

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA



**“EFECTO DE LOS AGROQUÍMICOS Y LOS PESTICIDAS SOBRE CUBIERTAS
PLÁSTICAS USADAS EN LA AGRICULTURA”**

CASO DE ESTUDIO

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA
OPCIÓN: AGROPLASTICULTURA**



CENTRO DE INFORMACIÓN

16 ENE 2013

PRESENTA:

RECIBIDO

Q. NADIA ARMANDINA ROCHA DE LA CRUZ

SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO.

AGOSTO, 2012.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA



HACE CONSTAR QUE EL CASO DE ESTUDIO TITULADO:

**“EFECTO DE LOS AGROQUÍMICOS Y LOS PESTICIDAS SOBRE LAS
CUBIERTAS PLÁSTICAS USADAS EN LA AGRICULTURA”**

PRESENTADO POR:

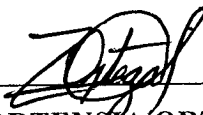
NADIA ARMANDINA ROCHA DE LA CRUZ

REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

OPCION TERMINAL EN AGROPLASTICULTURA

HA SIDO DIRIGIDO POR:



DRA. HORTENSIA ORTEGA ORTIZ

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA



**A TRAVES DEL JURADO EXAMINADOR HACE CONSTAR QUE EL CASO DE
ESTUDIO**

**“EFECTO DE LOS AGROQUÍMICOS Y LOS PESTICIDAS SOBRE LAS
CUBIERTAS PLÁSTICAS USADAS EN LA AGRICULTURA”**

QUE PRESENTA:

NADIA ARMANDINA ROCHA DE LA CRUZ

**HA SIDO ACEPTADO COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

OPCION TERMINAL EN AGROPLASTICULTURA

PRESIDENTE

Dr. Hugo Lira Saldivar

VOCAL

M.C. Aida Esmeralda García Valdez

SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO.

AGOSTO, 2012

AGRADECIMIENTOS

A MIS MAESTROS

Dr. Hugo Lira Saldivar

Dr. Luis Ibarra Jiménez

M.C. Juanita Flores Velásquez

M.C. María Rosario Quezada Martin

M.C Eduardo Treviño López

M.C Luis Villarreal Cárdenas

Dr. Antonio Cárdenas Flores

Dr. Santiago Sánchez López

Por brindarme la oportunidad de estar aquí hoy, por formar parte de este logro el cual les comparto esperando que su esfuerzo, empeño y sabiduría se vea reflejado en este trabajo.

AL CIQA

Por brindarme todo lo necesario para hacer posible esta especialidad.

A MI TUTOR: M.C Eduardo Treviño López

Por su orientación durante todo el año de estudio

A MI ASESORA: DRA. HORTENSIA ORTEGA ORTIZ

Por el apoyo, experiencia y orientación que me brindo para culminar este nuevo paso en mi carrera profesional Gracias.

DEDICATORIA

Al más especial, a ti Señor por guiarme, ayudarme y poner en mi camino a los seres que me rodean, los cuales hicieron posible lo que hoy en día termino Gracias.

A mis padres, porque creyeron en mi, me sacaron adelante dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron ahí para impulsarme en los momentos mas difíciles, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final.

Va por ustedes: Armando Rocha Flores y Armandina De La Cruz Martínez, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí, LOS AMO.

A mis hermanos Nélide, Emmanuel, Humberto e Isela.

Gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida diciéndome siempre que yo podía y que dejara mis miedos a un lado.

Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles.

A mi novio André Santillana Marín.

Por tu apoyo incondicional único que me dio seguridad, por tus consejos, ayuda y cariño; los cuales me dieron fuerza para poder concluir con mi especialidad.

A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	2
DEDICATORIA	3
I. INTRODUCCIÓN	6
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	7
1.1 Clasificación de los agroquímicos según la DL50 de la Organización Mundial de la Salud (OMS).....	7
2.1 Plásticos más utilizados como cubierta para invernaderos.....	12
2.1.1 Polietileno de baja densidad (PEBD)	12
2.1.2 Polímero de Etileno Vinil Acetato (EVA).....	13
2.1.3 Policloruro de vinilo (PVC).....	14
2.2 Propiedades de los plásticos utilizados como cubiertas para invernaderos.....	14
2.2.1 Propiedades físicas de los polímeros.....	14
2.2.2 Propiedades ópticas.	16
Transmisión de la radiación solar	16
2.2.3 Propiedades térmicas y comportamiento térmico.....	16
2.2.4 Formas de degradación de los polímeros	17
2.3 Efecto de sustancias químicas sobre películas de invernadero.....	19
2.3.1 Recomendaciones para que una película plástica tenga mayor durabilidad ante la presencia de pesticidas.....	20
2.4 Biodegradación de películas térmicas de Polihidroxitirato con aplicación de pesticidas	20
2.5 Comparación del efecto de los agroquímicos sobre películas agrícolas utilizando Polietileno de baja densidad (PEBD) y Copolímero de Etileno-Vinil-Acetato (EVA).....	21
2.6 Factores que provocan la degradación de las películas plásticas para invernadero	24
3. Nuevas formas de aplicación de pesticidas y agroquímicos.....	25
3.1 Liberación controlada de pesticidas y agroquímicos.....	25
III. ESTADO DEL ARTE	28
IV. ÁREAS DE OPORTUNIDAD	30
IV. CONCLUSIONES	33

VI. BIBLIOGRAFÍA.....	34
PAGINAS WEB CITADAS.....	35

I. INTRODUCCIÓN

Algunos agroquímicos, también conocidos como plaguicidas, son un grupo muy numeroso de sustancias utilizadas para el control de organismos considerados plagas. Un agroquímico es considerado cualquier sustancia destinada a prevenir, destruir, atraer, repeler o combatir cualquier plaga, incluidas las especies indeseables de plantas o animales, durante la producción, almacenamiento, transporte, distribución y elaboración de alimentos, productos agrícolas.

Los agroquímicos más peligrosos son el Paratión Metílico, Paraquat, Foxim, Terbufós y Diazinón. Los agroquímicos organoclorados, cuyo uso está prohibido (por ejemplo el DDT), puede ser motivo de preocupación debido a que sus residuos pueden persistir en el medio durante muchos años después de su uso.

Se consideran distintas clasificaciones, de las cuales se pueden mencionar: el punto de acción de este en el cultivo, la especificidad o amplio espectro en el control de plagas, el tipo de organismos que controlan, ya sea estos insectos, hierba, maleza, hongos, ácaros, etc. El grupo químico al que pertenece, agrupándolos según su composición química y se clasifican según el grado de toxicidad que estos presentan,

El tipo, concentración y composición de los agroquímicos los convierte en sustancias peligrosas ya que su uso excesivo en presencia de radiación UV provoca una disminución en la vida útil de las películas plásticas ocasionando problemas económicos y ambientales en la agricultura (scribd.com).

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Clasificación de los agroquímicos según la DL50 de la Organización Mundial de la Salud (OMS)

Clasificación de la OMS de los agroquímicos:

- Sumamente peligroso, muy tóxico. Banda roja
- Sumamente peligroso, tóxico. Banda roja
- Moderadamente peligroso, Nocivo. Banda amarilla
- Poco peligroso, cuidado. Banda azul
- Normalmente no ofrece peligro, cuidado. Banda verde

Cuadro 1. Clasificación y efecto de los agroquímicos en las plantas (scribd.com).

