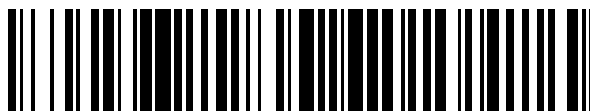


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 773 919**

51 Int. Cl.:

C08K 5/00	(2006.01) C08L 27/06	(2006.01)
C08K 5/09	(2006.01) C08L 67/02	(2006.01)
C08L 101/00	(2006.01) C08L 101/16	(2006.01)
C08K 5/092	(2006.01)	
C08K 5/1535	(2006.01)	
C08K 5/1545	(2006.01)	
C08L 3/02	(2006.01)	
C08L 23/06	(2006.01)	
C08L 23/12	(2006.01)	
C08L 25/06	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.10.2007 PCT/US2007/083245**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.05.2008 WO08055240**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.10.2007 E 07844780 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.12.2019 EP 2087033**

54 Título: **Aditivos químicos para hacer biodegradables los materiales poliméricos**

30 Prioridad:

31.10.2006 US 855430 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

15.07.2020

73 Titular/es:

**BIO-TEC ENVIRONMENTAL, LLC (100.0%)
13 Puesta Del Sol
Cedar Crest, NM 87008 , US**

72 Inventor/es:

**LAKE, JOHN, ALLEN y
ADAMS, SAMUEL, DAVID**

74 Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 773 919 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Aditivos químicos para hacer biodegradables los materiales poliméricos

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Campo de la invención (Campo técnico)

10 **[0001]** La presente invención está relacionada con unos materiales aditivos nuevos que se mezclan físicamente con materiales poliméricos para proporcionar biodegradabilidad a los compuestos resultantes formados a partir de los materiales poliméricos.

15 **[0002]** Los plásticos se producen en masa de manera industrial y, al mismo tiempo, se usan ampliamente en la vida diaria y en multitud de campos industriales, de manera que su uso ha aumentado enormemente. Así, resulta necesario producir plásticos que puedan resistir las fuerzas de la naturaleza. Muchos plásticos no se degradan en entornos naturales y, por ello, en los últimos años se han producido una contaminación y una destrucción medioambientales debido a los plásticos desechados. En consecuencia, en los últimos años se ha hecho más necesario el desarrollo de plásticos que puedan biodegradarse en entornos naturales.

20 **[0003]** La Patente de EE. UU. nº7,037,983, asignada a Huang et al. el 2 de mayo de 2006, explica métodos para fabricar polímeros biodegradables funcionales y métodos para modificar polímeros biodegradables utilizando una reacción química directa de un polímero biodegradable en un monómero de vinilo. Huang combina químicamente el material aditivo y las cadenas químicas de los polímeros.

25 **[0004]** La Publicación de Solicitud de Patente de EE. UU. 2004/0076778 desvela una bolsa biodegradable que comprende una película laminada o plastificada que puede obtenerse plastificando una capa selladora que contiene un polímero biodegradable, una capa de barrera que tiene propiedades para hacer de barrera del oxígeno y propiedades para hacer de barrera del vapor de agua y una capa de barrera que sostiene la capa de sustrato y que contiene un polímero biodegradable, de manera que la mencionada película plastificada está sellada contra el calor para que la capa selladora esté dentro. No se explica nada acerca de los microbios sembrados para degradar el polímero de las capas.

35 **[0005]** La Publicación de Solicitud de Patente de EE. UU. 2004/0068059 muestra cómo llevar a cabo una reacción de polimerización de condensación de una mezcla compuesta de tres componentes: un diol alifático, un ácido dicarboxílico alifático y un ácido hidroxycarboxílico alifático, o su compuesto cíclico anhidro (una lactona), para sintetizar un copolímero de poliéster de bajo peso molecular que tiene un peso molecular promedio de 5000 o más, preferiblemente 10 000 o más, y añadir un conector bifuncional al copolímero de poliéster en estado fundido. También se desvela un copolímero de poliéster alifático con un alto peso molecular y un copolímero de poliéster alifático con un alto peso molecular que contiene ácido poliláctico. Estos copolímeros pueden degradarse gracias a la acción de microorganismos presentes en la tierra o el agua.

40 **[0006]** La Publicación de Solicitud de Patente de EE. UU. 2003/0157214 desvela una composición de copolímeros de injerto de compuestos polihidroxi. La composición proporciona un método eficaz para crear un chicle respetuoso con el medio ambiente.

45 **[0007]** En este campo se sabe que las composiciones derivadas de furanona tienen diversos usos. Por ejemplo, la Patente de EE. UU. nº 6,296,889 describe el uso de algunos compuestos de furanona junto con 1-nonen-3-ona para proporcionar un mejor aroma y sabor al café y los lácteos. Se ha demostrado que las furanonas específicas (por ejemplo, 3, -(3,4-difluorofenil)-4-(4-(metilsulfonil)fenil)-2-(5H)-furanona, 3-fenil-4-(4-(metilsulfonil)fenil)-2-(5H)-furanona y 5,5-dimetil-4-(4-(metilsulfonil)fenil)-3-(3-fluorofenil)-5H-furan-2-ona) son inhibidoras de la ciclooxigenasa-2 (COX-2) y son útiles para tratar algunas afecciones inflamatorias (Patente de EE. UU. nº 5,474,995 y Patente de EE. UU. nº 6,239,173). La diversidad de los usos y utilidades de los derivados de furanona también se ha visto incrementada por el descubrimiento de algunas furanonas halogenadas que se han aislado a partir del alga roja australiana Delisea nulcha y que son agentes antiincrustantes marinos (Patente de EE. UU. nº 6,060,046) capaces de evitar el crecimiento de diversas algas marinas, invertebrados y bacterias en estructuras marinas.

55 **[0008]** La Patente de EE. UU. nº 5,599,960, asignada a Boden et al. el 4 de febrero de 1997, desvela una mezcla de isómeros de 3,5-dimetil-pentenil-dihidro-2(3H)-furanona con propiedades organolépticas. La mezcla tiene un dulce aroma -lactónico y cumarínico- a jasmín con intensas notas superiores verdes, cítricas, dulces y lactónicas y matices de limón y piel de bergamota, y posee un perfume agradable para los humanos. Este aroma es muy deseado para diversos tipos de composiciones de perfumes, artículos perfumados, colonias, composiciones de desodorantes y composiciones enmascarantes del olor.

BREVE RESUMEN DE LA INVENCION

65 **[0009]** La presente invención proporciona un aditivo biodegradable para mejorar la biodegradación de un material

polimérico cuando se le añade a este y que comprende una furanona como compuesto quimioatrayente; un ácido glutárico o su derivado; un compuesto de ácido carboxílico con una longitud de cadena de entre 5 y 18 carbonos; un polímero; y un agente dilatante. Asimismo, el aditivo puede comprender uno o más de los siguientes: un microbio que puede digerir el material polimérico, un aditivo compatibilizante, un agente de quimiotaxis positiva para atraer a los microbios, metal para provocar oxidación, colorantes y/o tintas, y/o partículas metálicas para aumentar o disminuir la reflectancia de luz, añadir fuerza, ralentizar o evitar la ruptura o descomposición de una capa o modificar el momento de ruptura, o una resina portadora.

[0010] El polímero se selecciona de un grupo que incluye poliésteres y cualquier copolímero de los mencionados polímeros.

[0011] En una realización preferida, la resina portadora se selecciona de un grupo que incluye los siguientes: polidivinilbenceno, copolímeros de etileno y acetato de vinilo, anhídrido maleico y ácido acrílico con poliolefinas.

[0012] En una realización aún más preferida, los microbios y la furanona se conservan en una cápsula a fin de facilitar la liberación controlada del material.

[0013] La furanona puede ser, por ejemplo, un compuesto de 2(3H)-Furanona, dihidro-4,5-dimetil,3,4,5-trimetil-5H-furan-2-ona con metano, pero no se limita a este compuesto.

[0014] De acuerdo con otra realización, se desvela un método para crear un plástico polimérico a capas que incluye: proporcionar al menos una capa de un polímero y formar capas de productos alrededor del polímero para crear un nuevo producto biodegradable. En una realización preferida, una capa comprende un microbio que es adecuado para degradar el polímero. En una realización preferida, los microbios se aplican a la -al menos una- capa usando la deposición de vapor. En una realización más preferida, las capas están orientadas biaxialmente. En otra realización preferida, el conjunto de capas tiene la forma de los hexágonos de los panales. En una realización alternativa, una capa interior es rígida frente a la tensión mecánica. En otra realización alternativa, al menos una capa contiene una fragancia. En una realización preferida, al menos una capa tiene una o más de las siguientes características: es un atrayente aromático para microbios, es un iniciador que modifica el polímero, tiene perforaciones.

[0015] En respuesta a la necesidad de contar con un modo mejor y más eficaz de hacer biodegradables los materiales poliméricos, la presente invención muestra cómo obtener materiales aditivos y cómo utilizar eficazmente estos materiales para hacer biodegradables los materiales poliméricos.

