

2007

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA**



**ESTUDIO SOBRE PELÍCULAS PLÁSTICAS PARA  
INVERNADERO.**

**CASO DE ESTUDIO**

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA  
OPCIÓN: AGROPLASTICULTURA**

**PRESENTA:**

**ING. JUAN FRANCISCO ORDAZ BALDERAS**

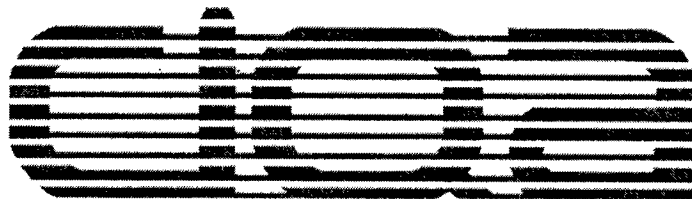


**26 OCT 2007**

**SALTILLO, COAHUILA**

**RECIBIDO** AGOSTO 2007.

# **CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA**



**HACE CONSTAR QUE EL CASO DE ESTUDIO TITULADO:**

**ESTUDIO SOBRE PELÍCULAS PLÁSTICAS PARA  
INVERNADERO.**

**PRESENTADO POR:**

**ING. JUAN FRANCISCO ORDAZ BALDERAS**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA  
OPCIÓN: AGROPLASTICULTURA**

**HA SIDO DIRIGIDO POR:**

---

**M.C. SANTIAGO SÁNCHEZ LÓPEZ**

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA**



**HACE CONSTAR QUE EL CASO DE ESTUDIO TITULADO:**

**ESTUDIO SOBRE PELÍCULAS PLÁSTICAS PARA  
INVERNADERO.**

**QUE PRESENTA:**

**ING. JUAN FRANCISCO ORDAZ BALDERAS**

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

**ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA  
OPCIÓN: AGROPLASTICULTURA**

**M. C. BOANERRGES CEDEÑO**

**PRESIDENTE**

**DR. GUILLERMO MARTÍNEZ**

**VOCAL**

**SALTILLO, COAHUILA**

**AGOSTO 2007.**

## ÍNDICE

<b>Agradecimientos</b> .....	<b>I</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>III</b>
<b>I. Introducción</b> .....	<b>1</b>
1.1    Objetivo.....	2
<b>II. Revisión de literatura</b> .....	<b>3</b>
<b>2. La Plasticultura</b> .....	<b>3</b>
2.1    Definición de Plasticultura.....	3
2.2    La Plasticultura en el Mundo .....	3
2.3    La Plasticultura en México .....	4
2.4    Principales Regiones en donde se Usa la Plasticultura en México. ....	5
2.5    Principales Beneficios de la Plasticultura. ....	6
2.5.1 Manejo de Luz Dentro del Invernadero.....	7
<b>3. Tecnología Agrícola “Plásticos Para Invernaderos”</b> .....	<b>8</b>
3.1    Tipos de Invernaderos.....	9
<b>4. Características de los Plásticos para Invernaderos</b> .....	<b>13</b>
4.1    Los plásticos.....	13
4.1.1 Cubiertas Rígidas para Invernaderos. ....	13
4.1.2 Cubiertas Flexibles para Invernaderos.....	14
4.2    Características de las Cubiertas Flexibles y Rígidas.....	17
4.3    Sistema de Fabricación .....	19
4.3.1 Proceso de Extrusión .....	20
4.3.2 Proceso de Extrusión de la Película.....	21
4.3.2.1 Acondicionamiento / Manipulación de Materiales .....	21
4.3.2.2 Extrusión de la Película.....	22
4.3.2.3 Sistema de Jalado de la Película.....	22
4.4    Aditivos.....	23
4.5    Tipos de Aditivos Utilizados en Filmes.....	24
4.6    Duración.....	25
4.7    Luminosidad .....	27
4.8    Propiedades de los plásticos.....	28
4.8.1 Propiedades Físicas.....	28
4.8.2 Propiedades Químicas .....	29
4.8.3 Propiedades Radiométricas (Transmisión y Térmicas).....	29
<b>5. Tendencia en Formulación de Filmes para Invernaderos</b> .....	<b>31</b>
5.1    Espesor de Filmes Agrícolas.....	31
5.2    Filmes de Alta Resistencia.....	32
5.3    Filmes UV.....	33
5.3.1 Estabilizadores de Luz.....	36
5.4    Filmes Térmicos.....	36
5.5    Filmes Termocontroladores .....	37

5.6	Filmes Fotoselectivos.....	39
5.7	Filmes Anti-Plagas, Enfermedades y Virus.....	41
5.7.1	Filmes Antivirus.....	42
5.7.3	Filmes para Manejo Integrado de Parásitos (IPM).....	43
5.8	Filmes Antiestáticos.....	43
5.9	Filmes Multicapa.....	44
5.9.1	Filmes Plastermic 3C.....	45
5.9.2	Filmes Multicapa.....	46
5.9.3	Filmes Pentacapa.....	47
5.10	Filmes Antigoteo o Antivaho.....	47
5.10.1	Antiniebla.....	50
5.10.2	Aditivos para Evitar el Empañamiento.....	51
5.11	Filmes Empleando la Nano-Tecnología.....	51
5.11.1	Que es la Nanotecnología.....	51
5.11.2	Beneficios de la Nanotecnología.....	52
5.11.3	Nanotecnología en Invernaderos.....	53
<b>III.</b>	<b>Estado Actual del Arte.....</b>	<b>54</b>
<b>IV.</b>	<b>Áreas de Oportunidad.....</b>	<b>57</b>
<b>V.</b>	<b>Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>58</b>
	<b>Literatura Citada.....</b>	<b>60</b>
	<b>Paginas Web Citadas.....</b>	<b>63</b>

## *Agradecimientos*

En primer lugar a **Dios** por haberme dado la oportunidad y el don maravilloso de la vida, sobre todo por tener la dicha de haber sacado adelante mi especialidad, con el apoyo de mis seres queridos.

Al **CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA** por haberme dado la oportunidad de formarme en sus instalaciones y a su vez formado como **ESPECIALISTA EN AGROPLASTICULTURA**.

Al **CONACYT** por haberme apoyado económicamente durante toda la especialidad y por haberme dado la oportunidad de formarme como **ESPECIALISTA EN AGROPLASTICULTURA**.

Al **M.C. Santiago Sánchez López**, por su paciencia, confianza, consejos y amistad. Sobre todo por su tiempo dedicado para llevar a cabo la elaboración de este trabajo.

A todos mis compañeros de la generación 2006-2007 de la Especialidad de Agroplásticos en especial a: **Herminia Jerónimo Antonio, Rosa del Carmen Leija Casas, Obdulia González Hernández, Bianca Lucero Martínez Hernández, Roberto Arteaga Alonso, Crispín González Argandar, Teodulo Herrera Vásquez** por haberme brindado su amistad, confianza y apoyo incondicional. Muchas gracias compañeros y amigos de generación 2006-2007. Les deseo lo mejor en su vida profesional.

A todos los maestros del departamento de Agroplasticultura, en especial al **Dr. Ibarra Jiménez Luís, Dr. Munguía López Juan, Dr. Lira Saldívar Ricardo Hugo, Dra. Ortega Ortiz Hortencia, M.C. Santiago Sánchez López, M.C. Cedeño Ruvalcaba Boanerges, M.C. Flores Velásquez Juanita, M.C. Quezada Martín Rosario, Ing. Cantú González Noemí, Ing. Hernández Castillo Felipe.** Por sus conocimientos y amistad brindados durante mi estancia. Gracias.

Al todo el personal del departamento de Agroplasticultura: **Don Jacobo, Don Goyo, Don Arturo.** Por su amistad gracias.

A las Familias **Flores Luna, Barcenaz Zarate.** Por haberme brindado su confianza y apoyo durante mi especialidad. Gracias por los buenos momentos que compartí con ustedes. Dios los bendiga a donde quiera que se encuentren.

Quien te tome de la mano, pero además toque tu corazón, te brindará amistad verdadera.

## *Dedicatoria*

A mi **Esposa e Hija.**

**Lucero E. Flores Luna**  
**Luna Lucero Ordaz Flores**

Por ser un gran motivo e inspiración en mi vida, por demostrarme paciencia y comprensión, por brindarme seguridad a cada paso, pues son un gran motivo para poder salir adelante, siendo parte importante de mi vida. A ustedes les dedico mis triunfos. Las amo mucho y a donde quiera que voy siempre las llevo en mi corazón. Las amo más de lo que puedo expresar en este escrito.

A mis **Padres:**

**Sr. Juan Ordaz Pérez**  
**Sra. Clemencia Balderas Álvarez**

Con todo mi amor, quienes son parte de todos mis logros y triunfos obtenidos, con todo respeto y admiración. Y por el haber siempre depositado su confianza. **Padres**, les dedico todos mis triunfos.

## *Gracias*

Por la educación, amor, confianza, sacrificios, paciencia y su fe, pues ustedes han depositado toda su confianza en sus hijos, siendo su esfuerzo muy grande al dar todo a cambio de nada. Gracias a ustedes, ahora yo les dedico mis triunfos, pues es una herencia muy valiosa que ustedes me ofrecieron, para toda mi vida. **Mil Gracias**, por todo.