Según el tipo de contacto		
Tipo	Descripción	Toxicidad
Sistemáticos	Absorbidos por las plantas y traslocados a diferentes lugares dentro de las mismas	Moderadamente peligroso
De contacto	No son traslocados, debiendo ser colocados exactamente en el punto en donde se debe controlar a la plaga.	Moderadamente peligroso
Según la plaga a controlar		
Específicos o de amplio espectro	Son diseñados para una plaga en particular (específicos) o para varias lo que se refiere a amplio espectro.	Moderadamente peligroso
Según el tipo de organismo que controlen		
Insecticida	Sustancia química destinada al control y eliminación de insectos, considerados plagas, dañinos para cultivos	Muy tóxico

Acaricida	Se utiliza para eliminar, controlar o prevenir la presencia de los ácaros que atacan a las plantas y a la producción de las mismas.	Tóxico
Fungicida	Se emplea para destruir hongos que afectan los seres vivos, para prevenir la aparición de estos en las cosechas que son almacenadas, Los fungicidas clásicos, compuestos de mercurio, son muy tóxicos.	Muy tóxico
Herbicida	Usado para controlar especies vegetales. Ya que se dividen según su grupo químico.	Ligeramente Tóxico
Según su grupo químico		
Tipo	Descripción	Toxicidad
Organofosforados	Usados en plagas de insectos. Forman parte, como ingredientes activos, de muchos formulados comerciales.	Moderadamente tóxico
Paratión	Dietilnitrofenilfosfotionato, insecticida agrícola causante de muchas intoxicaciones.	Altamente tóxico
Malatión	Dimetilodicarbetoetilfosforoditionato, insecticida muy utilizado, es menos peligroso que el paratión.	Ligeramente tóxico
Tepp	Tetraetilpirifosfato, uno de los primeros insecticidas	Altamente tóxico
Carbamato	Ésteres de los ácidos N-metil o N, N-dimetil carbámicos, conformadas por un átomo de nitrógeno unido a un grupo lábil; el ácido carbámico, tiene un efecto neurotóxico que en la dosis correspondiente, conlleva a la muerte. Baygón, carbaryl, carbofurán son los más comunes.	Poco peligroso
Derivados del Ácido Fenoxiacético	Se usan como herbicidas. Por ejemplo: 2,4 -D y el MCPA. Peligrosos para piel, los ojos y las vías respiratorias e ingestión.	Poco peligroso

Los piretroides	Entran al ambiente principalmente debido a su uso como insecticidas, se adhieren firmemente al suelo y eventualmente son degradados por microorganismos en el suelo y el agua.	Poco peligroso
Triazinas	Herbicidas que se utilizan en los cultivos de maíz y el sorgo, para estimular el crecimiento y mayor peso seco en el cultivo de maíz. Requieren de lluvia o irrigación para su movilidad en el suelo.	Moderadamente tóxico
Simazina	Se fija a los coloides del suelo, la dosis se ajusta con el contenido de materia orgánica y arcillas del suelo.	Normalmente no ofrece peligro
Derivados de la Cumarina		
Tipo	Descripción	Toxicidad
General	Incluyen el Umbelliferona, el Aesculetin, el Herniarin y el Imperatorin. La cumarina y sus derivados son todos los fenil-propanoides considerados.	Moderadamente tóxico (vía oral)
Compuestos Organoestánicos		
General	Estos compuestos son formulados en polvos rociables y líquidos absorbentes como fungicidas para el control de plagas en campos de cultivo y huertos de árboles. Usado como molusquicida.	Tóxico
Derivados del Cloronitrofenol		
General	Entre los derivados de este se conocen el dinoseb, dinoterb y pentaclorofenol, los que resultan ser un irritante cutáneo cuando existe contacto.	Moderadamente tóxico

Derivados de fuentes naturales

Quitosano	Proviene de la quitina, la cual forma parte del exoesqueleto de los insectos y los crustáceos. En términos generales, la aplicación de quitosano ha mostrado efectos positivos en el crecimiento de las plantas, tanto en la estimulación de la germinación de semillas como en el crecimiento de partes de la planta como raíces, retoños y hojas. Además, funciona como un agente bactericida y fungicida para la protección de plántulas.	No tóxico
Extracto de ajo	Para uso contra plagas de ácaros, barrenadores, áfidos, pulgones, bacterias y hongos. Su uso es en extracto o en polvo. (www.ecomaria.com)	No tóxico
Extracto de gobernadora	Ayuda en los primeros síntomas de aparición de hongos y funciona como barrera física en la superficie del vegetal para prevenir la adherencia del patógeno a la planta además de promover el crecimiento radicular. Uso foliar	No tóxico
Extracto de cola de caballo	Se usa como fungicida. Tiene propiedades bacteriostáticas y bactericidas, previniendo a la planta de posibles ataques por microorganismos fitopatógenos. Indicado para uso en cultivos ornamentales, frutales y hortalizas. Uso concentrado vía foliar (ecopasion.com).	No tóxico

Con el paso del tiempo los desarrollos científicos y tecnológicos en el campo de los polímeros han ayudado a la introducción de mejores materiales y al uso de diversos tipos de aditivos, creando un mejor desempeño en el comportamiento de los plásticos; siendo el campo agrícola uno de los más beneficiados con el desarrollo de cubiertas de invernaderos así como acolchados de suelos. Sin embargo aun con el uso de aditivos estabilizadores de los plásticos en la agricultura y en otros campos estos se encuentran expuestos a la degradación, produciendo cambiando en sus propiedades mecánicas y ópticas (dspace.espol.edu.ec).

Los primeros plásticos se obtuvieron a partir de polímeros a los que añadían sustancias plastificantes. El proceso que condujo a los plásticos modernos fue la sintetización: partir de monómeros o moléculas sencillas para obtener polímero mediante una reacción química polimerizante.

Los primeros resultados alcanzados por los primeros plásticos incentivaron a los químicos y a la industria a buscar otras moléculas sencillas que pudieran enlazarse para crear polímeros. En la década de los 30, químicos ingleses descubrieron que el gas etileno polimerizaba bajo la acción de calor y presión formando un termoplástico llamado polietileno (PE) el cual se obtiene a partir del monómero del etileno. Estos materiales en la actualidad se utilizan como cubiertas plásticas para la agricultura (ocw.usal.es).

Las películas más usuales en la Agricultura y sus aplicaciones son:

- Polietileno de baja densidad (PEBD) que se utiliza en: acolchado, pequeño túnel, cubierta flotante, ensilaje, mallas, impermeabilización, envoltura de sustrato, cortavientos, riego, drenaje y contenedores.
- Copolímero de acetato de vinilo (EVA) que se utiliza en: acolchado, pequeño túnel, invernadero, cubierta flotante, ensilaje, mallas, impermeabilización, cortavientos, riego y drenaje.
- Polietileno de alta densidad que se utiliza en: mallas, impermeabilización, cortavientos, riego y drenaje.
- Policloruro de vinilo (PVC) que se utilizan en: acolchado, pequeño túnel, invernadero, mallas, impermeabilización, riego y drenaje.
- Polipropileno (PP) el cual se utiliza en: cubiertas flotantes, mallas, cortavientos, riego, drenaje y contenedores.

Los materiales plásticos utilizados como cubierta de invernadero son todos termoplásticos, con la excepción del poliéster reforzado con fibra de vidrio. Otra característica común es su poco peso, esto constituye una ventaja por la facilidad de manipulación, transporte y menores exigencias de estructura de soporte. El más utilizado por su bajo costo es el polietileno de alta y baja densidad seguido del policloruro de vinilo (PVC)

El acolchado plástico en la producción hortofrutícola se utiliza con bastante frecuencia, consiste en una película de bajo espesor colocado en el suelo. Las películas para acolchado son impermeables al agua y al aire. Los materiales más utilizados para esta aplicación: Polietileno de baja densidad lineal (PEBDL), el polietileno de baja densidad (PEBD), acetato de vinilo (EVA) y el policloruro de vinilo (PVC). La utilización mayoritaria del polietileno lineal de baja densidad radica en sus mejores propiedades mecánicas (alargamiento a la rotura 100-700%, permeabilidad al agua, al CO₂, N₂, H₂, O₂, resistencia dieléctrica (25µm grosor), resistencia al desgarro inicial) permitiendo reducir el espesor de la película lo que supone una menor cantidad en Kg/m² y, en definitiva, menor precio por unidad de superficie (cotas.org.mx).

2.1 Plásticos más utilizados como cubierta para invernaderos

2.1.1 Polietileno de baja densidad (PEBD)

El PEBD se obtiene a partir del etileno, sometiéndolo a altas temperaturas y presión, en presencia de un catalizador de radicales libres y se diferencia del de alta densidad porque el PEBD es mucho más ramificado.

