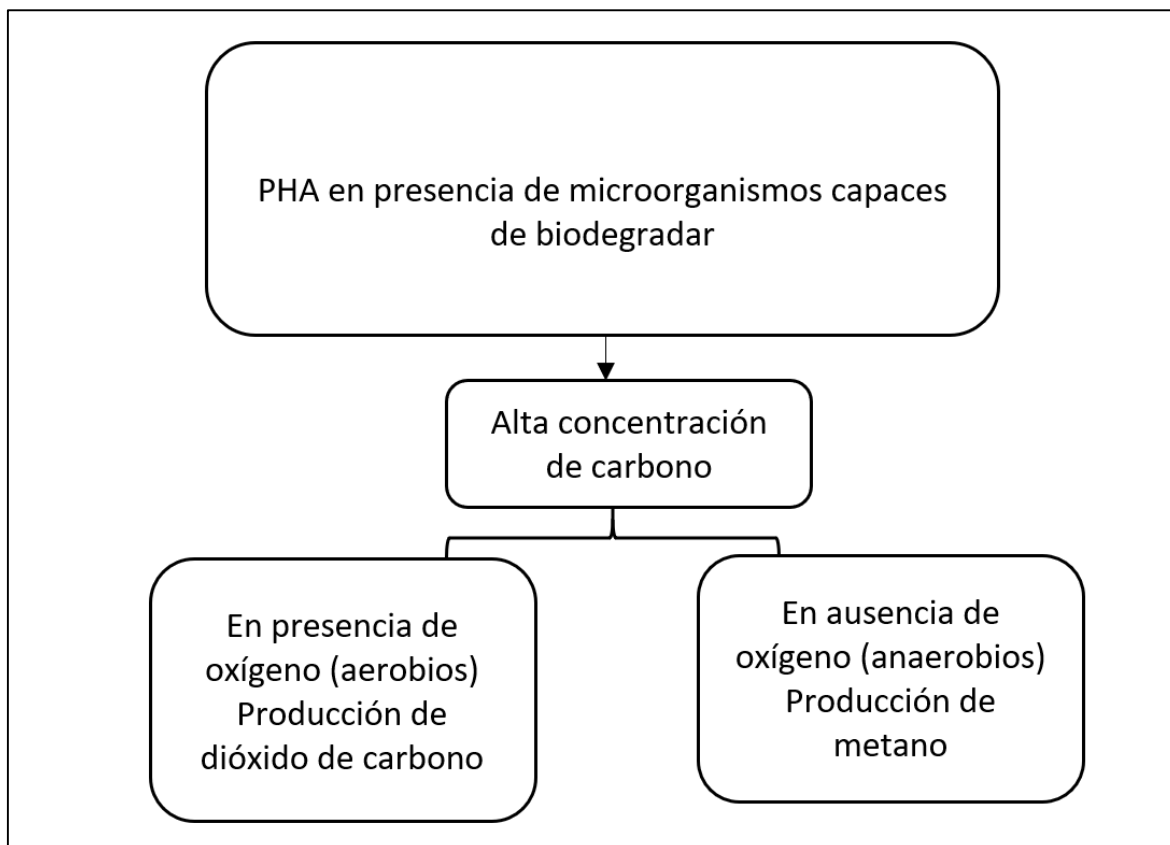
El principal inconveniente de la biodegradación, es la variabilidad en el proceso de degradación y en algunos casos, incluso del mismo material (Kasirajan y Ngouajio, 2012). También es conocida la influencia del tamaño del cultivo sobre la degradación de los materiales, siendo mayor con un cultivo rastrero al facilitar el contacto del acolchado con los microorganismos del suelo (Macua *et al.*, 2005).