A mis **Hermanos:**

**Reyna**  
**Ma. Guadalupe**  
**José Cruz**

Quienes de muchas formas me han brindado su apoyo, ayuda y confianza para poder continuar, y por que son una parte importante en mi vida. Los quiero mucho y siempre los llevo en mi corazón. A ustedes mis **Hermanos**.

A todos mis **Abuelos, Tíos, Primos, Amigos y Compañeros:**

Por sus consejos, motivaciones y sus buenos deseos hacia mi persona.

Dios los bendiga a todos mis Familiares, Amigos, Compañeros y  
Catedráticos.

Una lección difícil de aprender será:  
Qué puente cruzar y cuál evitar.

## I. Introducción

Una de las contribuciones más significativas de la plasticultura ha sido el desarrollo de sistemas de protección de cultivos. Así, es posible proporcionar material de herramienta para instalaciones de bajo costo (invernaderos) y se han extendido las llamadas técnicas de acolchado y pequeño túnel entre otras. La práctica de los invernaderos fue iniciada a principios de los años setenta. Se expande en el mundo sobre una superficie superior a las 400,000 Ha, pero su impacto es difícil de valorar. Especialmente, desde los puntos de vista ambiental. Respecto a este, es evidente la impresión agobiante de algunas zonas muy densamente cubiertas por los materiales plásticos de dichos invernaderos, lo que recomienda medidas de ordenación y adecuación del territorio que contribuyan a mejorar la imagen y la calidad de vida que proporcionan. Sin embargo, también hay que destacar que la respuesta a esta técnica ha significado que una producción agraria prácticamente nula, en áreas geográficas casi desérticas, haya llegado a totalizar en la actualidad más de mil millones de euros. Es el caso de unas 30,000 ha en el sudeste de España (Miguéis H., Revista Integral No.272).

En el caso de Ecuador el uso de materiales plásticos, ha ido aumentando paulatinamente conforme se ha incrementando la superficie de cultivos de exportación y la competencia que el mercado internacional impone para ofrecer productos de óptimas condiciones y competitivamente más viables para el país. Si bien el clima que encontramos en este país es muy variable y apto para desarrollar prácticamente cualquier cultivo no deja de tener una necesidad casi indispensable el uso de diferentes materiales plásticos que ayudan a incrementar aun más la gran calidad que se obtiene por este clima primaveral permanente. Uno de los sectores de la agricultura ecuatoriana que se puede considerar el más relacionado a la tecnología de los plásticos es sin duda el cultivo de ornamentales, cuyo delicado desarrollo, requiere de protecciones especiales al igual que su posterior manejo en la post cosecha (Merino Pacheco M., Revista Plasticulture, No. 121)

De igual forma debemos mencionar al cultivo de banano, siendo el Ecuador el primer exportador a nivel mundial. Para mantener ese alto nivel de calidad y cumplir con la gran

demanda internacional, a sido necesario incrementar el uso de diversas herramientas tecnológicas nuevas que involucra la participación de materiales plásticos que permiten mejorar la calidad fitosanitaria del cultivo y mejorar en general el nivel de rendimiento del mismo.

Estos ejemplos nos ayudan a tener una mejor visión de la inherente relación entre la agricultura y la industria del plástico a nivel mundial, es así que, se evidencia la importancia del tratamiento de este tema por los países que buscan mejorar día a día los rendimientos de sus cultivos, frente a una realidad de un mundo globalizado y al enfrentamiento de nuevos “retos comerciales”, con los grandes países industrializados como el caso del Tratado de Libre Comercio TLC (López – Gálvez, 2003).



### *1.1 Objetivo*

Realizar una recopilación de las principales películas comerciales para invernaderos que existen en el mundo, analizando la información sobre los materiales y sus beneficios agronómicos.

## II. Revisión de Literatura.

### 2. La Plasticultura

#### 2.1 Definición de Plasticultura

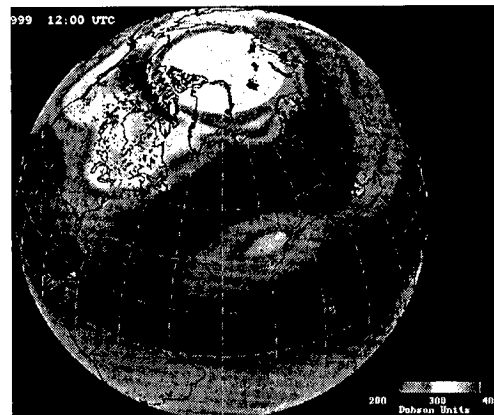
La plasticultura se define como un conjunto de tecnologías de avanzada que se concretan en la utilización de materiales plásticos en la agricultura, algunas estimaciones a nivel mundial realizadas por (Jean Pierre Jounet, Revista número 120) y su equipo de París confirman que la mayor parte de plástico se usa en invernaderos e instalaciones anexas.



Otra definición de la plasticultura, es una técnica agrícola para cultivar, empleando plástico durante todo o gran parte del ciclo del cultivo agrícola (De Santiago, 1998).

#### 2.2 La Plasticultura en el Mundo

No es ninguna exageración afirmar que la proliferación del uso de materiales plásticos ha sido espectacular, en todos los países de la tierra, desde inicios de los años sesenta. Puede afirmarse asimismo, sin riesgo de error, que todos los sectores productivos se vienen beneficiando del mejor conocimiento y del desarrollo de técnicas relacionadas con los plásticos.



No podía ser menos el sector agrario, donde su uso generalizado ha justificado que llegue a acuñarse un nuevo término, el de *plasticultura*, para hacer referencia a la aplicación de los plásticos a las diversas prácticas agrícolas. Como ejemplo, se considera que los plásticos están sustituyendo a otros materiales que anteriormente eran casi universalmente empleados en las redes de distribución de agua, en las tuberías para avenamiento y desalinización de suelos, y en la impermeabilización de canales y embalses. También, es un hecho que los procesos de post-recolección y de post-

cosecha han experimentado notables reformas, tanto cualitativas como cuantitativas, gracias a la disponibilidad de materiales plásticos.

La palabra polímero viene del griego poli que significa muchos y meros, que quiere decir partes y es que, en esencia, son sustancias formadas por la repetición de la misma unidad química. Los plásticos están en todas partes. Los automóviles usan una gran cantidad de plásticos, el agua llega a la mesa a través de tuberías de policloruro de vinilo (PVC), las fundas en que se transportan los víveres de la tienda a la casa son de plástico (Espí E., Martín A. 2004)

El plástico es un material sintético. No se encuentra de manera original en la naturaleza. Los plásticos que se utilizan como cubiertas de invernaderos son el resultado de la mezcla adecuada de polímeros, principalmente polietileno de baja densidad y copó limero EVA, y una serie de aditivos que les confiere sus propiedades (duración, termicidad, difusión de luz, etc.) ([http://www.cepla.com/empresas/cepla\\_comite/folleto/Folleto%20preguntas.pdf](http://www.cepla.com/empresas/cepla_comite/folleto/Folleto%20preguntas.pdf)).

### *2.3 La Plasticultura en México*

La importancia de la aplicación de los plásticos en la agricultura es muy variada. Aunque tuvo comienzos titubeantes, hoy, gracias a la ciencia, ayuda al incremento en los rendimientos, a la calidad de la producción, y cuenta con un futuro promisorio.



La agroplasticultura es la tecnología de producción agrícola que lleva como *insumo* principal el plástico. En México, el primer uso de plásticos en la agricultura fueron bolsas de polietileno negro para la producción de árboles forestales, pero no se hizo como un desarrollo tecnológico o un proyecto de investigación, sino como una medida operacional para simplificar el trabajo.

Sin embargo, esto despertó la inquietud de algunas compañías e investigadores que, en el año 1972, buscaron nuevos desarrollos y aplicaciones de los plásticos en la agricultura. Es importante señalar que en estos inicios los esfuerzos realizados fueron individuales y que en México no había fábricas que procesaran plásticos para la agricultura; además, se desconocía la aplicación de los plásticos en la agricultura y en la ganadería.

El Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) y la Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ) comenzaron por unir y coordinar los esfuerzos de trabajo con la Organización de la Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) y la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, además de la Sociedad de Ingenieros del Plástico y la Asociación de los Industriales del Plástico; de los esfuerzos de todas estas instituciones resultó el proyecto “Plan Nacional para el Desarrollo de los Plásticos en la Agricultura”, cuyos líderes fueron CIQA, ONUDI y PEMEX-IMP.

([http://www.ambienteplastico.com/artman/publish/article\\_255.php](http://www.ambienteplastico.com/artman/publish/article_255.php)).

#### *2.4 Principales regiones en donde se usa la Plasticultura en México.*

En México la región que utiliza la mayor área de acolchado de suelos es la del Pacífico Norte, con cultivos hortícolas, donde destacan el tomate, el melón, los chiles y los pepinos; en esta región se estima una superficie de 15,000 a 20,000 hectáreas, seguido por la región del bajo en los estados de Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Colima y Morelos.

La superficie total de acolchado en México se estima en 50,000 a 60,000 hectáreas, principalmente en los cultivos hortícolas. Los beneficios más importantes del acolchado son: incremento de un 20 a 100% en los rendimientos, dependiendo del cultivo y la región, ahorro de agua entre un 30 a 70%, control total de malezas en la parte acolchada y precocidad de hasta 15 días a inicio de cosecha, entre otros (Quezada Marín, 2005).

Por otro lado, el uso de invernaderos se dio inicialmente para la producción de flores. Las principales entidades federativas en donde existen invernaderos para la producción de flores son: Estado de México, Morelos, Puebla, Michoacán y Colima.