Es un plástico semicristalino, flexible, blanquecino, inodoro e insípido, de tacto parafínico, con excelentes propiedades eléctricas y poca resistencia a elevadas temperaturas. Es propenso a agrietarse bajo carga ambiental ya que su resistencia a la radiación UV es mala y sólo puede realizar función de protección frente al agua. Posee un elevado poder calorífico de 46.000 kJ/kg (dipetplasticos.com)

Características:

- Buenas resistencia térmica y química
- Buena resistencia al impacto

- Es de color lechoso, puede llegar a ser transparente dependiendo de su espesor.
- Muy buena procesabilidad, es decir, se puede procesar por los métodos de conformados empleados para termoplásticos, como inyección y extrusión.
- Es más flexible que el polietileno de alta densidad.
- Presenta dificultades para imprimir, pintar o pegar sobre él.

2.1.2 Polímero de Etileno Vinil Acetato (EVA)

Su porcentaje en peso por lo general varía de 10 a 40%, siendo el resto etileno. Aunque en algunos casos, este porcentaje puede ser un tanto mayor (hasta un 75%), utilizados como suspensiones acuosas.

Se trata de un polímero que se acerca a los elastómeros en cuanto a la suavidad y flexibilidad, sin embargo, puede ser procesado al igual que los termoplásticos, por lo que este tipo de materiales recibe el nombre de elastómero termoplástico. El material tiene buena claridad y brillo, propiedades de barrera, resistencia a bajas temperaturas, la resistencia al estrés-cracking, propiedades de adhesivo a prueba de agua, y resistencia a la radiación UV. El EVA tiene poco o ningún olor y compite con la goma y productos vinílicos en muchas aplicaciones eléctricas. El etileno vinil acetato es un polímero de adición formado por unidades repetitivas de etileno y acetato de vinilo.

Propiedades y características:

- Cristalinidad más baja que la del homopolímero de etileno común.
- Temperatura de termo-sellado mas bajas
- Resistencia a la tracción y dureza
- Transparente
- Mayor flexibilidad a bajas temperaturas
- Mayor resistencia a la ruptura y al impacto
- Baja absorción de agua
- No es toxico

Sus propiedades a altas temperaturas son menores que las del polietileno de baja densidad (PEBD) (tecnologiadelosplasticos.blogspot.com)

2.1.3 Policloruro de vinilo (PVC)

El Policloruro de vinilo conocido como PVC. Es un polímero obtenido de dos materias primas naturales: el cloruro de sodio o sal común, y petróleo o gas natural. El PVC es un material de uso muy difundido en la actualidad. Una de sus mayores ventajas es su ligereza, lo cual significa economía en el transporte y también en la instalación.

Propiedades y Características:

- El PVC se presenta originalmente como un polvo blanco, amorfo y opaco
- Versátil: puede transformarse en rígido o flexible
- Es inodoro e insípido
- Resistente a la mayoría de los agentes químicos
- Liviano, de fácil transporte, y barato
- No degradable, ni se disuelve en el agua
- Totalmente reciclable.
- Resistente a los rayos UV
- Resistente a productos químicos

El PVC es resistente y durable, muy buen aislante térmico, ideal para las orientaciones muy expuestas al tiempo inclemente y al aire salino (construmatica.com).

2.2 Propiedades de los plásticos utilizados como cubiertas para invernaderos

2.2.1 Propiedades físicas de los polímeros

La elección de un determinado material de cubierta influirá en el tipo de estructura del invernadero, es decir, determinará el peso que debe soportar la estructura por tanto el espacio que debe haber entre pilares, barras de soporte, correas, distancia entre canal y cumbrera y forma del techo.

Peso. Los filmes de plástico tienen poco peso lo que reduce su exigencia en estructuras y por tanto aumenta la uniformidad de la luz en el interior al reducir el sombreo. Los materiales rígidos además de un peso mayor acostumbran a tener un tamaño más reducido con lo cual requieren un mayor número de soportes e influirá también en una menor estanqueidad.

Densidad. Informa sobre la cristalinidad de los polímeros. Ésta modifica la flexibilidad, permeabilidad y propiedades térmicas del polímero. Una densidad baja facilita la manipulación y el transporte unido o un menor precio.

Espesor. Las unidades de medida serán milímetros generalmente utilizados para vidrio y plásticos rígidos y micras o galgas para las películas, 100 μ m equivalen a 400 galgas. (1 mm = 1000 micras). En películas el espesor recomendado para proteger el cultivo de las bajas temperaturas es de 200 - 800 galgas.

Resistencia a la rotura (especialmente en zonas de granizo, nieve o viento), resistencia a la deformación por altas temperaturas, resistencia a la rotura por bajas temperaturas.

Envejecimiento. El envejecimiento de los materiales utilizados como cubierta en invernadero viene determinado por la degradación de sus propiedades físicas, radiométricas y mecánicas (Cuadro 2).

a) Envejecimiento Físico. El seguimiento de la degradación física de los materiales se puede realizar regularmente por una simple observación que revele la aparición de desgarraduras en láminas plásticas y mallas de sombreo, desprendimiento de la capa de aluminio en pantallas térmicas, fractura de la muestra en materiales rígidos, etc.

b) Envejecimiento Radiométrico. Un procedimiento sencillo para determinar los cambios en la transmisión de luz de un material, debidos a la acción de los rayos solares, es medir periódicamente la radiación fotosintética activa (PAR) comprendida entre 400 y 700 nm, que es primordial para las plantas, ya que condiciona su rendimiento. Esta medida hecha tanto al aire libre como bajo el material de cubierta, nos informa de las variaciones en la capacidad de éste para transmitir el máximo de luz (Rodríguez-Pérez, 2010).

Cuadro 2. Duración de plásticos normalizados (Rodríguez-Pérez, 2010).

Tipo de plástico	Espesor	Duración (en Almería)	Radiación solar recibida
Polietileno “normal” (sin aditivos)	150 micras (600 galgas)	6-8 meses	< 148 kcal/cm ²
Polietileno “larga duración”	180 micras (720 galgas)	2 años	296 kcal/cm ²
Polietileno “Térmico larga duración”	200 micras (800 galgas)	2 años	296 kcal/cm ²
Copolímero EVA (12 % AV)	200 micras (800 galgas)	2 años	296 kcal/cm ²
Copolímero EVA (6 % AV)	100 micras (400 galgas)	1 año	148 kcal/cm ²

2.2.2 Propiedades ópticas.

Transmisión de la radiación solar

Transmitancia. Es la propiedad de los materiales de dejar pasar la radiación solar, se expresaría como la relación entre la radiación en el interior del invernadero y la medida simultáneamente en el exterior. La transmisión depende del ángulo de incidencia de la cubierta (Rodríguez-Pérez, 2010).

2.2.3 Propiedades térmicas y comportamiento térmico

Es la capacidad de protección contra el frío de un material, depende por un lado de su transmitancia para la radiación IR larga, y por otro de las pérdidas por conducción. En condiciones estables en laboratorio se mide un coeficiente K global de pérdidas caloríficas, que expresa el conjunto de pérdidas radiantes, convectivas y conductivas, y que permite comparar unos materiales con otros (Rodríguez-Pérez, 2010).

Cuadro 3. Características comparadas de los principales materiales plásticos utilizados en cubiertas para invernadero (Rodríguez Pérez, 2010).

Características	FLEXIBLES		RÍGIDOS			
	PE	PVC	PVC Ondulado	Polimetacrilato de metilo	Poliéster estratificado	Cristal
	(0,08 mm)	(0,1mm)	(1-2 mm)	(4 mm)	(1-2 mm)	(2,7 mm)
Densidad	0,92	1,3	1,4	1,18	1,5	2.40
Índice de refracción	1,512	1,538	-	1,489	1,549	1,516
% de dilatación antes de romperse	400-500	200-250	50-100	Escasa	Escasa	Nula
Resistencia al frío y calor	-40+50° C	-10+50° C	-20+70° C	-70+80° C	-70+100° C	Muy Elevada
Duración	2 años	2-3	Elevada	Elevada	Elevada	Elevada
%Transparencia (0,38-0,76 micrones)	70-75	80-87	77	85-93	70-80	87-90
%Transmisión (-0,24-2,1 micrones)	80	82	82	73	60-70	85

2.2.4 Formas de degradación de los polímeros

Schnabel (1981) explica la forma de degradación en materiales formados por macromoléculas sintéticas para denotar cambios en las propiedades físicas y químicas causados por reacciones químicas que involucran el rompimiento de enlace de la cadena principal del polímero. Cuando se considera a los biopolímeros la definición se extiende para incluir cambios causados por reacciones fisicoquímicas que involucran el rompimiento de estructuras de un orden superior (secundarias, terciarias etc.)