Existen plásticos de biodegradación sintética que corresponden a poliésteres conformados por unidades o monómeros de hidroxiácidos polimerizados en forma lineal con una estructura parecida al polietileno (Segura *et al.*, 2007). Por lo tanto, contiene grupos hidroxilo (-OH), los cuales son hidrofílicos y por tanto solubles en agua. Por otro lado, existen plásticos de biodegradación natural, como, los polihidroxicanoatos (PHA), que son polímeros naturales producidos por algunos microorganismos (Segura *et al.*, 2007). En el año 1925 el poli (3 – hidroxibutirato) fue el primer PHA en identificarse en la bacteria *Bacillus megaterium*, y en 1958 los científicos Macrae y Wilkinson observaron que *B. megaterium* acumulaba este polímero cuando la relación carbono nitrógeno del medio era alta (Braunegg *et al.* 1998). En relación con las condiciones bajo las cuales ocurre la síntesis de los PHA, en la mayoría de los casos tiene lugar en respuesta a una limitación de Nitrógeno, Fósforo, Azufre, Magnesio u Oxígeno asociado a la presencia de un exceso de fuente de carbono en el medio de cultivo (Reddy *et al.*, 2003). Cabe destacar que los microorganismos acumulan ácidos hidroxialcanoicos en forma de gránulos insolubles en agua, líquidos, móviles de diferentes tamaños (Wang and Lee, 1997). Están a nivel intracelular como material de reserva, para usarlo posteriormente como fuente de carbono y energía (Khanna y Srivastava, 2005).

En general, la producción de los PHA consiste en tres etapas: fermentación, extracción o recuperación y purificación. En la fermentación se produce un crecimiento de biomasa, acumulando el polímero, para posteriormente recuperar el polímero de las células y finalmente llevarlos a purificación (Khanna y Srivastava, 2005). Cabe señalar que los PHA son capaces de biodegradarse en ambientes

aeróbicos, como en ambientes anaeróbicos, obteniendo como resultado oxígeno y metano (Figura 1).

Figura 1. Esquema de rutas de degradación de plásticos biodegradables.



Fuente: Elaboración propia

Los factores que afectan el proceso de degradación, tienen relación con la estructura del polímero, incluyendo la morfología de este, además de los posibles tratamientos químicos y de radiación, como así también el peso molecular de estos polímeros.

En relación con la estructura del polímero se ha observado que los materiales de acolchados biodegradables, contienen grupos lábiles en sus cadenas que pueden romperse fácilmente por acción de un agente externo de naturaleza física o química. Así, la mayoría tiene, en sus cadenas poliméricas, grupos funcionales hidrolíticamente inestables (éster, anhídridos, amida, etc.) que los hacen susceptibles a la biodegradación (Chandra y Rustigi, 1998).

En cuanto a la morfología de los polímeros se debe considerar las diferencias

entre proteínas y polímeros sintéticos. Las proteínas no tienen unidades repetitivas equivalentes a lo largo de las cadenas de polipéptidos, por lo tanto, es menos probable que se cristalicen, facilitando la biodegradabilidad de las proteínas. En cuanto a los polímeros sintéticos, generalmente tienen unidades repetitivas cortas, y esta regularidad mejora la cristalización, lo que hace que los grupos hidrolizables inaccesibles a las enzimas. Los polímeros sintéticos con unidades de repetición larga tendrían menos probabilidades de cristalizar y, por lo tanto, podrían ser biodegradables. (Chandra y Rustigi, 1998).

El proceso de degradación también se ve afectado por tratamientos químicos y de radiación. El primero de ellos tiene relación con la degradación por el contacto del polímero con productos químicos reactivos. En este caso la degradación más frecuente es la hidrolítica, en la que la causa de la degradación es el contacto del material con un medio acuoso, provocando la rotura de los puentes de hidrógeno intermoleculares, la hidratación de las moléculas y, finalmente, la hidrólisis de los enlaces inestables (Zapata *et al.*, 2012).

Se sabe que estos polímeros pertenecen al grupo de las moléculas orgánicas. En este caso las radiaciones que más los afectan son la radiación de alta energía, luz visible y ultravioleta. Así, los polímeros experimentan reacciones químicas cuando se irradian con luz UV, debido a que poseen grupos cromoféricos, que son capaces de absorber esta luz provocando que el polímero se torne frágil y se decolore (Posada, 1994).

Por último, se menciona que polímeros de bajo peso molecular son susceptibles a la degradación, sin embargo, un peso molecular muy bajo puede limitar las propiedades del polímero (Yasin y Tighe, 1993).

Estudio de casos sobre uso de acolchados plásticos biodegradables en cultivos hortícolas

Los acolchados plásticos en cultivos hortícolas producen un incremento de la producción, anticipación en la cosecha, y una mejor calidad de especie vegetal que se desarrolla sobre estos (Briassoulis, 2007). De modo que los plásticos biodegradables combinan las características y aptitudes tecnológicas de los materiales plásticos tradicionales con la ventaja de degradarse con la humedad y

los microorganismos en un tiempo de uso razonable y sin generar contaminación (Martín *et al.*, 2008).