Durante el periodo de 1990-1995 se dieron los primeros proyectos comerciales de producción de vegetales en Sinaloa, bajo estructuras simples de invernaderos y casas sombra en los cultivos de Pepino europeo, Tomate y Pimiento.

Actualmente, la producción de hortalizas en invernadero ha ganado terreno y se ha tenido un desarrollo muy importante de estos sistemas de producción en Jalisco, Chihuahua, Zacatecas, Guanajuato, Coahuila, Estado de México y otras entidades, esto bajo el programa de apoyos del gobierno para la modernización de la agricultura.

Se calcula que en México hay ahora más de 2000 hectáreas con invernaderos, entre producción de flores, de plántulas y de hortalizas, estimándose un crecimiento anual de aproximadamente 20%. En los invernaderos, las producciones de hortalizas llegan a ser de 200 a 400 ton/ha en pepino, y de 200 a 600 ton/ha en tomate, de 100 a 500% más que la producción de intemperie, además de una calidad muy superior, lo que permite acceder a los mercados de exportación (Quezada Marín, 2005).

### *2.5 Principales beneficios de la Plasticultura.*

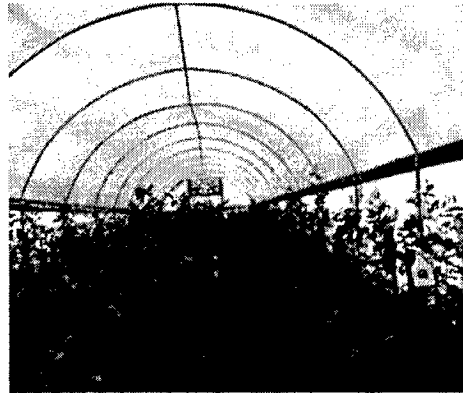
- ☞ Mejor control de las 3 variables más importantes:  
Luz, Temperatura, Humedad
- ☞ Extensión del tiempo de estación propicio de los cultivos en áreas geográficas de condiciones desfavorables.
- ☞ Facilidad de aplicación y mejor aprovechamiento de los programas de riego y uso de fertilizantes
- ☞ Reducción del uso de pesticidas ( se evita su evaporación y arrastre por aguas lluvias)
- ☞ Mejores condiciones de salud ocupacional para los empleados

- ☞ Control apropiado de malezas, menor aplicación de herbicidas.  
(Ghosh J., et., al.).

### 2.5.1 Manejo de luz dentro del invernadero

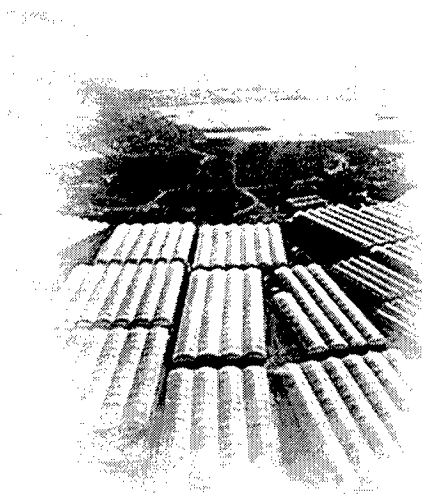
Manejo de la luz dentro del invernadero con películas plásticas con aditivos que proporcionen:

- Protección del film contra el efecto adverso de la radiación UV en condiciones climáticas específicas.
- Modificación selectiva de la radiación no deseada y aumento de la radiación benéfica para obtener la óptima calidad y mayor productividad por el mayor crecimiento de las plantas en los cultivos.
- Bloqueo selectivo de la radiación UV para modificar el hábitat de los insectos y evitar la propagación de virus, mejorando la calidad de las cosechas.
- Máxima transmisión de luz al mantener la cubierta plástica libre de polvo, algas, condensación de agua, con aditivos que no afectan la transparencia (Revista Plásticos Modernos, 1998, Vol. 75, No. 500).





### 3. Tecnología Agrícola “Plásticos Para Invernaderos”



El uso de invernaderos actualmente se justifica mediante la corriente mundial de calidad en la que estamos viviendo, donde los mercados son cada vez más exigentes en calidad, inocuidad, presentación y certificación del contenido, ya que el cliente final observa las diferencias entre este tipo de producto que se presentan en los mercados con respecto a otros. Esto hace que los productos de invernadero estén en nichos de alto nivel.

Los invernaderos se han convertido en una necesidad para todos los agricultores, sobre todo por factores que afectan actualmente la producción agrícola y la importancia que están tomando factores como ecología y medio ambiente, así como la demanda de alimentos de alta calidad e inocuidad que cada día se incrementa en el ámbito mundial.

La agricultura bajo invernadero es producto de las condiciones ambientales de países principalmente del hemisferio norte, cuyo principal limitante para la producción es el clima. En la actualidad el uso de esta tecnología está disponible para la mayor parte de los esquemas productivos y de los productores en general del resto del mundo. Siendo el principal objetivo la producción constante y de mejor calidad (Olivera Martínez J. J., 2004).

Bajo los anteriores comentarios, México mantiene a la fecha un constante avance en lo referente a la implementación de las diversas tecnologías existentes, aún cuando esta actividad es relativamente nueva en el país. Sin embargo la introducción de esta tecnología incrementará conforme las condiciones climáticas lo hagan y las necesidades de su población lo requieran.

El uso de invernaderos se debe considerar como herramienta que ayudan a aumentar los rendimientos, pero esos rendimientos no se obtienen sólo con instalar un invernadero. Para

ello es necesario considerar otros aspectos como el manejo eficiente del agua y la fertilización, mediante la hidroponía y la fertirrigación, el manejo apropiado de los cultivos, el uso de variedades de alto rendimiento, consideraciones climáticas regionales y una planeación adecuada de todas las actividades, dado que son elementos que permiten obtener altos rendimientos dentro de los invernaderos.

El diseño, construcción y manejo de invernaderos presenta algunos inconvenientes o desventajas que se deben tener presentes antes de emprender la empresa de construir o comprar un invernadero, y así estar preparados para enfrentar o minimizar los efectos negativos.

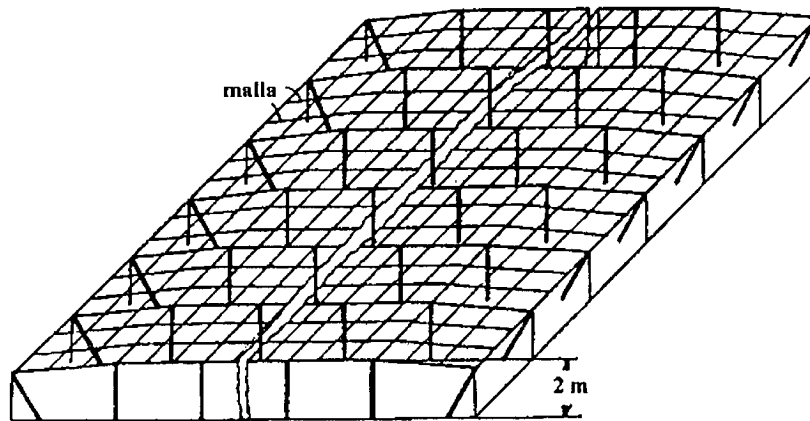
Ya que los invernaderos son estructuras de apoyo a la producción agrícola, deben usarse como parte fundamental de un sistema productivo constituido por una serie de elementos, igualmente importantes para aumentar los rendimientos. Los invernaderos por sí solos no son una panacea ni la solución universal a los problemas que enfrenta la agricultura nacional.

Como estructuras para proteger cultivos son herramientas modernas, que impulsan el desarrollo de la agricultura, basadas en una serie de tecnologías que definen la agricultura de precisión, como parte de los métodos modernos de producción empleados en la agricultura tecnificada (Olivera Martínez J. J, 2004).