En los polímeros sintéticos los rompimientos de cadena pueden ocurrir en a) la cadena principal de la molécula donde los cambios físicos y químicos son muy drásticos; b) en las cadenas laterales donde las propiedades físicas no se ven tan afectadas ya que la cadena

principal mantiene su tamaño original. En el caso de los biopolímeros ocurren cambios físicos y químicos que provocan cambios conformacionales en la estructura terciaria o cuaternaria de la molécula (por ejemplo la desnaturalización de las enzimas), estos cambios ocurren debido al rompimiento de puentes de hidrogeno o de enlaces disulfuro.

Los materiales poliméricos de acuerdo a sus diferentes formas de iniciación se pueden subdividir en: degradación térmica, mecánica, química, por radiación y biológica.

La degradación biológica se lleva a cabo a través de procesos bioquímicos por medio de la acción de microorganismos (hongos, bacterias y actinomicetos) en donde el mecanismo principal de ataque a estas macromoléculas es debido a la actividad de enzimas que tienen afinidad específica por este tipo de sustratos. Un requisito indispensable para que estos catalizadores actúen es la presencia de agua siendo necesaria en ocasiones la presencia de una coenzima. Por otra parte el crecimiento de los microorganismos depende en gran medida de las condiciones ambientales de cultivo, del pH, de los nutrientes minerales, de la concentración de O₂, etc.

La degradación mecánica se refiere a los efectos macroscópicos que se presentan bajo la influencia de los esfuerzos del corte. Aparte del importante papel que juega el rompimiento en determinadas aplicaciones de los plásticos, se puede decir que los procesos inducidos por tensión en los materiales poliméricos son frecuentemente acompañados por los rompimientos de enlace en las cadenas principales del polímero.

La degradación del polímero inducida por luz, o foto degradación, intervienen los cambios químicos y físicos causados por la irradiación de los polímeros con luz UV visible. Para que el efecto de la luz sobre el polímero sea efectiva; debe de ser absorbida por grupos cromóforos en las macromoléculas (o en los aditivos) siendo esto un requisito para la iniciación de las reacciones fotoquímicas. La importancia de la foto degradación en el polímero deriva, del hecho de que existen diferentes materiales poliméricos que pueden absorber la porción dañina de la radiación UV del sol. Las reacciones químicas que se generan pueden conducir a severos deterioros en las propiedades del polímero.

La degradación térmica comprende los cambios químicos que experimenta el polímero a temperaturas elevadas, sin que se involucren otros compuestos. A menudo es difícil distinguir entre la degradación térmica y la degradación termoquímica por que los materiales poliméricos rara vez son químicamente puros. Las impurezas o aditivos presentes en el

material pueden reaccionar con la matriz polimérica si la temperatura es lo suficientemente alta.

La degradación química se refiere exclusivamente a los procesos inducidos bajo la influencia de sustancias químicas en contacto con los polímeros (por ejemplo ácidos, bases, solventes, gases, reactivos, etc.) Esto suele ocurrir a temperaturas elevadas por alta energía de activación de estos procesos.

En la anterior existen dos tipos de procesos generales de degradación, que aproximadamente corresponden a los dos tipos de polimerización. La reacción por etapas y la reacción en cadena.

La degradación al azar, es análoga a la polimerización por etapas. En este caso la rotura o escisión se produce en puntos al azar a lo largo de la cadena, dejando fragmentos que son usualmente grandes comparados con una unidad de monómero.

La despolimerización en cadena implica la liberación sucesiva de unidades de monómero a partir de un extremo de la cadena en una reacción de despropagación o que es esencialmente la inversa de la polimerización en cadena. Estos dos tipos pueden ocurrir separadamente o en combinación, pueden ser iniciados térmicamente o por luz ultravioleta, oxígeno, ozono u otro agente externo, y pueden ocurrir completamente al azar o con preferencia en los extremos de cadena o en otros enlaces débiles de la misma.

2.3 Efecto de sustancias químicas sobre películas de invernadero

Con el fin de estudiar tres películas de polietileno de baja densidad bajo la influencia de un agroquímico, el cual desprende vapores de azufre, se construyó una cámara de prueba (Goola, *et al.* 2003). Esto en un periodo de 12 semanas donde el cielo estaba despejado y la radiación solar era predominantemente directa, con temperaturas de 19°C como mínima y 30°C como máxima, se obtuvo una humedad relativa promedio a las 8:00, 14:00 y 20:00 horas de 52, 62, y 71% respectivamente. Se dividió en 4 periodos: 3, 6, 9 y 12 semanas. El techo de la cámara fue cubierto por los tres tipos de cubierta las cuales fueron expuestas al sol (las superficies exteriores) mientras que las interiores fueron expuestas a los vapores de azufre. Al concluir el tiempo se tomaron las muestras para evaluar sus propiedades mecánicas.

Se observó rotura del plástico al concluir la tercera semana de estar en contacto con vapores de azufre, se redujo aproximadamente un 35% de su valor original. Se observó que la mayor parte de acumulación de azufre fue en las primeras tres semanas. Después de seis semanas el

porcentaje de área alcanzo 45% y se mantuvo relativamente constante. Al pasar la sexta semana comenzó a notarse una reducción significativa en sus propiedades mecánicas (alargamiento a la rotura) donde la mayor pérdida relativa fue del 65% a las 12 semanas, el porcentaje mayor obtenido en la cubierta fue a las 12 semanas, esto ocurrió debido a que conforme avanzaba el tiempo de contacto, las partículas de azufre reaccionaron con el estabilizador UV.

2.3.1 Recomendaciones para que una película plástica tenga mayor durabilidad ante la presencia de pesticidas

- Aplicar las dosis sobre el cultivo. Evitar el contacto del producto directamente sobre el plástico, especialmente en los puntos de contacto del plástico con la estructura.
- Ventilar el invernadero lo más rápidamente posible para dejar salir los gases perjudiciales.
- Ajustar las dosis y frecuencias de los tratamientos, especialmente aquéllos que cuentan en su composición con azufre y/o cloro.

Utilizar plásticos barrera de protección si se desinfecta químicamente el suelo de cultivo. El ataque de los desinfectantes (betam sodio, bromuro de metilo, dicloropropeno, cloropricrina, etc.) son muy agresivos con la cubierta (filmamerica.cl).

2.4 Biodegradación de películas térmicas de Polihidroxitirato con aplicación de pesticidas

Savenkova *et al.* (2001) estudiaron el efecto de un pesticida sobre un material termoplástico biodegradable llamado polihidroxitirato donde se checo la biodegradación del polímero así como la eficiencia antifúngica del pesticida contra *Botrytis cinerea*. Los resultados mostraron que la pérdida de masa (peso molecular) de las películas basadas en PHB después de 2 semanas fueron del 40 y 50% y después de cuatro semanas se registra una pérdida de masa entre el 92 y 96%, los fungicidas que se utilizaron fueron Ronilan y Sumilex, los cuales aceleran la degradación de la película.

Las películas basadas en PHB causaron cambios en la asociación de los microorganismos a la tierra, por lo que los fungicidas inmovilizados en las películas de PHB provocan una disminución de la población del hongo fitopatógeno *Botrytis cinerea*. Los datos que se obtuvieron indican que la velocidad de biodegradación de todas las películas que se han ensayado en años anteriores fue similar.

2.5 Comparación del efecto de los agroquímicos sobre películas agrícolas utilizando Polietileno de baja densidad (PEBD) y Copolímero de Etileno-Vinil-Acetato (EVA)

Espí, *et al.*, (2006) decidió estudiar el efecto de duración de varias películas agrícolas usando distintos pesticidas.