[0016] Por consiguiente, un objetivo de la presente invención es hacer biodegradables una amplia variedad de materiales poliméricos sin importar cuál sea su composición química.

[0017] Otro objetivo de la presente invención es fabricar materiales poliméricos biodegradables y biológicamente seguros sin tener que modificar químicamente las moléculas poliméricas.

[0018] Otro objetivo de la presente invención es contar con un material aditivo que puede hacer biodegradables la mayoría de composiciones poliméricas simplemente mezclándolo con el material polimérico en cualquier momento anterior a que el material polimérico se convierta en un artículo o producto para la venta.

[0019] Un aspecto de la presente invención proporciona una tecnología de liberación controlada para liberar de forma controlada diversos perfumes en entornos gaseosos durante la degradación polimérica.

[0020] Estos y otros objetivos de la presente invención resultarán evidentes para aquellas personas con conocimientos y habilidades comunes en este campo gracias a la descripción y las reivindicaciones anexas que se ofrecen a continuación.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS ILUSTRACIONES

[0021]

La Figura 1 (FIG. 1) ilustra una realización para fabricar un polímero biodegradable con capas de aditivos.

La Figura 2 ilustra una cromatografía de exclusión por tamaño de un material compuesto polimérico en presencia y en ausencia de aditivos.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

[0022] Tal y como se utiliza en el presente documento, 'un/una' quiere decir uno o más.

[0023] Tal y como se utiliza en el presente documento, un 'quimioatrayente' es una sustancia orgánica o inorgánica que posee un efecto inductor de quimiotaxis sobre las células móviles.

[0024] Tal y como se utiliza en el presente documento, un 'polímero' es una macromolécula natural y/o sintética que está compuesta de unidades más pequeñas llamadas 'monómeros' que están unidas entre sí.

5 POLÍMEROS

[0025] Los polímeros son macromoléculas sintéticas y naturales que están compuestas de unidades más pequeñas llamadas 'monómeros' que están unidas entre sí. Los termoplásticos son un tipo de polímeros que pueden fundirse o deformarse; se funden en un líquido cuando se calientan y pasan a un estado muy vítreo y quebradizo cuando se enfrían lo suficiente. La mayoría de termoplásticos son polímeros con un alto peso molecular cuyas cadenas se asocian mediante fuerzas de Van der Waals débiles (como el polietileno); otras interacciones más fuertes dipolo-dipolo y enlaces de hidrógeno (como la poliamida); o mediante el 'apilamiento' o acumulación de anillos aromáticos (como el poliestireno). Los polímeros termoplásticos se diferencian de los polímeros termoestables porque -a diferencia de los polímeros termoestables- pueden refundirse y remodelarse. Muchos materiales termoplásticos son polímeros de adición; por ejemplo, los polímeros de crecimiento de cadena de vinilo como el polietileno y el polipropileno.

[0026] Los tipos principales de termoplásticos incluyen el polietileno lineal de baja densidad, el polietileno de alta densidad, el cloruro de polivinilo, el polietileno de baja densidad, el polipropileno, el poliestireno y otras resinas. Los tipos principales de resinas de polímeros termoestables incluyen el poliéster, y también el tereftalato de polietileno y el poliuretano.

[0027] Según la literatura, algunos polímeros no son biodegradables o solo se biodegradan muy lentamente. Una realización de la presente invención permite acelerar la biodegradación de una amplia gama de polímeros hasta tal punto que su impacto medioambiental se reduce de forma significativa sin afectar negativamente a sus propiedades físicas beneficiosas.

[0028] Estos polímeros incluyen los plásticos de poliestireno, poliuretano, polietileno, polipropileno o policarbonato. También se sabe que los polímeros que contienen grupos aldehídos, metil, propil, etil, bencil o hidroxil y los polímeros basados en el petróleo no son biodegradables. Una realización de la presente invención está dirigida a aumentar la biodegradabilidad de los polímeros no biodegradables añadiendo un aditivo polimérico biodegradable a la composición polimérica.

35 POLÍMEROS BIODEGRADABLES

[0029] Generalmente, se considera que la biodegradación consiste en una hidrólisis catalizada mediante enzimas, una hidrólisis no enzimática, o ambas. Las enzimas pueden ser endoenzimas -que descomponen los enlaces de cadena internos de la cadena- o exoenzimas -que descomponen secuencialmente las unidades monoméricas terminales-.

[0030] La biodegradación es el deterioro o descomposición funcional del material, por ejemplo la pérdida de fuerza, sustancia, transparencia o de las buenas propiedades dieléctricas, de manera que se sabe que está relacionada con la exposición del material a un entorno vivo, que a su vez puede ser muy complejo, y de manera que la pérdida de propiedades puede deberse a diversas acciones físicas o químicas, como los primeros pasos de una compleja cadena de procesos.

[0031] Un polímero biodegradable es un polímero con un alto peso molecular que, debido a la acción de los microorganismos y/o los macroorganismos o las enzimas, se degrada en compuestos con un menor peso molecular. Por definición, los polímeros naturales son aquellos que se biosintetizan mediante diversas vías o rutas de la biosfera. Las proteínas, los polisacáridos, los ácidos nucleicos, los lípidos, la goma natural y la lignina, entre otros, son polímeros biodegradables, pero su ritmo o tasa de biodegradación puede ir desde algunas horas hasta varios años, dependiendo de la naturaleza del grupo funcional y el grado de complejidad. Los biopolímeros se organizan de formas diferentes a diferentes escalas. Esta arquitectura jerárquica de los polímeros naturales permite usar relativamente pocas moléculas primas o moléculas de partida (es decir, monómeros), que tienen secuencias y conformaciones variadas a una escala molecular, a una nanoescala, a una microescala y a una macroescala, de manera que se forman polímeros verdaderamente adaptables al medioambiente.

[0032] Por otra parte, las unidades repetitivas o unidades repetidas de los polímeros sintéticos son hidrolizables, oxidables, térmicamente degradables o degradables por otros medios. La naturaleza también hace uso de estos modos de degradación, por ejemplo la oxidación o la hidrólisis, de manera que, en este sentido, no existe distinción entre los polímeros sintéticos o naturales. Los catalizadores que impulsan la degradación en la naturaleza (catabolismo) son las enzimas, que se clasifican en seis tipos diferentes de acuerdo con la reacción catalizada. Estos tipos o clases incluyen la oxidorreductasa, para catalizar las reacciones rédox; la transferasa, para catalizar las transferencias de reacciones de grupos funcionales; la hidrolasa, para catalizar la hidrólisis; la liasa, para catalizar la adición a las reacciones de enlace doble; la isomerasa, para catalizar la isomerización; y la ligasa, para catalizar la formación de nuevos enlaces o uniones usando ATP.

[0033] Generalmente, la biodegradación de los polímeros oxidables es más lenta que la de los hidrolizables. Se ha demostrado que incluso el polietileno, que es bastante inerte a la biodegradación directa, se biodegrada tras la fotooxidación inicial. Un polímero oxidado es más frágil o quebradizo e hidrófilo que un polímero no oxidado, lo que, habitualmente, también da como resultado un material con una mayor biodegradabilidad. Los medios para acelerar la oxidación de los polímeros (por ejemplo, poliolefinas) se presentan de acuerdo con una realización de la presente invención.

[0034] Por ejemplo, si se combina un ditiocarbamato de níquel (fotoantioxidante) con un ditiocarbamato de hierro (fotoprooxidante), puede obtenerse una amplia variedad de tiempos de fragilización.

[0035] Una realización de la presente invención proporciona una mayor propensión de los polímeros a la biodegradación gracias a los aditivos que incluyen un biopolímero. De este modo, se obtiene una mezcla polimérica que es más propensa a la biodegradación.

[0036] Combinando almidón granular mezclado con polietileno junto con un polímero insaturado, un estabilizador térmico y un metal de transición se obtiene un material con una mayor propensión a la fotooxidación, la termólisis y la biodegradación. Este material particular también tiene un tiempo de inducción antes de que se inicie la degradación. Sin embargo, el uso del almidón solo en polietileno, por ejemplo, requiere de cantidades bastante grandes a fin de obtener realmente un aumento del ritmo o tasa de biodegradación.

[0037] De acuerdo con una realización, se añade un relleno a una composición que se va a añadir a un polímero, aumentando así la biodegradabilidad.

[0038] Los ataques microbianos o enzimáticos al poliéster aromático puro se aumentan mediante la exposición a ciertos microbios, por ejemplo *Trichosporum*, *Athrobacteria* y *Aspergillus* negativos.

[0039] La degradación del poliéster alifático se considera un proceso de dos pasos: el primero es la despolimerización o erosión superficial. El segundo es la hidrólisis enzimática, que produce intermediarios no solubles en agua que pueden ser asimilados por las células microbianas.

[0040] La degradación del poliuretano puede producirse mediante degradación fúngica, degradación bacteriana y degradación por medio de enzimas de poliuretano.