### *3.1 Tipos de Invernaderos.*

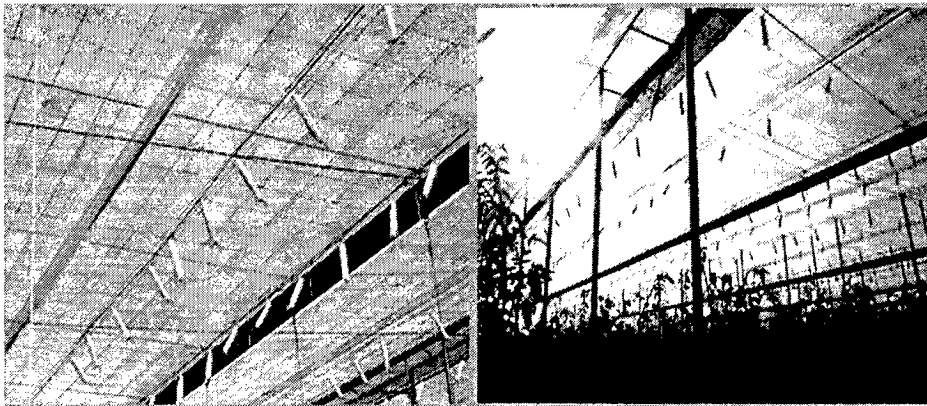
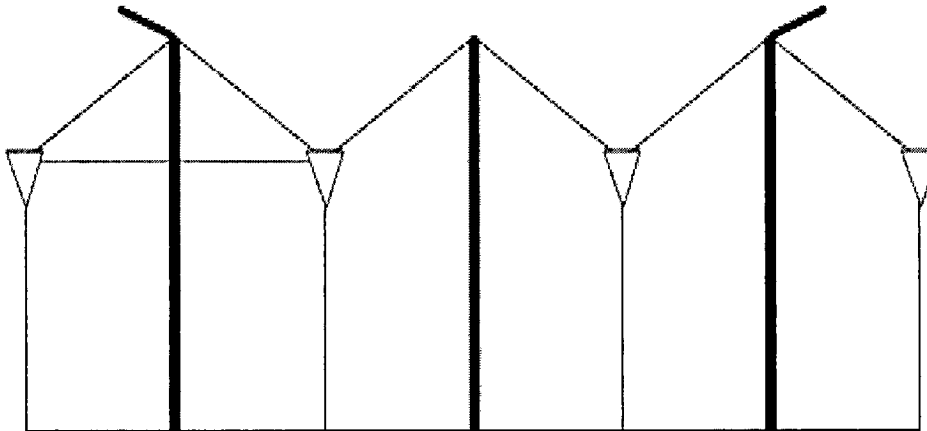
En forma general, la recomendación de un tipo de invernaderos es de acuerdo a las condiciones climáticas de la región, al tipo de cultivo que se desee trabajar, al tipo de película con que se trabaje, debido a que pueden ser varios tipos de invernaderos en una sola región, pero específicamente para regiones calientes se recomienda invernaderos altos y para regiones frías invernaderos bajos, en cuanto a su estructura se recomienda una estructura de acero, pues es de mayor calidad y durabilidad (<http://www.diariodigital.com.do/articulo,10810,html>).

a) Invernadero Plano o Tipo Parral.



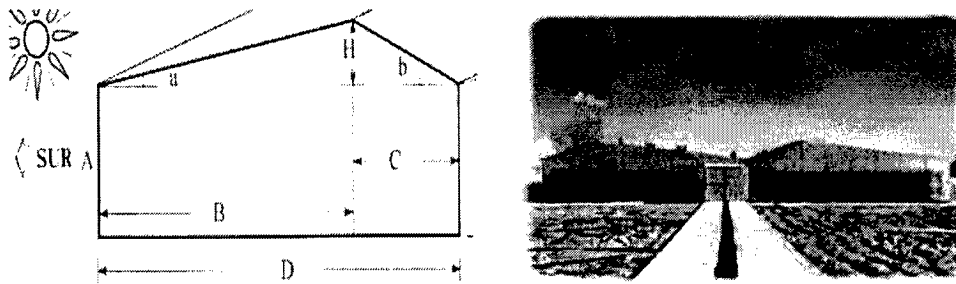
(<http://html.rincondelvago.com/files/3/0/0/000193001.png>)

b) Invernadero en Raspa o Amagado.



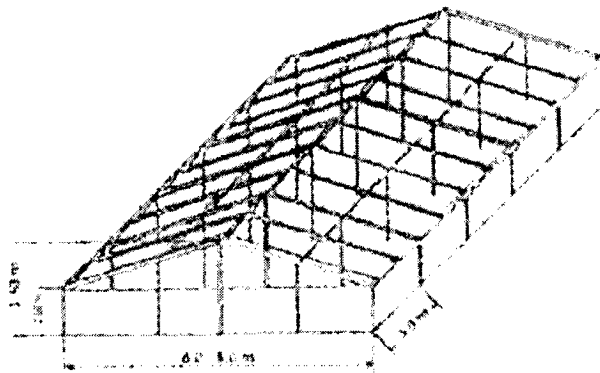
([http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/invernaderos\\_raspa\\_amagado.htm](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/invernaderos_raspa_amagado.htm))

c) Invernadero Asimétrico



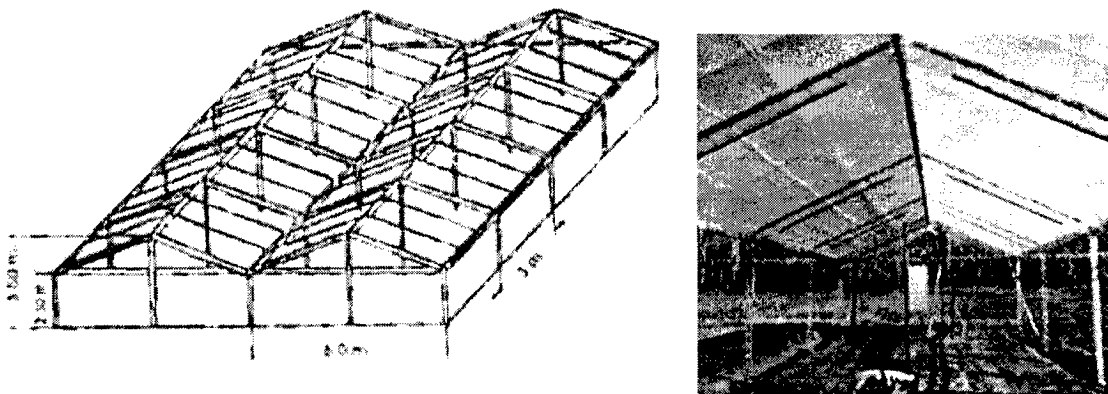
(<http://www4.cajamar.es/sta/inacral/invernad.htm>).

d) Invernadero Tipo Capilla.



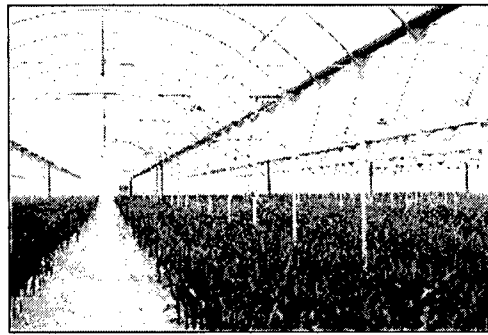
([http://www.inta.gov.ar/ALTOVALLE/info/horticultura/invernaderos/inverna\\_tipo.ht](http://www.inta.gov.ar/ALTOVALLE/info/horticultura/invernaderos/inverna_tipo.ht))

e) Invernadero Tipo Doble Capilla.



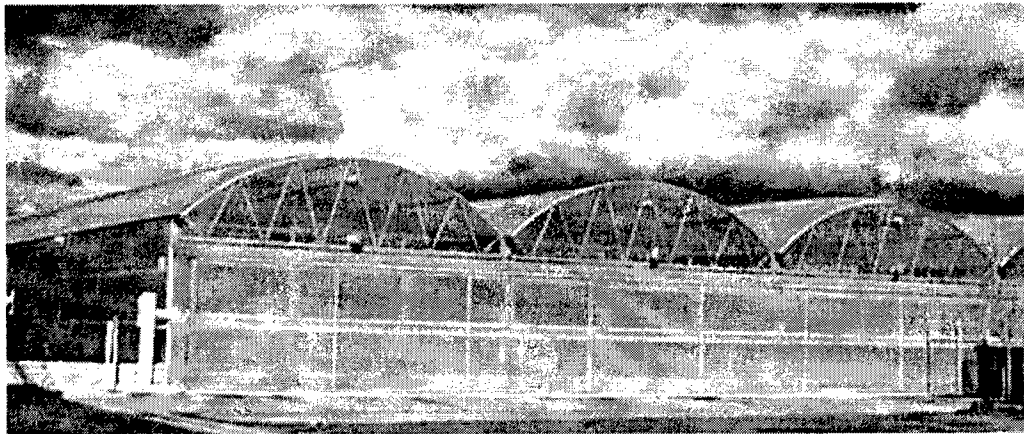
[http://www.inta.gov.ar/ALTOVALLE/info/horticultura/invernaderos/inverna\\_tipo.htm](http://www.inta.gov.ar/ALTOVALLE/info/horticultura/invernaderos/inverna_tipo.htm)

f) Invernadero Tipo Túnel.



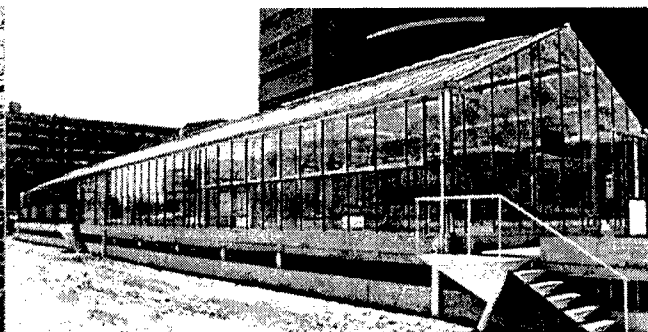
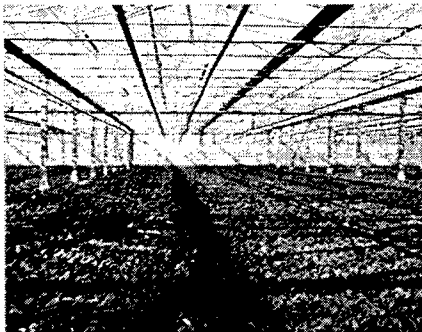
(<http://www.ceretlapampa.org.ar/areas-laboratorios/invernadero.htm>,  
<http://www.solsis.cl/p4.htm>)

g) Invernadero Tipo Túnel o Semicilíndrico.



(<http://www.solsis.cl/p4.htm>)

h) Invernadero de Cristal o Tipo Venlo.