Para este experimento se utilizaron cuatro películas de distintos materiales de 200 mm de espesor obtenidas por soplado midiendo el tiempo de vida a 0, 1, 2 y 3 temporadas de cultivo.

Cada película fue clasificada como: M-0S (muestra monocapa a 0 temporadas de cultivo) de polietilenos de baja densidad (PEBD), M-2S (muestra monocapa a 2 temporadas de cultivo) usando polietileno de baja densidad (PEBD) y aditivos, M-2S (muestra monocapa a dos temporadas de cultivo), M-3S (muestra monocapa a 3 temporadas de cultivo).

Se evaluaron las condiciones de envejecimiento acelerado y los resultados obtenidos se compararon con su durabilidad bajo intemperismo acelerado (condiciones más agresivas como: fumigación con pesticidas, diferentes rangos de temperatura) y bajo intemperismo natural (condiciones ambientales).

Los pesticidas utilizados se muestran en el Cuadro 4. Los cuales se pulverizaron y se aplicaron a cada muestra dejándolas secar para después sacarlas a la intemperie.

Cuadro 4.Tratamientos utilizados para la comparación del efecto de los agroquímicos sobre las películas agrícolas (Espí, *et al.* 2006).

No.	Pesticida	Familia
P1	Metam-sodio	Metil isotiocianato
P2	Metam-Sodio + Permethrina	Precursor
P3	Permethrina	Piretroides
P4	Acrinathrina	Piretroides
P5	Imidacloprida	Organoclorados
P6	Dicloropropeno	Organoclorados
P7	Dicloropropeno/cloropicrina	Organoclorados
P8	Formetanato	Carbamato
P9	Malathion	Organofosforados
P10	Azufre	
P11	Buprofezin	
P12	Cipermetrina	Piretroides
P13	Endosulfano	Organoclorados
P14	Metomil	Carbamato Oxima
P20	Metam-sodio	

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Comparando los resultados en las figuras 1 y 2, las películas T-3S (tricapa, estabilizada para tres temporadas) marcan mayor duración con plaguicidas y sin plaguicidas. Este resultado puede ser atribuido al efecto de los plaguicidas y otros entornos tales como la lluvia ácida. Como puede observarse, las películas T-3S-marcan mayor duración con plaguicidas y sin plaguicidas.

Este resultado puede ser atribuido al efecto de los plaguicidas y otros entornos tales como la lluvia ácida. El Metam-sodio (P1) y el azufre (P10) provocaron el efecto más fuerte sobre la duración de las películas (Figura 2). La aplicación combinada de metam-sodio y permethrina (P2), muestra un efecto un poco más fuerte en detrimento de metam-sodio.

Los resultados mostraron que la película de dos temporadas conservo una duración de 23 meses (12.600 MJ/m²) y para la película de tres temporadas se conservo una duración de 35 meses (19.300 MJ/M²) (Figura 2). También se realizó un estudio extra incluyendo en la película de doble temporada un refuerzo de acero inoxidable donde los resultados mostraron que esta aplicación de metal acorta la vida útil de la película entre 20 y 40% (Espí *et al.*, 2006).

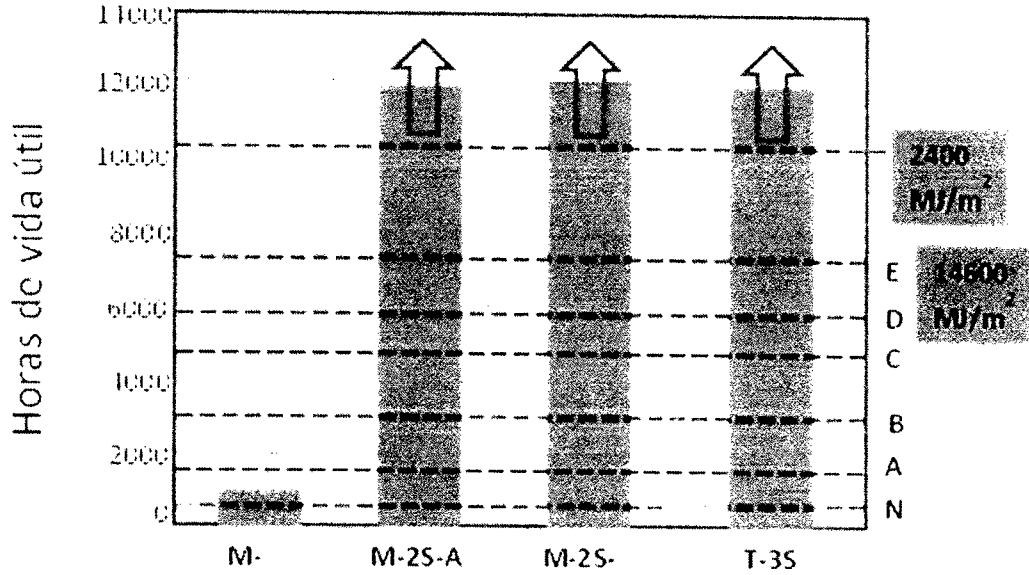


Figura 1. Comparación de las películas estudiadas en relación a la vida útil y en función del intemperismo acelerado bajo la Norma EN 13206:2001 a una temperatura de la cámara de 30°C sin plaguicidas (sin pesticidas) (Espí *et al.*, 2006).

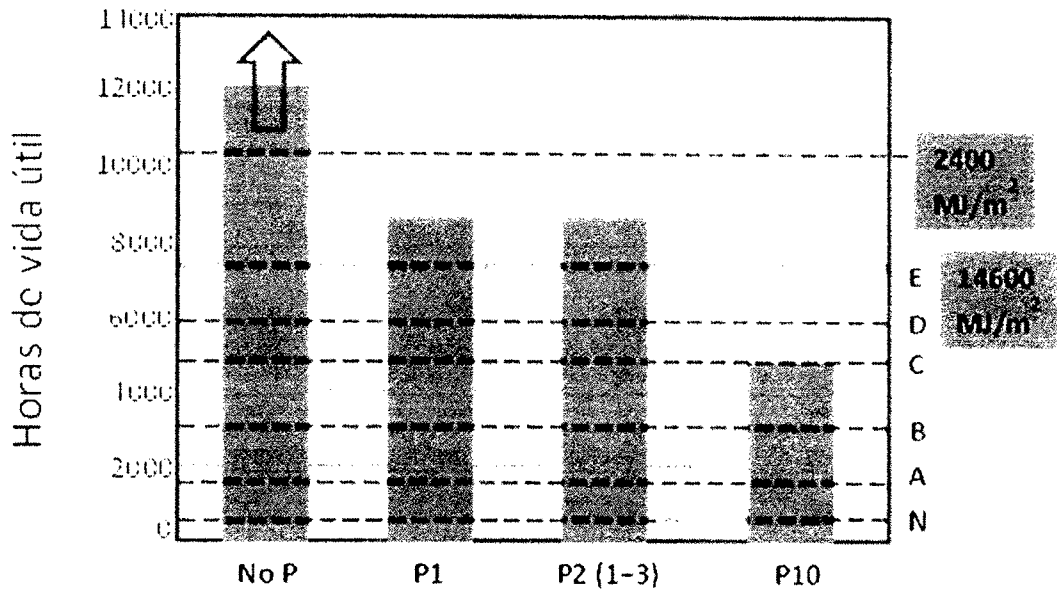


Figura 2. Vida útil de la película M-2S bajo intemperismo acelerado según la norma Europea EN 13206:2001 en condiciones de temperatura en la cámara a 30°C con diferentes tipos de pesticidas (Espí *et al.*, 2006).