Alrededor del mundo, existe un gran número de investigaciones, con el objetivo de evidenciar el grado de degradación de estos plásticos; aplicados en distintos cultivos hortícolas, siendo España, quien realiza el mayor número de estas investigaciones. En esta misma línea, en el año 2009 en la ciudad de Lérida, España; se llevó a cabo un experimento con 4 plásticos biodegradables (Mater bi (MB), MIR, Bxf y biofilm) en cultivos de coliflor, donde se observó que los plásticos Bfx y MB fueron los plásticos que menos se degradaron y lesiones presentaron, mientras que el plástico MIR fue el que mayor lesiones presentó. Los trozos de los cuatro tipos de plásticos que quedaron en el suelo, dejaron de ser visibles al cabo de un año de haber sido colocados (Rojo *et al.*, 2009). Otro estudio similar, pero ahora en cultivos de pimientos, se llevó a cabo en 4 localidades de España. Donde se analizó el comportamiento de degradación de los distintos materiales, tanto de la parte aérea como del material enterrado (Figura 2). En este se demostró que el material enterrado se degradaba más rápido, sin embargo, la degradación de un mismo material, varía entre localidades, por lo que también depende de factores locales del suelo. Así la localidad de Logroño presentó mejores grados degradación en comparación con las otras localidades en los 15, 30, 45 y 70 días después del trasplante.

Figura 2. Escala de degradación del material plástico.



Fuente: (Marí *et al.*, 2020)

También se observó que Sphere 4 y 6 tendieron a degradarse más (70 días, en Logroño) que el plástico biodegradable Mater-Bi® en la parte exterior; no así para la parte enterrada de Sphere 6, que se degradó menos que los otros plásticos biodegradables (Marí *et al.*, 2020).

Los días y grados de degradación del plástico biodegradable experimentados anteriormente, en Logroño (Tabla 1), pueden ser estimados bajo un escenario similar en Chile.

Tabla 1. Temperaturas máximas y mínimas en Logroño, España, año 2012.

Ciudad de Logroño	Temperatura mínima	Temperatura máxima	Velocidad viento
Mayo	11,3 °C	25,0 °C	9,4 km/h
Junio	14,5 °C	29,5 °C	8,0 km/h
Julio	15,5 °C	30,2 °C	8,7 km/h

Fuente: (WeatherOnline, 2012).

Así es como se estimó que bajo las condiciones edafoclimáticas perteneciente a la empresa Carsol Fruit S.A en el sector noroeste del predio; (Tabla 2 y Tabla 3) y tomando las características del plástico biodegradable Sphere 4, estas se podrían degradar aproximadamente en 70 días al igual que en la ciudad de Logroño, ya que las temperaturas presentes en los tres meses de verano son óptimas (27 °C) para la actividad microbiana y la condición de pH cercana a neutro por lo que se favorece la actividad de microorganismos. Sin embargo, para que la estimación de degradación se más exacta se necesitaría considerar más factores como precipitación, malezas presentes y su desarrollo, tipos de cultivos entre otros factores.

Tabla 2. Temperaturas máximas y mínimas de Coihueco, Chile, año 2020.

Comuna de Coihueco	Temperatura mínima promedio	Temperatura máxima	Velocidad media viento
Octubre	7 °C	22 °C	7,3 km/h
Noviembre	9 °C	26 °C	7,4 km/h
Diciembre	11°C	28 °C	8,1 km/h

Fuente: (Weatherspark, 2020)

Tabla 3. Clase textural de los suelos de Logroño y Coihueco

País	Ciudad	Orden de Suelo	Serie de Suelo	Clase textural
Chile	Coihueco	Andisol	Arrayán	Franco Arcillo limoso
España	Logroño	Entisol	Las Hondas	Franco, Arcillo limoso

Fuente: (Martínez *et al.*, 2005), (Stolpe, 2005)

Referente a las características físicas del suelo, se puede mencionar que la clase textural correspondiente es franca arcillo limosa, de textura general moderadamente fina, con un porcentaje de peso seco de arena, limo y arcilla en los primeros 28 cm de 20%, 49% y 30% respectivamente. En cuanto al porcentaje de limo y arcilla, estos disminuyen en profundidades de 1,70 m, con valores de 23, 6% en limo y 9,6% en arcilla, siendo la arena la única que sube su porcentaje (66%) en profundidades de 1,70 m (Stolpe, 2005).