MICROBIOS

[0041] Diversos microorganismos, incluyendo las bacterias y los hongos, colaboran en la degradación de los materiales poliméricos. (Véase el documento 'Preliminary Review of the Degradation of Cellulosic, Plastic, and Rubber Materials in the Waste Isolation Pilot Plant, and Possible Effects of Magnesium Oxide Safety Factor Calculations', preparado para la 'U.S. EPA Office of Radiation and Indoor Air'; 11 de septiembre de 2006). Las actinobacterias son un tipo de bacterias que se encuentran principalmente en la tierra y pueden prosperar en entornos con pocos nutrientes. Pueden sobrevivir en condiciones aeróbicas y anaeróbicas, pero la mayoría son aeróbicas. El papel o función más importante de las Actinobacterias es la descomposición de nutrientes orgánicos, como la celulosa, y son unas de las pocas bacterias capaces de consumir lignocelulosa.

[0042] Normalmente, los hongos (el moho) necesitan oxígeno y un pH de entre 4.5 y 5 para proliferar. Los hongos crecen a temperaturas de hasta 45° C, si bien, generalmente, las tasas de crecimiento óptimo se producen a temperaturas de entre 30° C y 37° C. Puesto que la mayoría de hongos necesitan oxígeno, puede que solo estén disponibles para la degradación celulósica, plástica y de goma (o CPR, por sus siglas en inglés) antes de su fin y durante un período de tiempo relativamente corto (ambiente de compost). También hay evidencias de que los hongos anaeróbicos pueden degradar materiales lignocelulósicos.

[0043] Los procesos de biodegradación pueden afectar a los polímeros de diversas maneras. Los procesos microbianos que pueden afectar a los polímeros incluyen los daños mecánicos causados por las células en crecimiento, los efectos enzimáticos directos que provocan la ruptura o descomposición de la estructura polimérica, y los efectos bioquímicos secundarios causados por la excreción de sustancias diferentes a las enzimas que pueden afectar directamente al polímero o modificar las condiciones medioambientales, como las condiciones de pH o redox. A pesar de que, generalmente, los microorganismos como las bacterias son muy específicos respecto al sustrato utilizado para el crecimiento, muchos son capaces de adaptarse con el tiempo a otros sustratos. Los microorganismos producen enzimas que catalizan reacciones combinándose con un sustrato específico o una combinación de sustratos. La conformación o estructura de estas enzimas determina su reactividad catalítica hacia los polímeros. Los cambios estructurales en estas enzimas pueden estar provocados por los cambios en el pH, la temperatura y otros aditivos químicos.

DEGRADACIÓN DE PLÁSTICOS Y MICROBIOS

[0044] Para la degradación enzimática de los polímeros plásticos sintéticos, los polímeros que contienen grupos

hidrolizables en el esqueleto o estructura central del polímero son especialmente propensos a sufrir ataques microbianos, ya que hay muchos microorganismos que son capaces de producir hidrolasas (enzimas catalizadoras de la hidrólisis). En general, los poliésteres alifáticos, el poliuretano, los poliéteres y las poliimidas se degradan más fácilmente por la acción de microorganismos comunes. Generalmente, los polímeros con un mayor peso molecular y los polímeros ramificados son más resistentes.

[0045] La capacidad de los microorganismos para adaptarse a una nueva fuente de nutrientes es muy notable en cualquier evaluación que se realiza sobre la degradación microbiana de materiales plásticos. Las evidencias de la adaptación de las bacterias para la degradación de plásticos se ha demostrado en varias ocasiones. Por ejemplo, se descubrió que *Pseudomonas aeruginosa* comenzaba a proliferar 56 días después de que las bacterias entraran en contacto con un polímero de poliamida-6. La inoculación de poliamidas -que no se hubieran tratado previamente- con estas bacterias dio como resultado un crecimiento inmediato en el nuevo sustrato. Las especies individuales de bacterias pueden realizar diferentes pasos o etapas de descomposición química o biodegradación. Los compuestos más tóxicos se degradan o biodegradan por la acción de unos grupos denominados 'consorcios'. Cada especie del grupo trabaja en una fase particular del proceso de degradación, y se necesitan una o más a la vez para la biodegradación o degradación completa o para el proceso de purificación. Puede hacerse que los recipientes contaminados que contienen pesticidas, metales, elementos radiactivos, desechos mezclados y similares también contengan microbios que eliminarán la toxicidad, descompondrán los contaminantes y biodegradarán el recipiente.

[0046] Otros microbios que pueden ayudar en la biodegradación son los siguientes: psicrófilos, mesófilos, termófilos, actinomicetos, saprofitos, *Absidia*, *Acremonium*, *Alternaria*, *Amerosporos*, *Arthrinium*, *ascosporos*, *Aspergillus*, *Aspergillus Caesiellus*, *Aspergillus Candidus*, *Aspergillus Carneus*, *Aspergillus Clavatus*, *Aspergillus Deflectus*, *Aspergillus Flavus*, *Aspergillus Fumigatus*, *Aspergillus Glaucus*, *Aspergillus Nidulans*, *Aspergillus Ochraceus*, *Aspergillus Oryzae*, *Aspergillus Parasiticus*, *Aspergillus Penicilloides*, *Aspergillus Restrictus*, *Aspergillus Sydowi*, *Aspergillus Terreus*, *Aspergillus Ustus*, *Aspergillus Versicolor*, *Aspergillus/Penicillium* -como *Aureobasidium*, basidiomicetos, basidiosporos, *Bipolaris*, *Blastomyces*, *B. Borstelensis*, *Botrytis*, *Candida*, *Cephalosporium*, *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Cladosporium Fulvum*, *Cladosporium Herbarum*, *Cladosporium Macrocarpum*, *Cladosporium Sphaerospermum*, *Conidia*, *Conidium*, *Conidobolus*, *Cryptococcus Neoformans*, *Cryptostroma Corticale*, *Cunninghamella*, *Curvularia*, *Dreschlera*, *Epicoccum*, *Epidermophyton*, *Fungus*, *Fusarium*, *Fusarium Solani*, *Geotrichum*, *Gliocladium*, *Helicomyces*, *Helminthosporium*, *Histoplasma*, *Humicola*, micelios hialinos, *Memnoniella*, *Microsporum*, moho, *Monilia*, *Mucor*, micelios, mixomicetos, *Nigrospora*, *Oidium*, *Paecilomyces*, *Papulospora*, *Penicillium*, *Periconia*, *Perithecium*, *Peronospora*, *Phaeohyphomycosis*, *Phoma*, *Pithomyces*, *Rhizomucor*, *Rhizopus*, *Rhodococcus*, *Rhodotorula*, royas, *Saccharomyces*, *Scopulariopsis*, *Sepedonium*, *Serpula Lacrymans*, tizones, *Spegazzinia*, esporas, *Sporoschisma*, *Sporothrix*, *Sporotrichum*, *Stachybotrys*, *Stemphylium*, *Syncephalastrum*, *Thermononespore Fusca* Dsm43793, *Torula*, *Trichocladium*, *Trichoderma*, *Trichophyton*, *Trichothecium*, *Tritirachium*, *Ulocladium*, *Vorticillium*, *Wallemia* y levaduras.

[0047] Pueden combinarse uno o más compuestos de furanona para que funcionen como quimioatrayantes para las bacterias y/o como odorizantes para los polímeros en descomposición. Algunas furanonas, particularmente ciertas furanonas halogenadas, son inhibidores de detección de quórum. Normalmente, los inhibidores de percepción o detección de quórum son moléculas de poca masa molecular que provocan una reducción significativa de los microbios de detección de quórum. En otras palabras, las furanonas halogenadas matan algunos microbios. Las furanonas halogenadas evitan la colonización bacteriana en el caso de bacterias como *V. fischeri*, *Vibrio harveyi*, *Serratia ficaria* y otras. Sin embargo, las furanonas naturales son ineficaces contra *P. aeruginosa*, pero las furanonas sintéticas sí pueden ser eficaces contra *P. aeruginosa*.

[0048] Algunas furanonas, incluyendo aquellas que se nombran más abajo, son en realidad agentes quimioatrayantes para las bacterias. Las furanonas adecuadas pueden incluir -pero no se limitan a-: mezclas isoméricas de 3,5-dimetilientenil-dihidro-2(3H)furanona, emoxifurano y lactonas de N-acilhomoserina.

[0049] Las bacterias que han demostrado atraer los compuestos de furanona nombrados previamente incluyen -pero no se limitan a- *C. violaceum*.

[0050] Otros agentes quimioatrayantes incluyen los azúcares que no son metabolizados por las bacterias. Los ejemplos de estos agentes quimioatrayantes pueden incluir -pero no se limitan a- los siguientes: galactosa, galactonato, glucosa, succinato, malato, aspartato, serina, fumarato, ribosa, piruvato, oxalacetato y otras estructuras de L-azúcares y D-azúcares. Los ejemplos de bacterias atraídas hacia estos azúcares incluyen -pero no se limitan a- *Escherichia coli* y *Salmonella*. En una realización preferida, el azúcar es un almidón no esterificado.