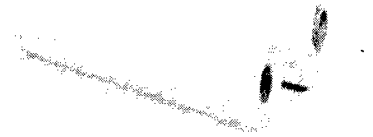
<http://articulos.infojardin.com/huerto/cultivo-cubierto.htm>,  
[http://www.agrobit.com/Info\\_tecnica/Alternativos/horticultura/AL\\_000010ho.htm](http://www.agrobit.com/Info_tecnica/Alternativos/horticultura/AL_000010ho.htm).

## 4. Características de los Plásticos para Invernaderos

### 4.1 Los plásticos

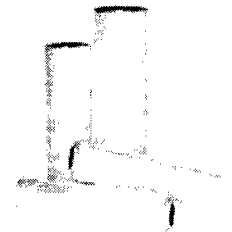
Se identifican como todos aquellos polímeros cuyas propiedades son intermedias entre las fibras y los elastómeros. Pueden ser subdivididos, considerando su uso, en:

- De uso general: se fabrican en elevadas cantidades y se dedican a múltiples aplicaciones. Tienen propiedades intermedias que pueden ser parcialmente modificadas para una aplicación específica por aditivación o mediante el adecuado procesamiento.



Normalmente su uso es definido por el factor precio.

- Plásticos de ingeniería: tienen precios significativamente superiores como consecuencia de su menor volumen de producción. Se caracterizan por tener propiedades especiales para aplicaciones exigentes, las cuales resultan normalmente de una alta transparencia.



Compiten con los materiales metálicos y con los cerámicos con la ventaja de su menor densidad y facilidad de procesamiento, Polímeros avanzados: son aquellos que se diseñan para satisfacer una aplicación concreta. Normalmente presentan alguna propiedad excepcional como por ejemplo alta conductividad eléctrica, biocompatibilidad o formación de cristales líquidos. Se les considera la vanguardia en el futuro de los materiales plásticos (Vicente L. M., 1987).

#### 4.1.1 Cubiertas Rígidas para Invernaderos.

El *Vidrio*, fue el primer material utilizado en los invernaderos hasta la aparición de los materiales plásticos. Necesita de estructuras sólidas y estables que soporten su peso y eviten la rotura del material por desplazamientos de la misma. El utilizado para invernadero tiene un espesor de 2 a 4 mm con una densidad de  $2,400 \text{ kg/m}^3$ . Presenta una alta transmisividad

a la radiación solar y nula a la infrarroja de onda larga. Los elementos estructurales producen importantes sombras dentro del invernadero.

El ***Polimetacrilato de Metilo (PMM)***, es un material ligero con una densidad de 1.180 kg/m<sup>3</sup>. Presenta buena resistencia mecánica y estabilidad. Tiene alta transmisividad a la radiación solar (> 83 %) y baja a la radiación de onda larga UV. Se presenta en forma de doble pared con espesores de 8–16mm.

El ***Policarbonato (PC)***, es también un material termoplástico con buena resistencia al impacto y más ligero que el PMM. Se presenta en forma de doble pared con espesores entre 4–16mm.

El ***Poliéster***, es fabricado con poliésteres insaturados y reforzados con fibras minerales u orgánicas. Éstas proporcionan resistencia mecánica y mejoran la difusión de la luz. Este material presenta buena transmisividad a la luz solar y baja a la radiación de onda larga. Necesita ser aditivado para evitar su rápida degradación por la radiación UV.

El ***Policloruro de Vinilo (PVC)***, se obtiene por polimerización del monómero cloruro de vinilo. Se presenta en placas lisas u onduladas con espesores entre 1 a 1.5mm. Su principal ventaja es una opacidad a la radiación térmica menor del 40% y una alta transmitancia a la radiación visible, aproximadamente del 90%. Para mejorar su comportamiento se añaden antioxidantes, estabilizantes y absorbentes UV. Así, el PVC fotoselectivo-fluorescente es aquél al que se han añadido aditivos que mejoran la captación entre los 0.5 y 0.6 nm. Los materiales de PVC tienen el inconveniente de fijar bastante polvo en su superficie (Alpi y Tognoni, 1991).

#### 4.1.2 Cubiertas Flexibles para Invernaderos.

Son aquellos materiales sintéticos compuestos por moléculas orgánicas, con un elevado peso molecular. Son termoplásticos, es decir, pueden ser sometidos a diferentes ciclos térmicos, pudiendo ser fundidos y solidificados tantas veces sea necesario. Son materiales

ligeros, de fácil manipulación y transporte ([http://www.infoagro.com/hortalizas/materiales\\_cubierta\\_invernaderos.htm](http://www.infoagro.com/hortalizas/materiales_cubierta_invernaderos.htm)).

El **Cloruro de Polivinilo (PVC)**, es un material rígido, que mediante la aplicación de plastificantes se consigue su transformación a flexible. Las láminas se fabrican por calandrado, lo que limita el ancho de la lámina a 2 metros, obteniéndose hasta de 8m mediante soldaduras de la misma. Su densidad es de 1,250 a 1,500 kg/m<sup>3</sup>, siendo mas pesado que el polietileno. Su resistencia al rasgado es muy baja, por lo que se requiere de estructuras poco agresivas que mantengan bien sujeta la película. También se añaden antioxidantes, estabilizantes y absorbentes UV. Transmite la luz visible en porcentajes elevados, pero con baja dispersión. Su elevada electricidad estática hace que el polvo se adhiera fácilmente, restándole transmisividad. Su elevado contenido en cloro le proporciona un buen efecto como barrera al infrarrojo. Se estima su duración entre 2 o 3 años para láminas flexibles. (Alpi y Tognoni, 1991)

El **Polietileno (PE)**, es el plástico flexible más empleado actualmente para forzado de cultivos en invernaderos, túneles y acolchado. Esto se debe principalmente a su bajo precio, a sus buenas propiedades mecánicas y a la facilidad para incorporarle aditivos que mejoran sus presentaciones. El PE junto con el polipropileno (PP) y al PVC, son los termoplásticos de mas consumo. De acuerdo con su densidad, el PE se clasifica en:

Baja Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Baja Media (kg/m <sup>3</sup> )	Alta Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
< a 930	930 – 940	> a 940

(Splittstoesser y Brown, 1991).

El PE se degrada por la radiación UV y el oxígeno, por lo que la exposición permanente a la intemperie, provoca su rotura al perder las propiedades mecánicas. Para evitar esto es común añadir en el proceso de fabricación del PE diversas sustancias: Adsorbentes de radiación UV (Derivados de la Benzotriazoles y Benzofenona), secuestradores de radicales libres, desactivadores (Sales Orgánicas de Níquel), estabilizantes (Hindered Amines Light Stabilizers). Así existen dos grandes grupos de aditivos.



1. Aditivos de proceso destinado a evitar la degradación térmica durante la extrusión (antioxidantes), o para mejorar el proceso del polímero.
2. Aditivos de Aplicación, se añaden al polímero con la finalidad de obtener las cualidades deseadas (deslizantes, antibloqueo, estabilizantes UV, aditivos térmicos o pigmentos).(Splittstoesser y Brown, 1991)

El PE transparente tiene un poder absorbente de 5 a 30% en los espesores utilizados en la agricultura, el poder de reflexión es de 10 a 14% y su difusión es baja. Según esto, la transparencia del polietileno esta comprendida entre el 70 – 85%; es decir, dentro del recinto cubierto por el material plástico se percibe de un 15 – 30% menos de luz aproximadamente menos que en el PVC (Splittstoesser y Brown, 1991).

Los primeros plásticos empleados en las cubiertas para invernadero, fueron las láminas de polietileno normal, cuya única función era proteger a los cultivos de las inclemencias del tiempo. Este tipo de películas no sometidas a tratamientos, presentaban una resistencia y una duración muy limitada. A medida que las estructuras de los invernaderos se fueron haciendo mas estables se tuvo la necesidad de realizar mejores cubiertas y se inicio una investigación buscando algunos aditivos para estabilizar los plásticos y darles mayores propiedades. Fue así como surgieron los materiales de larga duración, que no son más que el polietileno normal tratado con inhibidores de los rayos UV, los cuales evitan la degradación al menos durante un periodo determinado. Por lo general estos plásticos presentan una coloración amarilla, pues suelen estabilizarse con sales de níquel.

Sin embargo las películas de larga duración utilizadas en zonas geográficas de luminosidad limitada y cambios bruscos de temperatura, no han sido lo suficientes para mejorar la productividad. Para cubrir esta deficiencia, el siguiente paso es la evolución de los materiales de cubierta, se produjo con la aparición de las películas térmicas de larga duración, estas además de la protección contra los rayos UV, son sometidas a tratamientos térmicos que impiden que el calor se escape a través de las mismas (Decoteau and Friend 1991; Alpi y Tognoni, 1991).

*Copolímero Etienol–Acetato Vinilo* (EVA), su transparencia a la luz visible, cuando el material es nuevo es mas alta que la del polietileno térmico, la opacidad a las radiaciones térmicas depende del contenido de acetato de vinilo (AV), siendo necesario del 15 al 18% de AV para conseguir un buen nivel térmico. De entre los filmes plásticos es el que presenta más resistencia a los UV. Muestra excesiva plasticidad, gran adherencia al polvo, difíciles de lavar debido a su alta carga electrostática. La duración es de 2 años para grosores de 200 micras y de 1 año para los de 100 micras. Las láminas de alto contenido AV, son las recomendables para cubiertas de invernaderos en lugares geográficos con excesiva luminosidad y temperaturas elevadas, por las grandes dilataciones que sufre este material, pero luego da lugar a bolsas de agua y la rotura por el viento (Alpi y Tognoni, 1991). El problema de la flacidez causada por las altas temperaturas ha sido solucionado con el uso de laminas coextruidas (Guzmán, 2000).