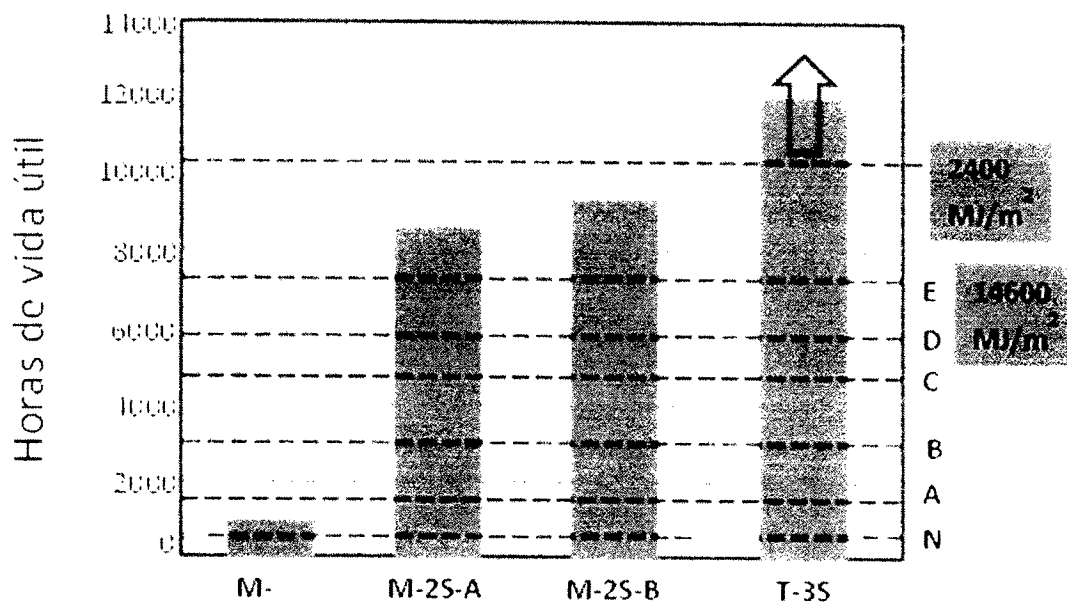


Figura 3. Comparación de las películas estudiadas en función del intemperismo acelerado mostrando condiciones de temperatura de 30°C y con tratamiento P2 de pesticidas (metam-sodio y permetrina) (Espí *et al.*, 2006).

2.6 Factores que provocan la degradación de las películas plásticas para invernadero

El polietileno de baja densidad (PEBD) es el polímero mas utilizado como cubierta para invernaderos debido a sus grandes ventajas: bajo costo, buenas propiedades mecánicas y ópticas. Sin embargo al estar expuesto a la intemperie es sometido a condiciones extremas.

Una combinación de radiación solar, humedad, uso de agroquímicos, cambios de climas ambientales puede alterar la estructura química del polímero así como sus propiedades ópticas, debido a esto se acorta el tiempo de vida o uso del polímero (2-4 temporadas de siembra), lo cual ocasiona un grave problema ambiental por la gran cantidad de polímero que se desecha.

Existen algunos métodos para prevenir la degradación del polietileno de baja densidad. En teoría el PEBD es foto-oxidativamente estable sin embargo la presencia de elementos tóxicos en su red polimérica provoca sensibilidad a la radiación. En este documento se estudiaron diversos factores que provocan la degradación de polietileno de baja densidad (PEBD).

El material de recubrimiento resulta estable hasta los 1003°C en atmósfera inerte con una transición vítrea de 1553°C, una fracción de monómero de solo 1% se detectó después del tratamiento térmico en atmósfera inerte (Dilara *et al.*, 1999).

Se comprobó que las temperaturas elevadas pueden aumentar las reacciones químicas tales como la oxidación, y por lo tanto llevar a la degradación del polímero. Se introdujeron también grupos insaturados formados durante la polimerización por transferencia de cadena, grupos carbonilo introducidos por las impurezas del monóxido de carbono en el monómero y la oxidación, hidroperóxidos y peróxidos que provienen de la oxidación térmica de la elaboración, almacenamiento y foto oxidación, contaminantes atmosféricos como óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre e hidrocarburos, intervinieron también las formas reactivas del oxígeno como el ozono (O₃) que está presente en la atmósfera y el oxígeno que se puede producir en el interior del polímero por efecto de la luz UV. Los investigadores demostraron que aumentar el contenido de carbonilo coincide con una disminución en las propiedades mecánicas. El CO₂ resulta ser más reactivo especialmente en presencia de la radiación UV ya que se absorbe más fácilmente (Dilara *et al.*, 1999).

3. Nuevas formas de aplicación de pesticidas y agroquímicos

3.1 Liberación controlada de pesticidas y agroquímicos

Nerín y colaboradores (1996) seleccionaron algunos pesticidas organoclorados y organofosforados para evaluar la degradación de películas de polietileno de baja densidad (LDPE) usadas como cubiertas de suelo agrícola donde se analizaron cuatro tipos: (color negro, densidad normal, baja térmica y extra), también se utilizó EVA para realizar un estudio cinético. La temperatura varió de 24 a 50°C usando una solución acuosa de plaguicidas en fase acuosa y se realizó con un tiempo de contacto de entre 3 y 20 días.

Los plaguicidas utilizados fueron: diclorano, malation, procimidona, folpet, Endosulfano, clorotalonil, clorpirifos y metil clorpirifos.

Los disolventes utilizados fueron hexano y diclorometano. Se tomaron muestras de 12 y 16 cm de espesor, se cortaron y se introdujeron en un vaso de precipitados de vidrio que contenía 750 ml. de una solución acuosa de cada plaguicida. Cada solución se preparó añadiendo 1 ml. de solución etanólica y 1000 ml de agua.

El mismo experimento se repitió a 24°C, 35°C y 50°C en cada tiempo de contacto. Se realizaron tres replicas independientes para cada experimento.

Terminado el tiempo de contacto cada muestra fue lavada cuidadosamente con agua destilada y se expuso a temperatura ambiente. A cada pieza de plástico se le extrajo el plaguicida con diclorometano en un baño de ultrasonido y no fue necesaria una segunda extracción.

El extracto orgánico se filtró para eliminar los residuos sólidos y evaporado a sequedad, después se añadió hexano. La muestra final se filtró a través de un filtro de térmico de teflón antes de ser inyectado al cromatógrafo.

Para el primer experimento las condiciones de exposición con cada plaguicida y plástico fueron las siguientes: temperatura, 24 ° C, el tiempo, 3 días, 7 días, y 15 días.

Los plaguicidas fueron seleccionados teniendo en cuenta varios factores: el uso de cada compuesto y con qué frecuencia se aplican a los cultivos.

La mayor parte de los plaguicidas estudiados fueron completamente absorbidos en las películas después de un tiempo de contacto de 15 días.

El LDPE negro contiene negro de humo, y podría esperarse que tuviera una mayor capacidad de absorción que las otras películas. Sin embargo, se comporta de manera similar a la película de LDPE normal.

Las películas de LDPE térmica y LDPE extra muestran un comportamiento similar, mientras que el EVA, que es un Copolímero, se comporta de manera muy diferente del resto de las películas de LDPE. Esto concuerda con la idea de la relación entre la estructura y la capacidad de absorción.

El segundo aspecto es señalado por valor máximo de absorción, que es, en casi todos los casos, aproximadamente 100% de absorción con el tiempo de contacto más largo entre los pesticidas y las películas de plástico. Este significa que la absorción es cinéticamente lenta. Finalmente, el tercer factor observado a partir de los resultados obtenidos es la relación entre el producto químico respecto a la estructura de los plaguicidas y la capacidad de absorción de la película de plástico. Los dos isómeros ópticos R y A-Endosulfano se comportan de forma diferente en las mismas películas, y el mismo fenómeno puede ser observado con clorpirifos y metilclorpirifos.

Nerín y colaboradores (1996) encontraron que todos los plaguicidas estudiados fueron absorbidos en las películas utilizadas pero de manera lenta ya que la absorción ocurrió al tiempo de contacto mas retirado y este proceso en la película plástica es totalmente

independiente de la estructura química del plaguicida ya que los pesticidas con estructura química similar se comportan de forma diferente al absorberse. Los pesticidas absorbidos en las películas presentaron una alta estabilidad.

III. ESTADO DEL ARTE

La durabilidad del polietileno más ampliamente utilizado para cultivos protegidos varía entre 2 y 3 años, y al final de su vida útil son clasificados como residuos.

Con el fin de minimizar el impacto ambiental de residuos de plástico, es deseable que los plásticos utilizados en cultivo protegido cuenten con un mayor tiempo de vida útil para así producir menos contaminación al año

Los estudios de degradación de películas más comunes es el relacionado con la radiación UV, por lo que no fue posible encontrar información reciente relacionada con el efecto de los agroquímicos en las películas agrícolas.