[0051] Una realización de la presente invención se usa con cualquier resina portadora, como copolímero de acetato de vinilo y etileno con ingredientes aditivos de compuestos orgánicos organolépticos, por ejemplo coloides cultivados y fibras naturales o artificiales. Cuando se combinan en pequeñas cantidades con cualquiera de las resinas plásticas, la presente invención hace que los productos finales sean biodegradables a la vez que conservan sus propiedades beneficiosas.

[0052] Una característica importante de la presente invención es que puede usarse sin tener que modificar de forma significativa los métodos existentes de producción de productos plásticos. Los productos plásticos y poliméricos

resultantes presentan las mismas propiedades mecánicas deseadas y, en efecto, tienen una vida útil similar como productos sin el aditivo y, además, cuando se desechan, las comunidades de microorganismos aeróbicos y anaeróbicos que se encuentran comúnmente en casi todos los lugares de la Tierra son capaces de -al menos parcialmente- metabolizarlos y convertirlos en biomasa inerte.

[0053] Este proceso de biodegradación puede producirse de forma aeróbica o anaeróbica y puede producirse en presencia de luz o sin ella. Ahora, los polímeros tradicionales son capaces de biodegradarse en vertederos y ambientes de compost en un período de tiempo razonable, tal y como lo define la EPA, de entre 30 y 50 años de promedio.

[0054] Una realización de la presente invención difiere significativamente de otros 'plásticos degradables' emergentes del mercado actual porque no pretende sustituir las formulaciones de resina plástica que son tan populares en la actualidad, sino que las mejora volviéndolas biodegradables. Una realización de la presente invención es superior a aquellas que están presentes actualmente en el mercado por varias razones. Por ejemplo, los productos fotodegradables no se degradan en los vertederos debido a la falta de luz solar (normalmente se cubren con otra capa de basura antes de que se pueda producir la degradación). Al mismo tiempo, estos productos fotodegradables son difíciles de guardar o almacenar antes de usarse debido a su reactividad a la luz. De manera similar, los productos plásticos fabricados con altas cantidades de maicena y de rellenos de semillas de algodón no son capaces de descomponer la estructura molecular de los componentes plásticos de los productos, sólo se descomponen parcialmente en instalaciones de compost comerciales, son muy caros de fabricar y, a menudo, no presentan las propiedades físicas requeridas.

[0055] Una realización de la presente invención permite un proceso que primero atrae microorganismos mediante la quimiotaxis y, después, permite que los microorganismos del entorno metabolicen la estructura molecular de las películas plásticas. Las películas pueden degradarse y adquirir una forma inerte similar al humus que es inocua para el medioambiente. Un ejemplo de cómo atraer microorganismos mediante la quimiotaxis es usar una quimiotaxis positiva, como un gránulo -o bolita- de tereftalato de polietileno perfumado, D-azúcares de almidón no metabolizados por los microbios o furanona que atrae a los microbios, o cualquier combinación de estos.

[0056] En una realización preferida, se combinan varios compuestos bioactivos patentados para formar un gránulo o bolita de lote maestro que puede añadirse fácilmente a los colorantes y las resinas plásticas. El proceso de biodegradación comienza con uno o más agentes dilatantes patentados que, combinados con calor y humedad, expanden la estructura molecular de los plásticos.

[0057] Después de que los -uno o más- agentes dilatantes creen espacio(s) en la estructura molecular de los plásticos, la combinación de compuestos bioactivos descubiertos tras arduas pruebas de laboratorio atrae a una colonia de microorganismos que descomponen los enlaces químicos y metabolizan el plástico mediante procesos microbianos naturales.

[0058] Una realización de la presente invención proporciona una formulación mejorada de un material aditivo que puede añadirse a diversos colorantes y materiales poliméricos y mezclarse con estos materiales para volverlos biodegradables sin tener que modificar químicamente las moléculas poliméricas. Esto es importante para preservar la formabilidad de los materiales poliméricos de manera que puedan usarse para sus propósitos principales, es decir, para que puedan transformarse en productos o artículos que después pueden venderse a los usuarios en los diferentes sectores del comercio. Una vez que el producto se ha usado, puede desecharse y enviarse a un vertedero, donde, una vez que los productos se entierran en un entorno carente de oxígeno, los productos o artículos se biodegradarán en un período de tiempo razonablemente corto, solucionando así un grave problema medioambiental relacionado particularmente con la retirada o eliminación de plásticos.

[0059] De acuerdo con una realización de la presente invención, un aditivo comprende un compuesto de furanona, un ácido glutárico, un compuesto de ácido hexadecanoico, un polímero de policaprolactona y/o una resina portadora que ayuda a depositar de forma uniforme el material aditivo en el material polimérico para garantizar una correcta biodegradación. El aditivo también puede comprender compuestos químicos orgánicos y organolépticos como agentes dilatantes, esto es, fibras naturales, coloides cultivados, ciclo-dextrina, ácido poliláctico, etc.

[0060] El material aditivo vuelve biodegradables una amplia variedad de materiales poliméricos que, habitualmente, no serían biodegradables. Los ejemplos de estos materiales poliméricos incluyen polímeros de adición de cadena recta y cadena ramificada, copolímeros y polímeros de condensación. También incluyen materiales poliméricos alifáticos y aromáticos. Más específicamente, el aditivo es eficaz para volver biodegradables los polietilenos, los polipropilenos, los acetatos de polivinilo, los ácidos polilácticos, las poli-caprolactonas, los ácidos poliglicólicos, los ácidos poli láctico-co-glicólicos, los cloruros de polivinilo, los poliestirenos, los politereftalatos, los poliésteres y las poliamidas, de manera que, simplemente, se puedan depositar en un vertedero y comiencen a biodegradarse en presencia o ausencia de oxígeno.

[0061] De acuerdo con una realización de la presente invención, un aditivo comprende una mezcla de un compuesto de furanona, un ácido glutárico, un compuesto de ácido hexadecanoico, un polímero de policaprolactona, un agente

dilatante organoléptico (fibra natural, coloides cultivados, ciclo-dextrina, ácido poliláctico, etc.) y una resina portadora que ayuda a depositar de forma uniforme el material aditivo en el material polimérico que se va a hacer biodegradable para garantizar una correcta biodegradación. Preferiblemente, el compuesto de furanona está presente en un rango o intervalo igual o mayor que un 0-20% en peso. En una realización más preferida, el compuesto de furanona es un 20-40% en peso, más preferiblemente un 40-60% en peso, más preferiblemente un 60-80% en peso y, preferiblemente, un 80-100% en peso del total del aditivo. El ácido glutárico está presente en un rango o intervalo igual o mayor que un 0-20% en peso del total del aditivo. En una realización más preferida, el ácido glutárico es un 20-40% en peso, más preferiblemente un 40-60% en peso, más preferiblemente un 60-80% en peso y, preferiblemente, un 80-100% en peso del total del aditivo. El compuesto de ácido hexadecanoico está presente en un rango o intervalo igual o mayor que un 0-20% en peso del total del aditivo. En una realización más preferida, el ácido hexadecanoico es un 20-40% en peso, más preferiblemente un 40-60% en peso, más preferiblemente un 60-80% en peso y, preferiblemente, un 80-100% en peso del total del aditivo. El polímero de policaprolactona está presente en un rango o intervalo igual o mayor que un 0-20% en peso del total del aditivo. En una realización más preferida, la policaprolactona es un 20-40% en peso, más preferiblemente un 40-60% en peso, más preferiblemente un 60-80% en peso y, preferiblemente, un 80-100% en peso del total del aditivo. El agente dilatante organoléptico natural o artificial (por ejemplo, fibra natural, coloides cultivados, ciclo-dextrina, ácido poliláctico, etc.) está presente en un rango o intervalo igual o mayor que un 0-20% en peso del total del aditivo. En una realización más preferida, el agente dilatante organoléptico es un 20-40% en peso, más preferiblemente un 40-60% en peso, más preferiblemente un 60-80% en peso y, preferiblemente, un 80-100% en peso del total del aditivo. Las fotografías de microscopio electrónico de barrido (o SEM, por sus siglas en inglés) junto con un análisis científico han proporcionado pruebas de la biodegradación que se produce cuando se utiliza la mezcla anterior de compuestos químicos durante tres meses. Ver los ejemplos que se ofrecen más adelante para un análisis más profundo relacionado con las fotografías de SEM.

[0062] El compuesto de ácido glutárico puede ser, por ejemplo, ácido propilglutárico, pero no se limita a este.

[0063] El polímero de policaprolactona puede seleccionarse de -pero no se limita a- un grupo que incluye: poli caprolactona, policaprolactona, ácido poliláctico, ácido poliglicólico, ácido poliláctico-co-glicólico.

[0064] Los agentes dilatantes pueden seleccionarse de -pero no se limitan a- un grupo que incluye: fibras naturales, coloides cultivados, compuestos organolépticos y ciclo-dextrina.