Finalmente, se ha conceptualizado en los factores que influyen en el proceso de degradación de los polímeros, sean estos biodegradables o sintéticos. También se hace necesario señalar algunos aspectos de importancia respecto a la información relacionada con la revisión bibliográfica. En primer lugar, la revisión abarcó distintas fuentes de información, sin embargo, no hay mayor información actualizada y disponible a nivel del ministerio de agricultura, que relacione los usos de estos acolchados en Chile. Lo mismo sucede con los datos estadísticos a nivel regional y, por lo tanto, la información sobre el uso y degradación de polímeros a nivel nacional es incompleta e insuficiente. Por lo tanto, esta revisión se confeccionó con información aportada por autores extranjeros y algunas entidades privadas nacionales. Estos antecedentes dan cuenta de la importancia del uso de acolchados plásticos biodegradables en la agricultura, como también los factores que lo afectan.

CONCLUSIONES

1. Los plásticos sintéticos se producen en base a materiales derivados del petróleo mientras que los plásticos biodegradables provienen de recursos renovables.
2. Los plásticos biodegradables están constituidos por polisacáridos, proteínas o bien producidos por microorganismos.
3. Los plásticos biodegradables se degradan bajo condiciones de temperatura mínimas sobre 7°C y máxima de 27°C, en presencia de microorganismos, siendo variable en el tiempo.
4. El proceso de biodegradación está afectado por factores bióticos y abióticos.
5. Los acolchados plásticos biodegradables se utilizan para controlar malezas y aumentar el rendimiento y precocidad de los cultivos. Son una alternativa sustentable cuando su deterioro no es prematuro.

REFERENCIAS

1. Alvarado, P. y H. Castillo. 2003. Acolchado de suelo mediante filmes de polietileno. Universidad Nacional de Chile.
2. Álvarez, L. 2016. Bioplásticos: obtención y aplicaciones de polihidroxicanoatos. Proyecto de tesis, Grado en Farmacia. Universidad de Sevilla, Facultad de Farmacia. Sevilla, España.
3. Anjum, A., M. Zuber, K. Zía, A. Noreen, M. Anjum and S. Tabasum. 2016. Microbial production of polyhydroxyalkanoates (PHAs) and its copolymers: A review of recent advancements. *Intl. J. biol. macromol.* 89: 161–174 [en línea].
4. Aradilla, D., R. Oliver, F. Estrany. 2012. Polímeros biodegradables: una alternativa de futuro a la sostenibilidad de medio ambiente. *Rev. Téc. ind.* 297: 76-80. [en línea].
5. Asobiocom. 2018. Plástico biodegradable para acolchados. Manual de uso. 9 pp. España.
6. Braunegg, G., G. Lefebvre and K.F. Genser. 1998. Polyhydroxyalkanoates, biopolyesters from renewable resources: physiological and engineering aspects. *J. Biotechnol.* 65 (2-3):127–161 [en línea].
7. Briassoulis, D. 2007. Analysis of the mechanical and degradation performances