A partir de aquí, lo que ha revolucionado el mercado de las cubiertas de invernadero no han sido los materiales en sí, sino la tecnología misma. La técnica de coextrusión ha permitido combinar diferentes materiales aprovechando sus ventajas mediante la colocación de capas sucesivas, tratadas en forma independiente; por ejemplo un material tricapa, en donde una capa esta sometida a un tratamiento antigoteo, con una capa transparente y térmica, y una capa exterior con alta resistencia a los rayos UV y propiedades antipolvo (Bruggink y Heuvelink, 1987; Nederhoff, 1994).

#### *4.2 Características de las cubiertas flexibles y rígidas.*

Es muy importante hacer una buena selección del plástico para lograr los resultados deseados y reducir los riesgos de la inversión, no solamente en el material, sino también en toda la plantación.

Los avances tecnológicos de los últimos años, permiten disponer de una amplia gama de opciones de protección para los cultivos en diferentes tipos de películas plásticas.

Desde el sistema que se emplea para extruir el material, hasta la fotoselectividad para evitar o reducir la presencia de patógenos, existe un amplio abanico para escoger el plástico mas adecuado al caso particular de cada plantación.

Características	FLEXIBLES			RÍGIDOS		
	Poliétileno (0.08 mm)	PVC (0.1 mm)	PVC ondulado (1-2 mm)	Polimetacrilato de metilo (4 mm)	Poliéster estratificado (1-2 mm)	Cristal (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 su fractura.	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 elev.
Duración	2 años	2-3 años	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
Transmisión % (7-35 micrones)	80	30	0	0	0	0

Características comparadas de los principales materiales plásticos utilizados en cubierta de invernadero (Fuente: [http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/plasticos2.asp](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/plasticos2.asp))

La elección del material mas conveniente a utilizar, dependerá de varios factores; uno de ellos básico e indispensable es en conocer que tipo de planta va a ser cultivada, así como su capacidad de adaptación a las condiciones de cultivo para mantener el nivel de respuesta adecuado en cuanto a la fotosíntesis, transpiración, y temperatura ambiente (Guzmán, 2000). Matallana y Moreno (1995) señalan que la selección dependerá de una serie de criterios o indicadores como la respuesta agronómica en base al material empleado (precocidad, producción y calidad), las propiedades ópticas y térmicas del invernadero, así como la estructura del invernadero, anclaje o sujeción del plástico. El material ideal seria aquel que cumpliera los siguientes requisitos: Buen efecto de abrigo, gran resistencia al

calor, gran rendimiento térmico, gran transparencia a las radiaciones solares, gran opacidad a las radiaciones infrarrojas de longitud de onda largas emitidas por el suelo y la planta durante la noche.

El material ideal sería aquel que tuviese el espesor y flexibilidad de los plásticos y las propiedades ópticas del vidrio, es decir, que sea muy permeable durante el día a las radiaciones de longitud de onda inferiores a 250 nm y por la noche sea lo más opaco posible a las radiaciones de longitud de onda larga emitida por suelo y plantas, que son las que mantienen calientes a los invernaderos (Matallana y Montero, 1995).

#### *4.3 Sistema de Fabricación*

Los plásticos para la agricultura son extruidos de una manera sencilla, en máquinas de un solo tornillo y una boquilla y se les denomina monocapa. Los Coextruidos son los que se fabrican mediante la alimentación de la materia prima a través de dos, tres o más extrusores.

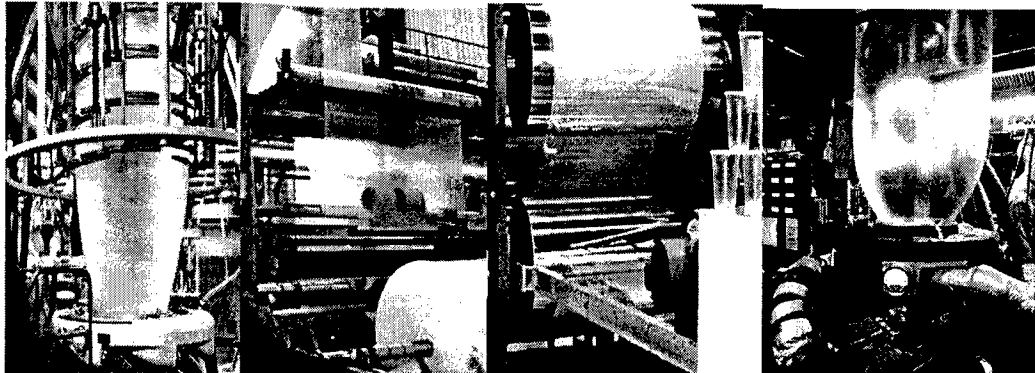


Fig. 4.1 Proceso de extrusión de film agrícola

Las primeras películas para invernaderos fueron de tipo monocapa y después se procedió a realizar películas por coextrusión que tienen la ventaja de poder agregar valores a la lámina mediante componentes extras que contribuyan a cambiar propiedades para aumentar la termicidad o un mejor aprovechamiento de los materiales plásticos (Manual sobre extrusión de películas de poliolefinas).

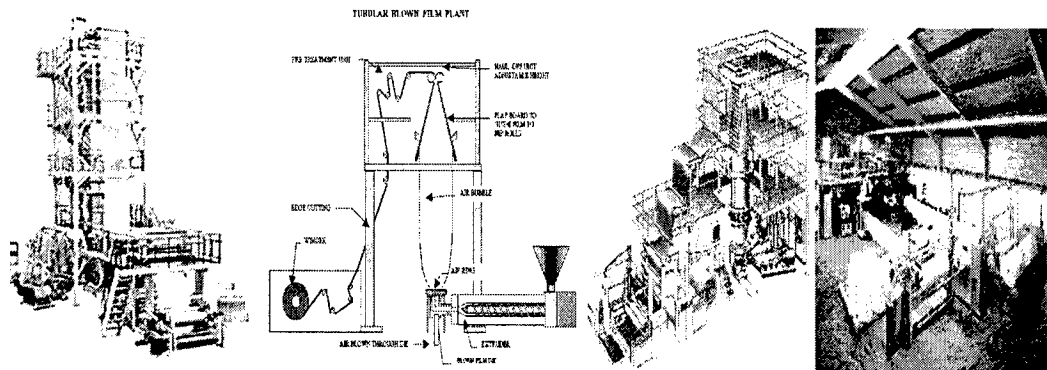
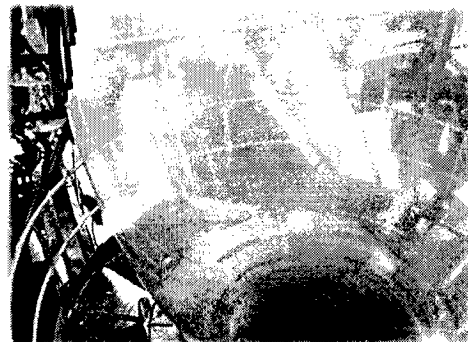


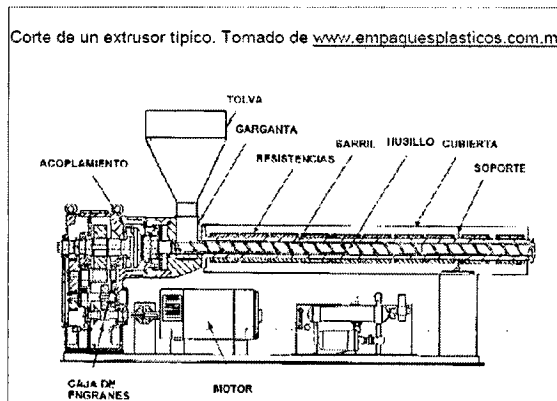
Fig. 4.2 Fabricación de Filmes mediante la Utilización de Extrusores

#### 4.3.1 Proceso de Extrusión

Uno de los métodos principales para preparar materiales polímeros involucra la mezcla de polímeros fundidos con una serie de aditivos, esta transformación se lleva a cabo mediante un proceso llamado extrusión.



Un extrusor típico consta de un mecanismo de transmisión y potencia, de un cilindro, de un tornillo, de una malla y de los apropiados controles de presión, temperatura y velocidad. Una vez que se mezclan las proporciones adecuadas de compuestos, aditivos, material recuperado o pigmentos que



requieren cada tipo diferente de resina o producto, se procede a la carga del material por la tolva, inmediatamente el extrusor fundirá, comprimirá, mezclará y bombeará el material plástico a la sección de formado. La sección de formado es usualmente un cabezal con una boquilla de salida que da al material fundido la forma que se desea obtener mediante un proceso continuo, como son: hojas, tubos, perfiles y otros. En este proceso el motor, ya sea de velocidad variable o fija, hace dar vueltas a un tornillo dentro de un cilindro calentado

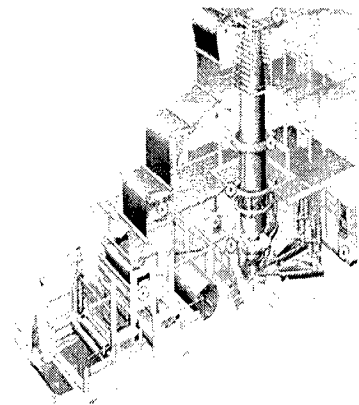
eléctricamente por medio de resistencias. El material plástico es alimentado por gravedad en una tolva a través de una abertura en el cilindro y el plástico es transportado por el tornillo absorbiendo el calor tanto del cilindro como del esfuerzo de fricción.