[0065] La resina portadora puede seleccionarse de -pero no se limita a- un grupo que incluye: acetato de vinilo y etileno, acetato de polivinilo, anhídrido maleico y ácido acrílico con poliolefinas.

[0066] Una vez que el aditivo se ha preparado o formulado, se le debe conferir una forma que permita una distribución uniforme del aditivo en el material polimérico que se pretende hacer biodegradable. Esto puede lograrse mediante granulación, pulverización, haciendo una emulsión, suspensión, o con otro medio de consistencia similar y uniforme.

[0067] En una realización preferida, el aditivo se mezcla con el material polimérico justo antes de enviar el material polimérico a la maquinaria de conformado para fabricar el artículo deseado o el producto polimérico final.

[0068] En una realización de la presente invención puede usarse cualquier resina portadora (como acetato de polivinilo, acetato de etilvinilo, etc.), de manera que las poliolefinas o cualquier material plástico con los que estas resinas portadoras son compatibles pueden combinarse químicamente y permiten la dispersión del aditivo.

[0069] Los aditivos actuales sin resinas portadoras pueden usarse en proporciones variables y pueden mezclarse con cualquier producto plástico, aditivo biodegradable o producto, como ácido poliláctico, aditivos oxidegradables o productos no plásticos (materiales sin poliolefinas o plásticos).

[0070] Asimismo, el aditivo de la presente invención funciona con productos plásticos de recursos renovables (recursos verdes) como los de Duponts Sorano. La presente invención también funciona con cualquier tipo de proceso de moldeo de plástico que se haya creado con el objetivo de producir productos finales, como la inyección, el termoformado, el soplado, la extrusión, el revestimiento por rociado o la inmersión de capas.

[0071] En otra realización preferida, la invención es una película con una o más capas, de manera que cada capa incluye un producto diferente o una combinación de productos que permiten fabricar nuevos productos biodegradables con propiedades mejoradas. Estas propiedades incluyen: todos los beneficios de un producto de ácido poliláctico (cumple con el estándar ASTM D- 6400-99 de biodegradabilidad en 90 días) y los de una capa plástica de polietileno que conserva su vida útil de forma indefinida y proporciona fuerza y protección frente a la luz, el oxígeno, la humedad, el calor y la tensión mecánica. Pueden aplicarse microbios a las capas mediante deposición de vapor, de manera que en otras capas hay otros materiales y de manera que puede aplicarse a las capas más de una especie de microbios de forma selectiva. Por ejemplo, cada microbio puede seleccionarse por su capacidad para producir uno o más subproductos beneficiosos, como metano, ozono u oxígeno.

[0072] Asimismo, cualquiera de las capas puede tener microperforaciones o perforaciones de diversos tamaños y formas que permiten que diferentes cantidades de humedad, agua, líquidos, gas, etc. pasen a través de una capa de plástico biodegradable menos permeable y que se ha fabricado utilizando la tecnología de aditivos biodegradables. Una vez que el gas, el líquido o la humedad atraviesan una capa exterior (que tiene diferentes dimensiones, tamaños y formas, y también diferentes propiedades físicas y químicas), las capas interiores empezarán a biodegradarse a un ritmo predeterminado. Por ejemplo, una botella que tiene una fina capa de plástico de polietileno con el aditivo biodegradable en el exterior puede tener una vida útil completa, ya que la capa interior que entra en contacto con un líquido mantiene el líquido alejado del material biodegradable de ácido poliláctico (con una base de almidón) del exterior de la botella. Además, el material interior proporciona rigidez frente a la tensión mecánica. Una vez que la botella se deposita en el vertedero, la humedad y los microbios atacarán la parte exterior de la botella y la degradarán rápidamente. Finalmente, la capa interior de la película entrará en contacto con los microbios y se biodegradará a un ritmo diferente.

[0073] Otra realización es una película multicapa orientada biaxialmente (hecha de polipropileno, polietileno, poliestireno, etc.) que tiene una o varias capas de materiales con una base de almidón o materiales verdes de tereftalato de polietileno reciclado o una combinación de materiales, en combinación con los materiales plásticos normales con el nuevo aditivo biodegradable, como el plástico con aditivo de acuerdo con una realización de la presente invención que cubre el material polimérico compuesto.

[0074] Utilizando la presente invención se puede emplear cualquier variación respecto al diseño del conjunto de capas y/o cualquier otro diseño, como las formas hexagonales de los panales.

[0075] En otra realización adicional preferida, los metales forman parte de la composición del aditivo para provocar oxidación (con o sin el diseño por capas). Los metales confieren fuerza a un producto dado y permiten que este se oxide y se degrade. En la mezcla pueden incluirse todo tipo de partículas metálicas a fin de obtener nuevas variedades con propiedades diferentes. Puesto que las partículas de óxido o herrumbre se transportan por el aire, el nuevo material empezará a oxidarse y degradarse una vez entre en contacto con la humedad.

[0076] Preferiblemente, se añaden colorantes, tintas y partículas metálicas al aditivo o a cualquier capa con cualquier combinación de aditivos. Los colorantes, tintas y productos metálicos aumentan o disminuyen la reflectancia de luz (UV), confieren fuerza, evitan o ralentizan la descomposición de una capa, o alteran el tiempo de descomposición, es decir, de degradación o biodegradación, para que esta se produzca en un tiempo específico.

[0077] En otra realización preferida, se introduce un marcador para el control de calidad (es importante saber si el aditivo de la invención está presente con un porcentaje de peso determinado) y este marcador forma parte del aditivo. Se usan materiales como CS131, C-14, materiales fosforescentes, minerales que brillan en la oscuridad, partículas emisoras alfa con una semivida corta, etc. cuyas concentraciones pueden medirse fácilmente con los instrumentos actuales y que se pueden usar fácilmente para garantizar la calidad y la eficacia del aditivo.

[0078] La presente invención biodegrada poliestireno de alto impacto, poliestireno, polipropileno, tereftalato de polietileno, polietileno de alta densidad, polietileno de baja densidad, y otros compuestos. Se usó un microscopio electrónico de barrido (SEM) para analizar la biodegradabilidad de estos materiales cuando se mezclan con un 1-5% -por peso de carga- de aditivo respecto al plástico.

[0079] A continuación se ofrece un ejemplo de la composición de una capa de una realización preferida. Las películas multicapa (o de múltiples capas), como el tereftalato de polietileno ultra multicapa (cuya marca comercial se denomina Tetoron MLF), que utiliza una tecnología con una película extremadamente fina que lamina o plastifica entre 200 y 300 capas o más de dos tipos de películas poliméricas, se han mejorado, pero no se limitan al siguiente ejemplo:

Capa 1 (capa de prevención de luz o UV), Capa 2 (capa de microbios biodegradantes suspendidos en plástico), Capa 3 (capa saborizante o de fragancia), Capa 4 (capa con un olor u aroma atrayente para los microbios), Capa 5 (capa de productos verdes como Dupont Sarano TM), Capa 6 (capa de los iniciadores que modifican los polímeros, esto es, la luz, el calor, la alta energía, los radicales libres, etc.), Capa 7 (capa de polímeros de memoria que devuelven una molécula a su forma previa cuando se cumple una condición o se alcanza una temperatura predeterminada), Capa 8 [capa(s) perforada(s) o microperforada(s) con el aditivo que permite que el agua o la humedad o un inductor específico en forma de gas o líquido atraviesen las perforaciones y lleguen hasta la capa interior, permitiendo así la estimulación de los microorganismos (bacterias, hongos del moho, levadura, enzimas, etc.) y el comienzo del proceso de biodegradación].

[0080] Refiriéndonos ahora a la Figura 1, se ilustra una realización para crear un polímero biodegradable. Las capas pueden reordenarse para que formen prácticamente cualquier combinación y pueden añadirse o eliminarse capas según sea necesario. La(s) capa(s) de microbios (por ejemplo, la Capa 2) comprende(n): microbios devoradores de dióxido de carbono (termófilos) y *Pseudomonas putida*, que existe de forma natural en el suelo o tierra y puede alimentarse de estireno. Los microbios pueden estar en suspensión y volver a quedarse en suspensión tras interactuar con el agua u otros fluidos. Los microbios pueden ser microbios que comen petróleo, como *Alcanivorax borkumensis*.

[0081] Un ejemplo de microbios adecuados que se mezclan con el aditivo de la presente invención son las denominados procariotas o procariontes quimioheterótrofos. Estas bacterias funcionan como descomponedoras y descomponen cadáveres, vegetación muerta y los productos de desecho de las procariotas fijadoras de nitrógeno. Muchas procariotas viven con otros organismos en relación simbiótica, como en el caso del mutualismo y el comensalismo. Para que una forma de microbio particular (moho, hongos, bacterias, etc.) pueda trabajar en la descomposición/biodegradación del plástico, es importante que el plástico contenga los nutrientes adecuados para que se alimenten de ellos (en el caso de una bacteria fijadora de nitrógeno sería el nitrógeno; en el caso de una bacteria fijadora de azufre, sería el azufre, etc.). Los microbios pueden ser capaces de permanecer latentes o inactivos mientras están suspendidos en una matriz con finas capas de un plástico u otro compuesto. Los microbios se activan cuando entran en contacto con un iniciador como el agua y comienzan a descomponer o biodegradar el plástico que contiene el nutriente específico -por ejemplo, nitrógeno-, que deben consumir para prosperar. Cuando el nutriente se agota, los microbios mueren y regresan a la tierra.