- of optimised agricultural biodegradable films. *Polym. Degrad. Stability.* 92 (6):1115-1132 [en línea].
8. Businesswire.2011. Novamont Spa: el líder en productos bioplásticos crea empresa en Norteamérica [en línea]. <<https://www.businesswire.com/news/home/20110127005631/es/>>. [Consulta: 11 octubre 2020].
 9. Castilla, M. 2018. Maximizing crop yields with and effective use of silage, mulch and greenhouse films to feed the growing global population. *Agricultura Film.* Madrid, España.
 10. Chandra, R. and R. Rustgi.1998. Biodegradable polymers. *Prog. Polym. Sci.* 23(7):1273-1335 [en línea].
 11. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) / Organización para la cooperación y el desarrollo Económico (OCDE) / Evaluación del desempeño Ambiental: Chile 2016, Santiago.
 12. Delgado, A., W. Aperador and J. Bautista. 2011. Optical properties of Ldpe films with different additives mixtures. *Ing. Cienc.* 7(14): 49-70 [en línea].
 13. Espi, E., A. Salamerón, A. Fontecha, Y. García and A.I. Real. 2006. Plastic films for agricultural applications. *Rev. J. Plast Film Sheeting.* 22(2): 85-102 [en línea]
 14. Giacobelli, C. 2018. Single-Use Plastics: A Roadmap for Sustainability. (Rev.2).
 15. Gutiérrez, M., F. Villa, F. Cotrina, A. Albalat, J. Macua, J. Romero, J. Sanz, A. Urbarri, S. Sádaba, G. Aguado y J. Castillo. 2003. Utilización de los plásticos en la horticultura del valle medio del Ebro. pp: 2-20. Informe Técnico N° 130. Dirección General de Tecnología Agraria. España.
 16. Kasirajan, S. and M. Ngouajio. 2012. Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications. *Rev. Agron. Sustain. Dev.* 32:501–529 [en línea].
 17. Khanna, S. and A. Srivastava.2005. Statistical media optimization studies for growth and PHB production by *Ralstonia eutropha*. *Process Biochem.* 40 (6): 2173-2182 [en línea].
 18. Labeaga, A. 2018. Polímeros biodegradables. Importancia y potenciales aplicaciones. Tesis, Magíster universitario en Ciencia y Tecnología Química. Universidad Nacional de Educación a Distancia, Facultad de ciencias. Madrid, España.

19. Lamont, W. 2005. Plastic modifying the microclimate for the production of vegetable crops. *Rev. Hort. Technol.* 15(3):477- 481 [en línea].
20. LEY N° 20.089. Sistema nacional de certificación de productos orgánicos agrícolas. *Diario Oficial de la República de Chile.* 27 Agosto 2007. Santiago, Chile.
21. Liu, E.K., W.Q. He and C.R. Yan. 2014. White revolution to White pollution agricultural plastic film mulch in China. *Eviron. Res. Left.* 9 (9): 1 - 3 [en línea].
22. Macua, J., I. Lahoz, S. Calvillo, J. Garnica, A. Santos y E. Díaz. 2005. Utilización de acolchados plásticos en tomate y pimiento. *Rev. Nav. Agr.* (150):5 -13 [en línea].
23. Mannise, R. 2018. Diferencias entre bioplásticos, oxibiodegradable, y plásticos biodegradables [en línea] <https://ecocosas.com/reciclaje/diferencias-bioplastico-oxi-biodegradable/>. [Consulta: 02 julio 2020].
24. Marí, A.I., G. Pardo, A. Cirujeda and Y. Martínez. 2019. "Economic Evaluation of Biodegradable Plastic Films and Paper Mulches Used in Open-Air Grown Pepper (*Capsicum annum* L.) Crop". *Agron.* 9 (1): 36 [en línea].
25. Marí, A.I., G. Pardo, J. Aibar and A. Cirujeda. 2020. Purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) control with biodegradable mulches and its effect on fresh pepper production. *Sci. Hostic.* 263:109111.
26. Martí, L., P. Ferrero y E. Verdejo. 2020. Biodegradación y síntesis de plásticos mediante el uso de enzimas y microorganismos seleccionados [en línea]. AIMPLAS Instituto Tecnológico del Plástico. <<https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/302273-Biodegradacion-sintesis-plasticomedianteusoenzimas-microorganismos-seleccionados.html>>. [Consulta:02 Julio 2020].
27. Martín, L., A. Pelacho, P. Picuno and D. Rodríguez. 2008. "Properties of new biodegradable plastics for mulching, and characterization of their degradation in the laboratory and in the field." *Acta Hort.* 801: 275-282 [en línea].
28. Martínez, J., N. Etxaleku, N. Gómez y F. P. Díaz-Pabón .2005. Descripción, caracterización y cartografía de los suelos de Rioja Baja: término municipal de Aldeanueva de Ebro. *Zubía*, (16):9-28
29. Medina, J. and J. Salas. 2008. Caracterización morfológica del granulo de