Resulta aun mas grave el ataque de los agroquímicos sobre los polímeros en combinación con la radiación UV. Los productos agroquímicos mas utilizados son el azufre y los compuestos que contienen halógenos. Las investigaciones realizadas en los últimos años han demostrado que la combinación de productos agroquímicos puede limitar severamente la vida de las cubiertas plásticas para invernaderos de LDPE (Dilara y Briassoulis, 1998).

El uso de los plásticos en el almacenamiento de los cultivos de invierno era un campo abandonado, pero ahora está aumentando el interés por el uso con aislamiento de doble pared de plástico negro. Según Jean-Claude Garnaud del Comité Internacional de Plásticos en la agricultura, en el oeste de Europa, el consumo de plásticos en la agricultura relacionada con el área asciende a 700,000 toneladas al año, siendo 500,000 toneladas al año películas agrícolas para efecto invernadero

El mercado de las películas agrícolas en general está creciendo en torno al 2,5% / año, de acuerdo a Andrew Reynolds del IAM. El polietileno de baja densidad (PEBD) es el polímero más importante seguido por el de alta densidad (HDPE) y en muy bajo porcentaje es utilizado el etil vinil acetato (EVA) por su alto costo en el mercado. Según Garnaud, el oeste de Europa consume 570,000 toneladas anuales de polietileno de baja densidad agrícola, de los cuales 350,000 toneladas se han utilizado en películas y tuberías. El negro y el transparente son los más utilizados para el área agrícola (Andrady *et al.*, 2003).

Espí y colaboradores (2006) mencionan que el uso de los plásticos en la agricultura consta de tres principales aplicaciones: efecto invernadero, tipo cubierta para túnel, y acolchado. Sin embargo el más importante resulta ser el de cubierta para invernadero donde la

vida útil esperada de la película es la más larga y por esta razón la predicción de la misma con la aceleración de los datos atmosféricos es más útil.

El polietileno de baja densidad (PEBD) y el acetato de vinilo (EVA) son los polímeros más comunes utilizados para las películas de cubierta de invernadero. En Japón se utiliza el Policloruro de vinilo (PVC). El tiempo de vida necesaria para las películas de la cubierta de efecto invernadero depende en gran medida de la zona donde intervienen las condiciones ambientales.

Dilara y Briassoulis (1999) reportan que las cantidades de plástico utilizado al año en todo el mundo en el sector agrícola superan los dos millones de toneladas. Casi la mitad de esta cantidad se utiliza en cultivos protegidos como invernaderos, acolchado, pequeños túneles, para los árboles frutales, etc. "El impacto financiero de estos productos resulta ser hoy en día de suma importancia".

Por ejemplo, el consumo de materiales plásticos destinados para uso agrícola en Italia aumentó de 116 000 ton / año a 1977 y luego a 250 000 ton / año en 1993, sólo el 40% es utilizado en áreas protegidas para cultivo.

Estos plásticos cuentan con un tiempo de vida limitado y rápidamente se degradan cuando se someten a una combinación de distintos factores como: radiación solar, calor, oxígeno, lluvia ácida, agroquímicos

El uso de plaguicidas (pesticidas) ha ido evolucionando de manera importante y continua desde los años cuarenta, llegando a cinco millones de toneladas en 1995 a escala mundial. Se observa una tendencia actual a la reducción en el uso de los mismos en los países desarrollados; no obstante éstos se siguen aplicando en forma intensiva en los países tropicales. Se ha establecido que sólo un 0.1% de la cantidad de plaguicidas aplicado llega a la plaga, mientras que el restante circula por el medio ambiente, contaminando posiblemente el suelo y el agua (Carvalho, *et al.* 1998).

IV. ÁREAS DE OPORTUNIDAD

En México se tiene un amplio propósito para seguir con investigaciones más a fondo sobre el tiempo de degradación de las películas plásticas usadas como cubierta de invernadero manejando aditivos existentes en el mercado para las mismas.

Algunas veces las películas agrícolas pueden presentar fallas de manera prematura, esto puede deberse a varios orígenes que van desde una inadecuada estabilización a los rayos UV, niveles insuficientes de antioxidantes para el tiempo de servicio que se desea, dispersión deficiente de los aditivos, tratamiento con pesticidas muy agresivos como la sublimación de azufre, contaminación con sustancias aceleradoras de la degradación; como el hierro de las estructuras donde se alcanzan altas temperaturas, contacto con agua, o el mismo procesamiento bajo condiciones extremas.

Por todas estas razones estabilizar películas para la agricultura es un reto técnico, ya que éstas deben contar con las propiedades mecánicas necesarias para soportar condiciones específicas como una radiación solar alta, el estrés mecánico durante su tiempo de servicio, los químicos agrícolas que comprometen su desempeño.

La fotodescomposición de muchos químicos agrícolas puede generar ácidos, como es el caso de la sublimación de azufre que genera ácido sulfónico más sulfuros; por tanto: aminas + pesticidas = problemas.

Los residuos ácidos pueden reducir la eficiencia de todas las aminas, misma que es para la estabilización de películas de invernaderos se recomienda el uso de aminas + triazinas, ya que la combinación de éstas posibilitan la flexibilidad, el uso de niveles normales de para extender el tiempo de las películas, así como obtener un producto para múltiples grados y resinas.

Hoy en día, existe una nueva plataforma de productos avanzados como los estabilizadores a la radiación UV, los cuales agregan valor y acortan el tiempo del desarrollo.

Es necesario hacer estudios de degradación de las películas plásticas agrícolas con los agroquímicos (insecticidas, fungicidas, etc.) más usados para tener la certeza de que no

afectarán su estabilidad química, ya que ésta conlleva a la degradación fisicomecánica que compromete el uso de las películas.

Un informe de la Universidad de Colombia muestra que en los EE.UU. generan 33.6 millones de toneladas de plástico donde solo siete por ciento es reciclado y el resto se depositan en vertederos.

Existe un mercado de reciclaje de envases de plástico de bebidas (#1 y #2) como las aguas embotelladas y las bebidas para deportistas debido a la Ley de California la cual se estableció en los años 80. Otros estados que cuentan con la misma ley: Connecticut, Hawai, Iowa, Maine, Massachusetts, Michigan, Nueva York, Oregón y Vermont. Por desgracia las leyes de botella fueron derogadas en Delaware y Missouri.

Mark Murray, director ejecutivo o de los californianos en contra de Residuos explicó que debido a los mecanismos de reciclaje, la mayoría de los plásticos son de un ciclo o se convierten en diferentes productos. Una nueva empresa “Carbon Lite” transforma el plástico en bolitas para que otras compañías de bebidas puedan convertirlo de nuevo en botellas de plástico para uso de agua embotellada y ahí cerrar su ciclo de reciclaje. Los contenedores # 2 son los de polietileno de alta densidad, tales como botellas de champú y envases de cartón de zumo cuentan con una tasa del 50 por ciento en California. También se fabrican botellas para detergente y contenedores, como en el caso de los plásticos de “Epic”, que toman estos contenedores y algunos tipos de plástico para la fabricación de otros de madera delgada de plástico para el jardín.

Las explotaciones agrícolas de California producen una importante fuente de plástico como lo son las películas plásticas para invernaderos. Conocido como 'Plasticultura'. Un informe del 2008 de Gestión de Residuos de California establece que 100.000 toneladas al año de plástico es la cantidad de plástico que son usados y reciclados. Un estudio de residuos de recuperación de áreas verdes no incorporadas del Condado de Santa Cruz en 2009 (que incluye casi la mitad de la población del condado) encontraron reciclar la mitad de los plásticos desechados de disco duro y 80 por ciento de los plásticos de películas elásticas.

Con 145.000 residentes de Santa Cruz se generan 66.000 toneladas de residuos al año, el 12 por ciento es plástico. Eso significa que cerca de 8.000 toneladas de plástico se puede convertir en combustible. La producción de un galón de combustible requiere de 7 a 10 libras de plástico, por lo que Santa Cruz potencialmente alberga un millón y medio de galones de

combustible. O para aquellos que piensan en barricas; 37, 000 barriles. Al comprar artículos comestibles como el jugo, hay que elegir el de vidrio (crashingedge.wordpress.com)

En general, las películas para uso agrícola son difíciles de reciclar debido a que acumulan grandes cantidades de tierra y otros contaminantes, como fertilizantes e insecticidas, además de que muchas de éstas se fabrican con estructuras multicapa de distintos materiales.