[0082] En una realización preferida, los microbios y el material de furanona se dispersan en una cápsula a fin de facilitar la liberación controlada del aditivo. La cápsula contiene los microbios y la furanona y los mantiene separados de los polímeros, de manera que no se mezclan directamente con los polímeros durante la fase de fundido o fase de fusión.

[0083] En otra realización preferida, el aditivo incluye uno o más antioxidantes que se usan para controlar el ritmo o tasa de biodegradación. Los antioxidantes pueden unirse enzimáticamente a monómeros biodegradables, de manera que el polímero biodegradable resultante conserva la función antioxidante. Pueden producirse polímeros biodegradables unidos a antioxidantes, de manera que el polímero unido a antioxidantes se degradará a un ritmo que concuerda con la tasa o ritmo de administración efectiva del antioxidante. Los antioxidantes se seleccionarán según la aplicación específica, y los monómeros biodegradables pueden ser tanto sintéticos como naturales.

[0084] En otra realización preferida, el aditivo se dispersa en composiciones poliméricas utilizando uno o más fluidos supercríticos. Los fluidos supercríticos se utilizan para dispersar o difundir los aditivos en resina polimérica de materias primas e incluso en productos poliméricos terminados. Este proceso de interdifusión supercrítica puede aplicarse repetidamente sin dañar o echar a perder el sistema polimérico. Así, la reversibilidad del proceso es total. El proceso para tratar resinas poliméricas con fluidos supercríticos incluye los siguientes: (1) la difusión supercrítica de uno o más aditivos en una resina polimérica; (2) la combinación o conformación simultánea en el fluido supercrítico; y (3) el procesamiento adicional -mediante técnicas conocidas- de la resultante resina polimérica infundada o interdifundida a fin de obtener el producto final deseado.

[0085] En otra realización preferida, los microbios se modifican genéticamente y se adaptan al material polimérico biodegradable particular. Los microbios con proteasa modificados genéticamente son específicos para un plástico biodegradable (por ejemplo, poli ϵ caprolactona). Estos microbios modificados genéticamente están diseñados para excretar gases beneficiosos y subproductos energéticos. Estos microbios utilizan rutas -basadas en enzimas- para la síntesis monomérica, oligomérica y polimérica, así como la modificación polimérica.

Ejemplo 1: a continuación se muestra una composición ejemplar de una realización preferida que se añade a un polietileno de alta densidad. Para volver biodegradable el polietileno de alta densidad, se mezclan los componentes aditivos en las siguientes proporciones:

[0086] El compuesto de furanona, en un rango o intervalo igual o mayor que aproximadamente un 0-20%, o aproximadamente un 20-40%, o aproximadamente un 40-60%, o aproximadamente un 60-80% o aproximadamente un 80-100% en peso de carga del total del aditivo; el ácido glutárico, en un rango o intervalo igual o mayor que aproximadamente un 0-20%, o aproximadamente un 20-40%, o aproximadamente un 40-60%, o aproximadamente un 60-80% o aproximadamente un 80-100% en peso del total del aditivo; el compuesto de ácido hexadecanoico, en un rango o intervalo igual o mayor que aproximadamente un 0-20%, o aproximadamente un 20-40%, o aproximadamente un 40-60%, o aproximadamente un 60-80% o aproximadamente un 80-100% en peso del total del aditivo; el polímero de policaprolactona, en un rango o intervalo igual o mayor que aproximadamente un 0-20%, o aproximadamente un 20-40%, o aproximadamente un 40-60%, o aproximadamente un 60-80% o aproximadamente un 80-100% en peso del total del aditivo; la policaprolactona, el ácido poliláctico, el ácido poliglicólico y el ácido poliláctico-co-glicólico, en un rango o intervalo igual o mayor que aproximadamente un 0-20%, o aproximadamente un 20-40%, o aproximadamente un 40-60%, o aproximadamente un 60-80% o aproximadamente un 80-100% en peso del total del aditivo; y el agente dilatante organoléptico natural o artificial (fibra natural, coloides cultivados, ciclo-dextrina, ácido poliláctico, etc.), en un rango o intervalo igual o mayor que aproximadamente un 0-20%, o aproximadamente un 20-40%, o aproximadamente un 40-60%, o aproximadamente un 60-80% o aproximadamente un 80-100% en peso del total del aditivo.

[0087] Analizando los resultados de varios laboratorios de análisis independientes se estableció la biodegradabilidad de las películas plásticas de prueba, las espumas y otras formas que utilizan la formulación biodegradable. Las pruebas y análisis concluyeron que las películas, las espumas y otras formas eran biodegradables a corto plazo y a largo plazo en condiciones aeróbicas y anaeróbicas.

Ejemplo 2:

[0088] Se examinaron muestras de espuma de cloruro de polivinilo con aditivos (muestra A) y sin aditivos (muestra B) en un microscopio electrónico de barrido (SEM). Asimismo, las muestras de espuma de cloruro de polivinilo con aditivos (muestra C) y sin aditivos (muestra D) se sometieron a sonicación en detergente durante 5 minutos para eliminar las colonias microbianas y las biopelículas adheridas. Se cortaron algunas submuestras de aproximadamente 1 centímetro cuadrado de las muestras más grandes para prepararlas para el escaneo.

[0089] El análisis de las muestras se llevó a cabo en un JEOL 5800LV SEM. El SEM estaba equipado con un espectrómetro 'Oxford Instruments Energy Dispersive X-ray' (EDX), un analizador de rayos X Oxford y un sistema de imagen. El voltaje de aceleración fue de 15 kV, con una corriente de haz de aproximadamente 0,01 nA.

[0090] Se observó que la superficie de la muestra A presentaba una gran cantidad de biopelícula adherida. La biopelícula ocupaba los surcos o depresiones de la superficie. En otras zonas, la biopelícula y las colonias se asentaban en grandes depresiones continuas. También podían verse grietas en el cloruro de polivinilo que quedaron al descubierto con el encogimiento o reducción de la biopelícula durante el secado.

[0091] Se observó que la superficie de la muestra C presentaba surcos o depresiones poco profundas bajo las colonias microbianas después de que estas se hubieran retirado. Estas depresiones tenían un perfil o contorno irregular, reflejo del contorno irregular de las colonias microbianas.

[0092] Se observó que la superficie de la muestra B presentaba una gran cantidad de biopelícula adherida. Se observó que la superficie de la muestra D no presentaba ninguna colonia ni biopelícula. Solo se observaron unas pocas depresiones que pudieran asociarse o identificarse con las colonias microbianas. Las depresiones que se observaron en la superficie de la muestra D eran mucho menos comunes que en la muestra C.

[0093] Basándonos en el ejemplo anterior, es evidente que las colonias microbianas se incrustan o integran en la superficie de la muestra tratada, y están presentes sobre todo en las depresiones poco profundas. Los microbios se habían adherido tenazmente a la superficie tratada y había más colonias, en comparación con la muestra no tratada. Las depresiones bajo las colonias indican que estas están degradando el material mucho más rápido que el cloruro de polivinilo no tratado debido a la presencia del aditivo en la muestra tratada. El aditivo no estaba presente en la muestra de control, y aquí la degradación microbiana era mucho más lenta.

Ejemplo 3:

[0094] Se examinaron muestras de ftalato de polietileno con aditivos (muestra A) y sin aditivos (muestra B) en un SEM. Ambas muestras se limpiaron con un detergente suave en un limpiador ultrasónico.

[0095] El análisis de las muestras se llevó a cabo del mismo modo que con las muestras del Ejemplo 2, y también se usaron los mismos instrumentos.

[0096] Se observó que la superficie de la muestra A presentaba burbujas justo por debajo de la superficie, burbujas rotas en la superficie, rayas y estriaciones subparalelas y otros daños mecánicos. La muestra A presentaba una evidencia significativa de biodegradación.

[0097] Se observó que la muestra B presentaba una superficie muy lisa en la que la mayoría de las imperfecciones eran resultado de procesos mecánicos.

[0098] La muestra A presenta diferencias significativas respecto a la muestra B. Por ejemplo, la muestra A presenta numerosas burbujas, posiblemente debidas a la producción de gas microbiano en el plástico, y extraños defectos o imperfecciones similares a lazos o cintas y de origen desconocido, además de una caída o desprendimiento de la 'piel'. La muestra B apenas presenta incidencias. La muestra A se está degradando drásticamente, mientras que la muestra B sólo se está degradando ligeramente.