Conforme el plástico se va fundiendo, el canal del tornillo se va estrechando, lo que incrementa la presión interna forzando al material a salir por la boquilla. Una vez que el material fundido tiene la forma básica deseada se pasa a la sección de formado final (Manual sobre extrusión de películas de poliolefinas).

#### 4.3.2 Proceso de Extrusión de la Película

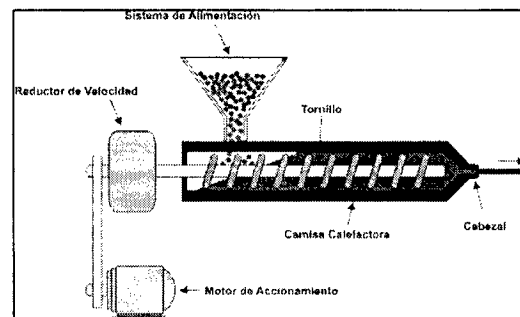
Hay tres etapas básicas en el proceso total de extrusión:

1. Acondicionamiento/manipulación de materiales.
2. Extrusión de la película.
3. Sistema de jalado de la película



##### 4.3.2.1 Acondicionamiento / Manipulación de Materiales

Se deben tomar precauciones para asegurar la limpieza de los gránulos de poliolefina, cuando se llevan a las instalaciones del procesador.



Una forma de disminuir los problemas en el procesamiento de la resina de poliolefina, es evitar que los contaminantes ingresen en los sistemas de transferencia. Siempre que se mueve una resina de poliolefina por una corriente de aire a través de tubería de transferencia existe una posibilidad de contaminación. Puede generarse polvo, partículas y esto ocasiona atascamiento en filtros del sistema de transferencia, lo cual produce una interrupción del flujo hacia el extrusor.

#### 4.3.2.2 Extrusión de la Película

Hay dos métodos básicos para hacer películas de poliolefina: los cuales son por extrusión de película plana y extrusión de película soplada.

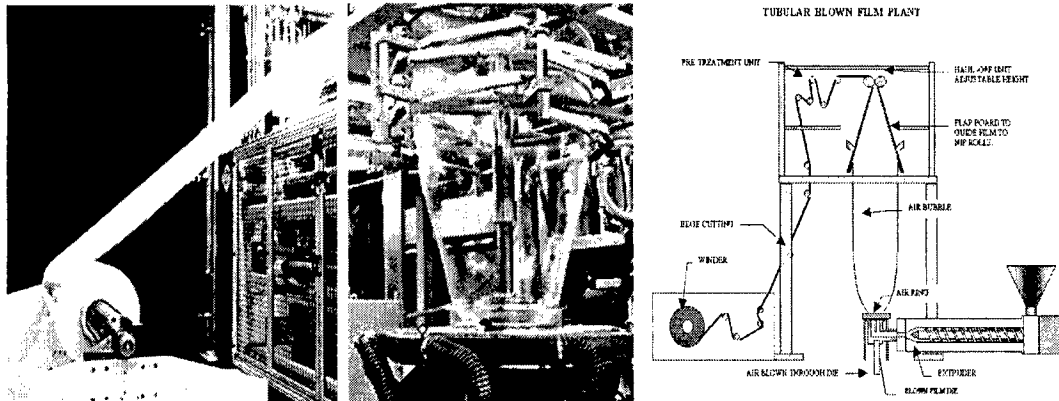


Fig. 4.3 Extrusión de Película Plana y Extrusión de Película Soplada.

Para ambos métodos, la resina es primeramente fundida sometiéndola al calor y presión dentro del cilindro de un extrusor y finalmente expulsando la masa fundida a través de una ranura estrecha en un cabezal. La ranura puede ser una línea recta o tener una forma de anillo. La película resultante tiene una forma de lamina (película plana) o de un tubo, también llamado burbuja (película soplada). Conforme la película sale del cabezal, se enfría y luego se enrolla en un núcleo (tubo de cartón o de metal llamado “core”) (Castillo Reyes L. E., De León Suárez G. L., 1994).

#### 4.3.2.3 Sistema de Jalado de la Película

La burbuja se eleva desde el cabezal, se lleva hacia un complejo sistema de jalado, generalmente llamado torre multinivel. En su camino entre el multicabezal y los rodillos de presión, se sostiene la burbuja y se evita que esta se desvíe por medio de uno o dos pares de barras guía. Los bastidores plegables accionados por aire dejan una cama de aire entre el bastidor y la burbuja para reducir la distorsión y las arrugas de la película. Los rodillos de presión pliegan la burbuja, mantienen el aire en la burbuja y favorecen la tracción de la película hacia arriba. Después de los rodillos de presión se encuentra un dispositivo para la

medición del ancho, el espesor de la película puede medirse mecánicamente o con calibradores instantáneos cuando la película llega al fondo de la torre o por medios automáticos, instalados en la parte mas alta de la torre. En la parte más alta de esta se encuentran las unidades oscilantes de transporte, cuya función es disminuir toda la variación en espesor en el rollo final. Los rodillos guías pueden tener cubiertas no deslizantes para mejorar la tracción en la película y la no adhesión con superficies pegajosas. Los rodillos alimentadores guían la película hacia una unidad de embobinado bajo tensión controlada constantemente. Un sistema de inspección óptica se ubica por encima de las líneas de escarcha y por ella se detectan imperfecciones (ojos de pez, motas, etc.). La película se enrolla generalmente sobre un tubo de cartón o de metal llamado núcleo (core).

Se utilizan diferentes embobinadores entre ellos: los de fricción, axiales, de fricción y ayuda axial. Los restiradores automáticos de rollos retiran el aire de los ejes, retiran el rollo completo y son colocados sobre un carro o en el suelo. Cuando el rollo alcanza un tamaño predeterminado, una cuchilla corta la película. Las cuchillas igualadoras cortan los bordes y el desperdicio se enrolla automáticamente en rollos de cortes. El desperdicio generado durante el corte de bordes, en el procedimiento de arranque, corte de cinta, etc., puede ser reciclado en línea. Todo el proceso se controla por medio de círculos cerrados que pueden vigilar continuamente la alimentación de la resina, temperatura, presión, velocidad de tornillo, velocidad de línea, espesor de la película, producción, etc., y hacer los ajustes necesarios cuando los valores de las variables se obtienen de los límites prefijados (Castillo Reyes L. E., De León Suárez G. L., 1994).

#### *4.4 Aditivos.*

Los plásticos para invernaderos tienen que tener estabilizantes para impedir su degradación por el efecto de la luz U.V. La duración de la lámina depende, en gran medida, de la dispersión homogénea de los aditivos.

Los estabilizantes pueden ser tipo Ni/Benzofenona (Níquel) los cuales le dan apariencia Amarillo verdoso; o basados en aminas impedidas (Hals) con los cuales los filmes presentan una apariencia blanco traslúcido.



La duración es uno de los aspectos que más interesa y preocupa a los usuarios. Esta, en gran medida derivada de los estabilizantes, depende también de la materia prima con la que se fabrique y del sistema de extrusión empleado (De la Cruz M. y Jonson B. W, 2003)

#### *4.5 Tipos de Aditivos utilizados en filmes*

Los aditivos están compuestos con resinas de películas de poliolefina. Entre ellos podemos encontrar los estabilizadores térmicos, agentes antiestáticos y agentes nucleantes.

La poliolefina es todo aquel polímero obtenido mediante la polimerización de olefinas. Los gases etileno y propileno de alta pureza, son principales ingredientes en la fabricación de las poliolefinas. Estos gases pueden ser un producto de la refinación del petróleo o pueden ser extraídos de mezclas de gas etano-propano, que llega por medio de tuberías de yacimientos de gas.

El polietileno es el polímero de mayor uso y de mayor importancia comercial debido a su bajo costo, lo económico de la materia prima y el alto nivel de producción, su facilidad de procesamiento mediante técnicas variadas y diversas, sus aceptables propiedades mecánicas.

☞ **Plastificantes:** son líquidos de baja temperatura de ebullición que se agregan a los polímeros para mejorar su flexibilidad, extensibilidad y procesabilidad. Actúan como separadores de las cadenas de polímero, reduciendo las atracciones intermoleculares y promoviendo así una mayor movilidad.

☞ **Estabilizadores Térmicos:** son sustancias que permiten controlar la extremada susceptibilidad a la degradación de los polímeros permitiendo de esta forma su procesamiento. Además tienen la finalidad de neutralizar y reaccionar con subproductos de reacción, por ejemplo en el caso de PVC, donde deben reaccionar con el ácido clorhídrico que se genera por degradación del material, previniendo la decoloración del compuesto durante el proceso de transformación (De la Cruz M., Johnson B. W, 2000).

☞ **Lubricantes:** se emplean para mejorar la procesabilidad de los polímeros reduciendo la fricción entre las partículas del material y retrasando la fusión del

mismo. Reducen además la viscosidad del fundido promoviendo, de esta manera, el buen flujo del material.

Evitan que el polímero caliente se pegue a las superficies del equipo de procesamiento y mejoran el acabado superficial del producto.