- almidón nativo: Apariencia, forma, tamaño y su distribución. *Rev. Ing.* 27:56-62 [en línea].
30. Posada, B. 1994. La degradación de los plásticos. *Rev. Univ. EAFIT.* 30(94): 67-86 [en línea].
31. Reddy, C., R. Ghai, Rashmi and V. Kalia. 2003. Polyhydroxyalkanoates: an overview. *Bioresour. Technol.* 87(2): 137–146 [en línea].
32. Rodríguez, A. 2015. Estudio de la microestructura y su influencia en propiedades físicas del caucho polibutadieno y caucho poliisopreno reticulado con peróxido. Memoria de título, Doctor de Ciencias Físicas. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Buenos Aires, Argentina.
33. Rodríguez, A. 2017. Los micros plásticos también contaminan nuestros suelos: es hora de actuar [en línea]. *LabEx DRIIHM.* <<https://theconversation.com/los-microplasticos-tambien-contaminan-nuestros-suelos-es-hora-de-actuar-107334>>. [Consulta: 02 julio 2020].
34. Rojo, F., J. Pastor, J. Costa, A. Pelacho and L. Martín- Closa. 2009. Evaluación comparativa de acolchados biodegradables en un cultivo de coliflor de primavera.
35. Ruiza, M., T. Fernández, E. Tamaro y M. Durán. 2004. Biografía de John Wesley Hyatt. En *Biografías y Vidas* [en línea]. <<https://www.biografiasyvidas.com/biografia/h/hyatt.htm>>. [Consulta: 12 diciembre 2020].
36. Segura, D., R. Noguez and G. Espín. 2007. Contaminación ambiental y bacterias productoras de plásticos biodegradables. *Biotechnol.* 14:361-371 [en línea].
37. Shenk, M. 1996. Prácticas culturales para el manejo de malezas. en: Labrada, R; Caseley, J; Parker, C. (eds). *Manejo de malezas para países en desarrollo.* Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [en línea]. < <http://www.fao.org/docrep/T1147S/T1147S00.htm>> [Consultado: 02 enero 2021].
38. Sociedad Internacional de Arboricultura (ISA): USA, 2017. Técnicas apropiadas para aplicar el mulch. (Folleto). Estados Unidos. (2017)
39. Stolpe, N. 2006. Descripciones de los principales suelos de la octava Región de Chile. Publicaciones Universidad de Concepción. Chillán, Chile.
40. Teasdale, J. 2003. Principles and practices of using cover crops in weed

management. Production and Protection Vegetal. 18:56:22

41. Vásquez, A., P. Sotelo, R. Espinosa, M. Velasco, X. Quecholac, M. Beltrán y J. Álvarez. 2018. Degradación y Biodegradación de Plásticos. pp:8-12. Resumen Ejecutivo. División de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma Metropolitana. México.
42. Walsh, B., S. Salmins, D. Buszard and A. Mackenzie. 1996. Impact of soil management systems on organic dwarf Apple orchards and soil aggregate stability, bulk density, temperature and water content. Rev.Can. J. Soil. Sci. Sci. 76:203-209
43. Wang, F. L. and S. Lee .1997. Production of poly(3-hydroxybutyrate) by fed-batch culture of filamentation-suppressed recombinant Escherichia coli. Appl. Env. Microbiol. 63 (12): 4765-4769.
44. Weatheronline. 2012. Temperatura Logroño [en línea]. < <https://www.woespana.es/weather/maps/city?FMM=5&FYY=2012&LYY=2012&WMO=08084&CONT=eses®ION=0005&LAND=SP&ART=TMX&R=0&NOREGION=0&LEVEL=162&LANG=es&MOD=MOA>>. [Consulta:26-03-2021].
45. Weatherspark. 2020.Clima promedio en Coihueco [en línea]. < <https://es.weatherspark.com/y/25791/Clima-promedio-en-Coihueco-Chile-durante-todo-el-a%C3%B1o>>. [Consulta: 26-03-2021].
46. Yasin, M. and B. Tighe. 1993. Strategies for the design of biodegradable polymer systems: Manipulation of polyhydroxybutyrate-based materials. Plast. Rubber. Compos. 19(1): 15-27.
47. Zeaplast. 2012. Plásticos compostables biodegradables para agricultura. (En línea). <<http://www.zeaplast.cl/ZEAgrow+-5200>>. [Consulta: 11 octubre 2020].
48. Zeaplast. 2020. Historia. [en línea] Zeaplast producto biodegradable, Chile. <<http://ww.zeaplast.cl/plásticosbiodegradables/historia-de-los-bioplasticos+-20>>. [Consulta: 20 julio 2020].