Ejemplo 4:

[0099] Se examinaron muestras de espuma de poliestireno expandido con aditivos (muestra A) y sin aditivos (muestra B) en un SEM.

[0100] El análisis de las muestras se llevó a cabo del mismo modo que con las muestras del Ejemplo 2, y también se usaron los mismos instrumentos.

[0101] Se observó que la superficie de la muestra A presentaba diversos tipos de daños, como grandes agujeros irregulares y grietas y bordes irregulares alrededor de los agujeros.

[0102] Se observó que la superficie de la muestra B presentaba unos agujeros lisos relacionados seguramente con el proceso de fabricación de la espuma.

[0103] La degradación superficial está presente en la muestra A y se cree que los agujeros dentados de la muestra A tienen un origen diferente al de los agujeros lisos de la muestra B. La muestra A presenta diferencias significativas respecto a la muestra B. En consecuencia, los cambios en la muestra A son resultado de la acción del aditivo.

Ejemplo 5:

[0104] Se examinaron muestras de marcadores de plantas de vivero de poliestireno de alto impacto con aditivos (muestra A) y sin aditivos (muestra B) en un SEM.

[0105] El análisis de las muestras se llevó a cabo del mismo modo que con las muestras del Ejemplo 2, y también se usaron los mismos instrumentos.

[0106] Se observó que la superficie de la muestra A presentaba numerosos hoyos irregulares y agujeros más pequeños similares a cráteres. Una capa de la superficie que se había agrietado y se había desprendido había producido los hoyos grandes. Los agujeros más pequeños similares a cráteres podían observarse en el interior de los hoyos poco profundos. Los agujeros pequeños no guardaban ninguna relación aparente con las grietas tensionales que se podían observar alrededor de los hoyos grandes.

[0107] Se observó que la muestra B presentaba una superficie inherentemente rugosa, pero apenas mostraba degradación. Se observaron algunos defectos en la superficie, pero seguramente se debían a daños mecánicos y no a la degradación.

[0108] La muestra A y la muestra B presentaban diferencias evidentes. La muestra A presentaba un gran número de hoyos y grietas que no estaban presentes en la muestra B. La superficie de la muestra A estaba muy alterada. Puesto que los cambios principales sólo se habían producido en la muestra A, seguramente eran resultado del aditivo utilizado para tratar la muestra A.

Ejemplo 6:

[0109] Se examinaron muestras de 'plástico de burbujas' o film alveolar con aditivos (muestra A) y sin aditivos (muestra B) en un SEM. Además, las muestras de espuma de cloruro de polivinilo con aditivos (muestra C) y sin aditivos (muestra D) se sometieron a sonicación en detergente durante 5 minutos para eliminar las colonias microbianas y las biopelículas adheridas.

[0110] El análisis de las muestras se llevó a cabo del mismo modo que con las muestras del Ejemplo 2, y también se usaron los mismos instrumentos.

[0111] Se observó que la superficie de la muestra A presentaba una comunidad microbiana próspera y diversa unida o adherida al 'plástico o envoltorio de burbujas'. En el 'plástico de burbujas' también había hoyos curvos debido a la disolución del plástico por parte de las bacterias adheridas.

[0112] Se observó que la superficie de la muestra C presentaba numerosos hoyos circulares y pequeños.

[0113] Estos hoyos pueden deberse a la disolución directa por parte de los microbios adheridos a la superficie.

[0114] Se observó que la superficie de la muestra B era lisa aunque presentara una gran cantidad de microbios adheridos. Por lo que parece, la comunidad era una comunidad diferente a la observada en la muestra A.

[0115] Se observó que la superficie de la muestra D era lisa y bastante uniforme, pero presentaba un patrón de crestas elevadas que eran aproximadamente paralelas. También había algunos hoyos, pero eran mucho más pequeños que las bacterias, lo cual indica que, probablemente, las bacterias no habían creado los hoyos.

[0116] Las muestras A y C presentaban diferencias evidentes respecto a las muestras B y D. Los hoyos y las imperfecciones de la superficie estaban muy extendidos en las muestras A y C, pero estaban presentes en un número mucho menor en las muestras B y D. Los hoyos de todos los tamaños y otras características de la superficie eran extremadamente abundantes en las muestras A y C, pero eran menos comunes en las muestras B y D. Los hoyos de las muestras A y C estaban relacionados seguramente con la descomposición microbiana del plástico, ya que a menudo tenían el mismo tamaño que las bacterias.

Ejemplo 7:

[0117] Las muestras de zapato, suela de zapato y lámina de zapato Mogo hechas de material polimérico de polietileno con un 1% de aditivo por carga de peso (muestra A), suela de zapato y lámina de zapato Mogo con un

5% de aditivo por carga de peso (muestra B) y zapato, suela de zapato y lámina de zapato Mogo sin aditivos (muestra C) se depositaron en un entorno de digestión anaeróbica análogo a un vertedero. Las muestras se colocaron en recipientes que estaban situados bajo una tubería de descarga de efluentes -con un gran diámetro- que fluían con un ritmo y una temperatura bastante constantes. Las muestras se cubrieron por completo de residuos líquidos. Las muestras estuvieron cubiertas de residuos líquidos durante 253 días.

[0118] Después de 4 meses, 6 meses y 8 meses, se recogieron las muestras A, B y C, se lavaron con agua tibia y jabón en un limpiador ultrasónico y se enviaron para analizar la biodegradación del plástico.

Análisis de la reflectancia total atenuada

[0119] Se realizó un análisis de la reflectancia total atenuada (o ATR, por sus siglas en inglés) en todas las muestras del Ejemplo 7. Se registraron los espectros ATR de estas muestras usando el espectrómetro Perkin-Elmer 16PC. Todas las muestras se analizaron en un rango o intervalo de 4000 a 800 cm^{-1} . Los espectros indicaron un ligero cambio en las muestras A y B en comparación con la muestra C. Al comparar el espectro ATR de la marca de 4 meses con la marca de 8 meses, la muestra A mostró un aumento significativo de la biodegradación. La biodegradación de la muestra A aumentó desde un 2,7% hasta un 15,8%.

[0120] En el caso de la muestra B, el espectro ATR de la marca de 4 meses mostró una tasa de degradación de un 7,65%.

Estudios de calorimetría de barrido diferencial (DSC)

[0121] Las propiedades térmicas y mecánicas de las muestras del Ejemplo 7 dependen significativamente de la estructura cristalina, el grado de cristalinidad, el peso molecular y la ramificación. Las temperaturas del rango o intervalo de fusión y el punto de transición vítrea varían considerablemente dependiendo del tipo de polímero.

[0122] En el caso de estas muestras, el interés se centraba principalmente en la temperatura de transición vítrea (T_g), el intervalo de fusión y el calor de fusión (cristalinidad) y la descomposición del material.

[0123] Los resultados de la DSC mostraron que, en el caso de la muestra B, el pico o máximo exotérmico (cristalización) cambió a una temperatura diferente en comparación con la muestra C. Este cambio se debe en parte a la biodegradación.

[0124] Basándonos en los datos analíticos mencionados, las muestras A y B están experimentando una degradación.

[0125] Refiriéndonos ahora a la Figura 2, se llevaron a cabo análisis de cromatografía de exclusión por tamaño (o SEC, por sus siglas en inglés) de muestras de polietileno con y sin aditivos usando un 98% de tetrahidrofurano (THF) y un 2% de trietilamina como fase móvil. Las muestras enviadas eran las siguientes: 1) Zapato (control; no contiene aditivo 'Bio-Batch' o 'Biolote'), 2) Suela de zapato (control), 3) Lámina o placa de zapato Mogo (control), 4) Zapato (tratado; contiene un 5% de 'Bio-Batch' por carga de peso), 5) Suela de zapato (tratada; contiene un 1% de 'Bio-Batch' por carga de peso), 6) Suela de zapato (tratada; contiene un 5% de 'Bio-Batch' por carga de peso), 7) Lámina de zapato Mogo (tratada; contiene un 1% de 'Bio-Batch' por carga de peso), 8) Lámina de zapato Mogo (tratada; contiene un 5% de 'Bio-Batch' por carga de peso).

[0126] Las muestras se disolvieron en la fase móvil y se filtraron antes de su análisis.

Basándose en los cromatogramas presentados previamente, el pico o máximo de la muestra de control en el punto temporal de retención de 4,5 minutos ha desaparecido en la muestra con un 5% de 'Bio-batch' y ha disminuido en la muestra con un 1% de 'Bio-batch'. La desaparición de este pico de peso molecular alto indica una degradación de material. Otra señal o indicación es el aumento en el área o zona del pico para fracciones de peso molecular bajo en el punto temporal de retención de 9,4 minutos. Tomadas en conjunto, parece que las muestras analizadas han experimentado una biodegradación de alrededor de un 4%.

[0127] No obstante, al tacto, al final de la prueba de 8 meses, las muestras tratadas son claramente diferentes a las muestras de control. Son más maleables y flexibles que las muestras de control. Esto se debe al deterioro de la composición química en las muestras tratadas versus las muestras de control.