Además de la dificultad que implica su recolección, los costos de reciclado tienden a ser más altos en comparación con otro tipo de residuos de películas flexibles. Hoy más que nunca, la industria está estudiando los beneficios que ofrecen los materiales biodegradables debido a que este concepto sugiere que las películas agrícolas podrían degradarse en la tierra después de su vida útil de servicio, sin que generen efectos negativos para los cultivos de la temporada siguiente.

A nivel internacional existe la norma EN 13432 que define qué tan rápido y en qué medida se deben degradar los plásticos designados como “degradables” bajo condiciones comerciales de composteo; pero aún no existe ninguna norma específica que defina las condiciones en la que las películas puedan degradarse en los campos a cielo abierto.

Sin embargo, la norma francesa NFU 52001 se prepara para incluir los criterios para la degradación de las películas para acolchado en el suelo, en contraste con las condiciones de composteo. Por el momento, todavía los aditivos biodegradables integrados a las películas no son compatibles con ninguna de estas normas.

No obstante de que las películas para acolchado formuladas con aditivos oxo-biodegradables podrían resultar hasta cuatro veces más caras que las convencionales, existe el argumento de que cuando se toma en cuenta el costo de la mano de obra y otros costos asociados para la recolección de las películas, transporte y reciclado, al final ofrecen ventajas de costo. El desafío sigue siendo ajustar el tiempo de degradación ante las diferentes condiciones climáticas de cada región, y también depende de si la película de acolchado se usa dentro de los invernaderos o a cielo abierto; la intensidad de la radiación solar y la cantidad de lluvia, por supuesto, que también afectan a la degradación (ambienteplastico.com).

IV. CONCLUSIONES

Una opción para reducir el impacto de los agroquímicos sobre las cubiertas plásticas para invernadero, el ambiente y calidad de los productos vegetales en la agricultura sería usar fertilizantes orgánicos y biológicos que reduzcan o supriman el uso de insecticidas, herbicidas, acaricidas etc.

Actualmente, en el área de investigación se buscan los parámetros y condiciones pertinentes que ayuden a proporcionar a las películas de cubierta para invernaderos una vida más larga para así mismo no provocar excesiva contaminación en el medio ambiente proporcionando nuevos aditivos para una mejor duración de la misma.

Es importante señalar que las condiciones ambientales influyen de manera considerable en la vida de las cubiertas plásticas para invernadero y si le sumamos el uso de los agroquímicos a las mismas da como resultado un nivel de vida aún más corto, aunado a lo anterior se deben buscar otras alternativas de análisis que ayuden a retardar la absorción de pesticidas en las cubiertas y así mismo que toleren la radiación UV que, de cierta manera estos dos agentes son los que han causado el mayor problema de degradación en las mismas, según artículos de investigación publicados en los últimos años.

Las cubiertas plásticas usadas en la agricultura forman parte de la contaminación ambiental año con año, esto constituye un problema grave a nivel mundial dadas las repercusiones que ésta tiene, es por ello que se deben hacer esfuerzos para mejorar las técnicas que permitan controlar la vida y los agentes contaminantes de las mismas, monitorear constantemente los ecosistemas sujetos a impactos ambientales severos, con el fin de tomar las medidas preventivas.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Bill Meyer JR. Fred W 2004. Condiciones de polimerización y reacciones de los polímeros. *Ciencia de los polímeros*. pp. 565
- Dilara P.A, D. Briassoulis 2000. Degradation and Stabilization of Low-density Polyethylene Films used as Greenhouse Covering Materials, *J. agric. Engng Res.* (76)p. 309-321
- Espí E. A. Salmerón, A. Fontecha, Y. García, A.I. Real Repsol 2007. The effect of different variables on the accelerated and natural weathering of agricultural films. *Journal of Agricultural Engineering. Polymer Degradation and Stability* (92) p. 2150-2154.
- Goola F et al, Y. Kashti, A. Levi R. Brickman 2003. Influence of agrochemicals on greenhouse cladding materials. *El Sevier, Polymer Degradation and Stability* (80)p. 575-578.
- Mantia a F. P, D. Acierno b, L. Di Maio c, G. Camino d, F. Trottad, M.P. Luda d. M. Paci c. 2001 Characterization and reprocessing of greenhouse films. *Polymer Degradation and Stability* (72) p. 141-146.
- Nerín C. Tornés A. R, Domeño C. and J. Cacho. 1996. Absorption of Pesticides on Plastic Films Used as Agricultural Soil Covers. *J. Agric. Food Chem.*, (44) No. 12, p. 4009-4014
- Ortega O. H, 1993. Estudio de la foto degradación de película de polietileno formulada con sensibilizadores y pigmento fotoactivo. Tesis de Licenciatura, Saltillo, Coahuila UAdeC pp. 112.
- Savenkova L, Gerberga Z. Muter O, Nikolaeva V, Dzene A, Tupureina V, 2002. PHB-based films as matrices for pesticides. *Process Biochemistry*(37)p.719-722
- W. Schnabel, 1981. Polymer Degradation-Principles and Practical Applications, *Hanser International*, p. 13-24, 111-126,
- Andrady, A. L., Anthony L. 2003 *Plastics and the Environment*. Wiley Interscience A. John Wiley & Sons Publication. pp. 783

PAGINAS WEB CITADAS

- Plásticos Film América. Comité español de plásticos en la agricultura
<http://www.filmamerica.cl/sitio/preguntas.htm>, Fecha de consulta: junio 2012
- Universidad del Salvador, Facultad De Medicina, Escuela De Tecnología Medica.
[http://es.scribd.com/doc/73537146/16/tipos y Clasificación de Agroquímicos utilizados](http://es.scribd.com/doc/73537146/16/tipos_y_Clasificación_de_Agroquímicos_utilizados) Fecha de Consulta: Junio 2012
- Uso de ajo como repelente de plagas e insectos y como control de enfermedades.
<http://ecomaria.com/blog/?p=198> Fecha de consulta: Julio 2012.
- Empresa BIOAMIN Agrobiotecnología Saltillo, Coahuila
<http://www.bioa.com.mx/productos.php> Fecha de consulta: Julio 2012.
- Ecopasion.com <http://www.ecopasion.com/bioestimulante-para-plantas-extracto-de-cola-de-caballo-250ml.html> Fecha de consulta: Julio 2012
- Mónica C. Bajo la sombra artificial. Ambiente plástico De México.
http://www.ambienteplastico.com/es/cont/Portada/Bajo_la_sombra_artificial.php
Fecha de Consulta: Agosto 2012
- Agricultura y Riego localizado. CONAGUA
http://www.cotas.org.mx/documentos/Agroplasticultura__RiegoLocalizado.pdf Fecha de consulta: Agosto 2012
- Los plásticos. <http://ocw.usal.es/eduCommons/enseñanzas-tecnicas/materialesii/contenidos/PLASTICOS.pdf> Fecha de Consulta: Agosto 2012
- Análisis de Películas utilizadas en invernadero.
<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13440/3/Tesis%20Final%20Dannny%20Godoy.pdf> Fecha de Consulta: Agosto 2012.
- Tecnología de los plásticos. Etilvinilacetato (EVA)
<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/06/etilvinilacetato-eva.html> Fecha de Consulta: Agosto 2012.
- CONSTRUMATICA. Policloruro de vinilo
http://www.construmatica.com/construpedia/Policloruro_de_Vinilo Fecha de Consulta: Agosto 2012.

Rodríguez Pérez J., 2010. Diseño y calculo de la estructura de un invernadero (UPC) pp. 96 <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/9080/1/pfc%20Jairo.pdf> Fecha de consulta: Agosto 2012

Programa Científico de California en Santa Cruz de Ciencias de Comunicación. <http://crashingedge.wordpress.com/author/amyewest/> Fecha de consulta: Agosto 2012.