[0128] Basándonos en los análisis de FTIR/ATR, DSC y SEC, queda claro que las muestras presentan evidencias de alrededor de un 4% de biodegradación.

Ejemplo 8

[0129] Se realizó otro análisis de ATR de un poliestireno tratado con aditivos (Muestra A) y un poliestireno que no se había tratado (Muestra B). Los espectros de ATR para la muestra B indican picos en 2913.33, 2850.43, 2360 y 2333.33, 1236.66 y 1016.66. La muestra tratada presenta picos en 2915.21, 2847.22, 2362.31, 2336.88, 1736.55,

1460.41, 1238.22 y 1017.78. Puesto que las absorciones principales del poliestireno tratado se producen, aproximadamente, en 2935-2860 cm^{-1} , y también hay absorciones en 1460 y 724 cm^{-1} , el compuesto es una cadena alifática lineal larga. El pico en 1736 es, probablemente, una amida o un carboxilato [una cetona o una sal de ácido carboxílico indica la presencia de un grupo carbonilo ($\text{C}=\text{O}$)]. La muestra tratada presenta señales de degradación microbiana.

[0130] Se examinaron mediante SEM muestras de polipropileno de 1 cm en busca de evidencias de biodegradación en la muestra A, tratada con el aditivo, y la muestra B, no tratada con el aditivo. El análisis de SEM se llevó a cabo tal y como se describe en el Ejemplo 1.

[0131] La muestra A presenta numerosos hoyos creados por la biopelícula y las colonias microbianas. Los agujeros y los hoyos tienen un tamaño de entre alrededor de 1-2 μm y alrededor de 10-50 μm y más grandes. Los agujeros contienen microbios visibles. Además, la superficie está levantada y desprendida, lo cual se puede atribuir en parte a la acción microbiana en la subsuperficie.

[0132] Por el contrario, la muestra B presenta una superficie lisa sin hoyos ni agujeros como los observados en la muestra A. La muestra B no tratada no presenta la 'piel' o capa exterior que se ha formado en la muestra tratada.

REIVINDICACIONES

1. Un aditivo biodegradable que aumenta la biodegradación del material polimérico cuando se añade a este, de manera que comprende:

5 furanona como compuesto quimioatrayente;
 un ácido glutárico o su derivado;
 un compuesto de ácido carboxílico con una longitud de cadena de entre 5 y 18 carbonos;
10 un polímero, de manera que el polímero se selecciona de entre poliésteres y copolímeros de este; y
 un agente dilatante.

2. El aditivo de la reivindicación 1, que además comprende un microbio que puede digerir el material polimérico.

3. El aditivo de la reivindicación 1, que además comprende uno o más de los siguientes: colorantes, tintas o
15 partículas metálicas.

4. El aditivo de la reivindicación 1, de manera que el compuesto de ácido carboxílico es ácido hexadecanoico, de manera que el polímero es policaprolactona y de manera que comprende una resina portadora.

5. El aditivo de la reivindicación 4, de manera que el polímero de policaprolactona se selecciona de un grupo que
20 incluye: poli ϵ caprolactona, policaprolactona, ácido poliláctico, ácido poliglicólico y ácido poliláctico-co-glicólico.

6. El aditivo de la reivindicación 1, de manera que comprende una resina portadora.

7. El aditivo de la reivindicación 6, de manera que la resina portadora se selecciona de un grupo que incluye:
25 polidivinilbenceno, copolímeros de acetato de vinilo y etileno, anhídrido maleico y ácido acrílico con poliolefinas.

8. Un método para crear un plástico polimérico con capas, que comprende:

30 proporcionar al menos una capa de un polímero; y
 formar capas alrededor del polímero con una mezcla de acuerdo con la reivindicación 1 para crear un nuevo
 producto biodegradable.

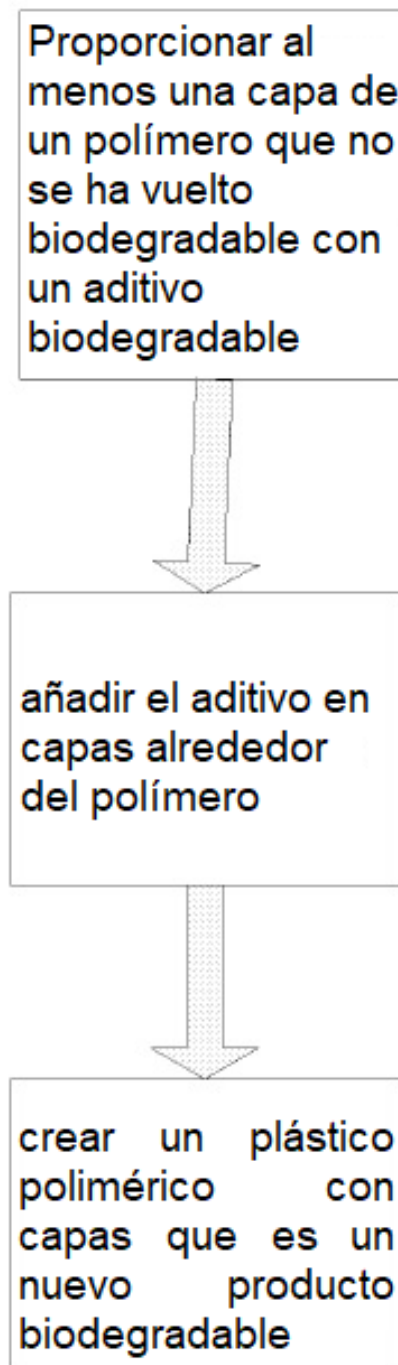


FIG. 1

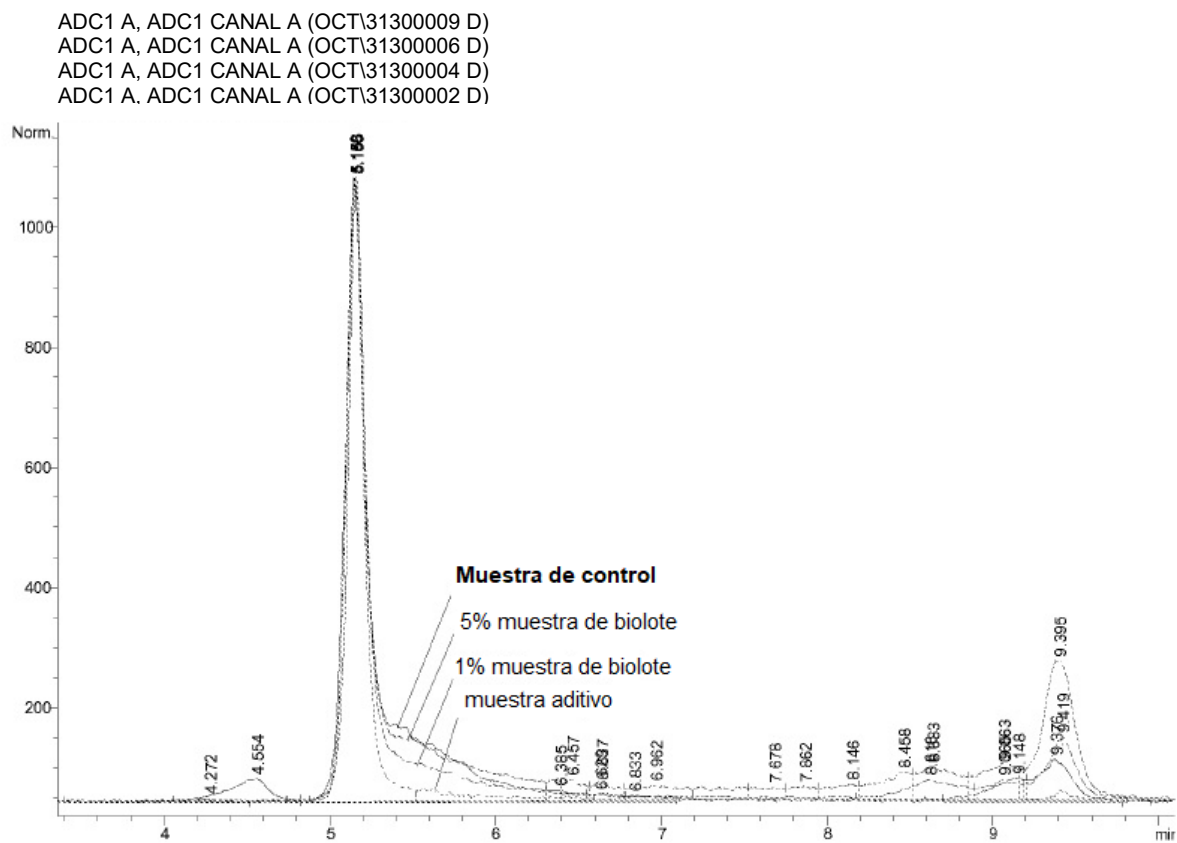


FIG. 2