- ☞ **Lubricantes Externos:** reducen la fricción entre las partículas del polímero y las superficies metálicas de los equipos de proceso.
- ☞ **Modificadores de Impacto:** dan mayor resistencia al impacto a temperaturas más bajas e imparten flexibilidad a compuestos rígidos.
- ☞ **Ayudantes de Proceso:** mejoran la procesabilidad de los polímeros sin afectar sus propiedades y reducen los defectos superficiales.
- ☞ **Cargas:** mejoran las propiedades mecánicas y disminuyen el precio del compuesto.
- ☞ **Otros materiales:** de importancia y que se manejan en volumen mucho menor son: *pigmentos y aditivos* para dar características específicas al producto o para mejorar su aspecto visual (De la Cruz M., Johnson B. W, 2000).

#### 4.6 Duración

La exposición a la intemperie de los filmes plásticos para cubierta de invernadero provoca en ellos una degradación gradual que, finalmente conduce a su rotura. Entre los agentes que provocan la degradación encontramos la energía solar radiante recibida (foto-oxidación), y los productos químicos usados para la desinfección de suelos y tratamientos fitosanitarios de las plantas, que reducen la efectividad de los aditivos de estabilización frente a la luz.

Duración de plásticos normalizados para invernaderos (Fuente: <a href="http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/plasticos.asp">http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/plasticos.asp</a> )			
Tipo de plástico	Espesor	Duración (en Almería)	Radiación solar recibida
Polietileno “normal” (sin aditivos)	150 micras (600 galgas)	6-8 meses	< 148 kcal/cm <sup>2</sup>
Polietileno “larga duración”	180 micras (720 galgas)	2 años	296 kcal/cm <sup>2</sup>
Polietileno “Térmico larga duración”	200 micras (800 galgas)	2 años	296 kcal/cm <sup>2</sup>

Copolímero EVA (12 % AV)	200 micras (800 galgas)	2 años	296 kcal/cm <sup>2</sup>
Copolímero EVA (6 % AV)	100 micras (400 galgas)	1 año	148 kcal/cm <sup>2</sup>

Cuadro 4.1 Duración de los plásticos para invernaderos.

En teoría, la radiación solar que llega a la superficie de la tierra no debería inducir la degradación de las poliolefinas, debido a que por su estructura, no absorben longitudes de onda que puedan romper los enlaces de las cadenas de polímeros. Sin embargo, la presencia de restos de catalizador al final del proceso de fabricación o productos generados durante la transformación de los filmes originan radicales y grupos cromóforos insaturados con una gran capacidad de absorción de la radiación UV necesaria para la foto-oxidación.

Existen diferencias estructurales entre los polímeros poliolefinicos que presentan un comportamiento distinto frente a la radiación UV. Por ejemplo el grupo acetato de vinilo (AV) en los copolímeros EVA tiene un efecto *estabilizador*, presentando mayor resistencia a la degradación que el LDPE.

En estudios realizados, en condiciones de envejecimiento natural en Almería, España, o acelerado en una cámara con lámpara de xenón (Atlas Ci4000), se ha comprobado que la fotoestabilidad aumenta con el contenido de AV ([http://www.cibasc.com/tinuvin\\_plasticulture.pdf](http://www.cibasc.com/tinuvin_plasticulture.pdf)).

Los aspectos que se tienen en cuenta para decidir, en función de las propiedades mecánicas, son los siguientes:

- ⇒ Resistencia al rasgado
- ⇒ Resistencia al envejecimiento
- ⇒ Flexibilidad
- ⇒ Campañas agrícolas que cumple
- ⇒ Propiedades "coestabilizantes" (resistencia a la acción de pesticidas e insecticidas).

Valoración de las principales propiedades de cuatro de los materiales de cubierta plásticos más utilizados (Fuente: MONTERO; ANTÓN, 1993).				
PROPIEDAD	PE	PVC	EVA	PC
Resistencia a UVU	+/-	-/+	+	+

Transparencia a rad. Visibles	-/+	+	+	-
Propiedades térmicas	-/+	+	+/-	+
Antigoteo	-	-	-	+
Propiedades mecánicas	-/+	+/-	+	+
Compatibilidad con aditivos	-	+	+	+
Resistencia al rasgado	+	+	-	+
Resistencia a las bajas temperaturas	-	-	+	+
Resistencia a las altas temperaturas	+	-/+	-	+
Precio	+	-	+	-
Anchuras grandes	+	-	+	-

Cuadro 4.2 Propiedades de algunos materiales plásticos.

#### 4.7 Luminosidad

La luz es la fuente de vida de las plantas y cumple un papel determinante en el crecimiento y desarrollo vegetativo.

Las plantas dependen de la energía solar para el funcionamiento de su complejo proceso fotosintético y los plásticos deben tener las propiedades de permitir que a ellas llegue la cantidad y calidad de luz que les favorece.

En consecuencia, los plásticos para invernaderos deben tener buena transmisión global de luz visible, poder de difusión de luz (eliminación o reducción de sombras) y antiadherencia al polvo.

La administración de la luz mediante la tecnología del plástico contribuye de manera muy positiva en la sanidad vegetal, ya que con la aplicación de filtros fotoselectivos puede modificarse tanto la cantidad, como el rango de la luz solar, la calidad o la duración de la misma, provocando ambientes en los que se reduce de modo sustantivo la presencia de insectos y por ende de la contaminación por virosis. La fotoselectividad es empleada también en el control de patógenos bloqueando las radiaciones que favorecen la germinación de las esporas (<http://articulos.infojardin.com/huerto/invernaderos-clima-cultivo.htm>).

## 4.8 Propiedades de los plásticos

### 4.8.1 Propiedades Físicas

Las propiedades físicas más importantes son: durabilidad, permeabilidad a vapores y líquidos, transparencia a la luz, efecto invernadero, modificación de la temperatura del suelo bajo la película y propiedades selectivas de la longitud de onda.

- a) *Durabilidad y fuerza.* La durabilidad depende del grosor, tipo y grado de plástico, tiempo de exposición a rayos UV; disponibilidad de oxígeno (fotooxidación), temperatura y humedad. La fuerza depende del tipo de resina, de ella será la resistencia a la rotura por el viento, hielo, nieve y lluvia (Splittstoesser y Brown, 1991).
- b) *Densidad.* La cristalinidad de los polímeros modifica la flexibilidad, permeabilidad y propiedades térmicas. Una densidad baja facilita la manipulación y el transporte, aunado a un menor precio (Splittstoesser, y Brown, 1991).
- c) *Transparencia y calidad de la luz.* La transparencia a la luz es el grado de permeabilidad del plástico a la radiación térmica y solar. La mayoría de materiales no son transparentes; mientras que éstos no le permitan. Al ojo ver a través de ellos claramente se pueden considerar como translúcidos. Desde un punto de vista práctico, el vidrio y el plástico transparente son similares en la calidad de luz transmitida (Garnaud, 1974; Splittstoesser y Brown, 1991).
- d) *Retención de calor.* El efecto invernadero es producido por la diferencia de permeabilidad a la radiación solar y térmica; por ello, el material ideal debe ser transparente a la radiación solar (180-1500nm), pero completamente opaco a la térmica (5000 a 35000nm) (Garnaud, 1974).
- e) *Temperatura del suelo bajo la película plástica.* Generalmente la temperatura se incrementa en varios grados durante' el día (2-10°C), acorde a la estación, cantidad de sol, humedad y tipo de suelo. En la noche, la diferencia de temperatura es entre 2-4 °C (Garnaud, 1974).
- f) *Propiedades selectivas de la longitud de onda.* Las películas plásticas selectivas a la longitud de onda absorben y reflejan la radiación fotosintéticamente activa en el rango de 400-700nm y transmiten parte del espectro solar en la radiación cercana al infrarrojo en los 700-3000nm.

- g) *Peso*. Las películas plásticas 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 mayor peso, acostumbran a tener un tamaño más reducido, por lo que requieren un mayor número de soportes y se influye también en una menor estanqueidad.
- h) *Envejecimiento*. El envejecimiento de los materiales utilizados como cubierta en invernadero viene determinado por la pérdida de sus propiedades físicas, radiométricas y mecánicas (Garnaud, 1974).

#### 4.8.2 Propiedades Químicas

En cierta manera las características físicas se relacionan con las propiedades químicas, ya que éstas son las que modifican el balance espectral, la temperatura e imparten la duración de la película, entre otras.

- a) *Composición Química*. En base a esta propiedad se han generado polietilenos de baja densidad con excelente fuerza tensil para acolchados y resistencia al desgarre; son de bajo peso y costo. Películas de cloruro de polivinilo (PVC), de etil acetato de vinilo (EVA) que mejoran las características de retención de calor (Splittstoesser y Brown, 1991).
- b) *Aditivos*. Para aumentar o modificar algunas propiedades especiales de las películas: pigmentación con carbón negro o dióxido de titanio para películas gris humo; opacas térmicas, rojas o cafés y fotoselectivas (PVC verdes); estabilizadoras UV (carbón negro); película antivaho; retención de calor con una barrera térmica dentro de la película; fotodegradables y biodegradables (Splittstoesser y Brown, 1991).

#### 4.8.3 Propiedades Radiométricas (Transmisión y Térmicas)

Las dos propiedades de las láminas de plástico de mayor interés para los agricultores son la transmisión de la luz y la termicidad de la película. La transmisión es la propiedad de los

materiales de dejar pasar la radiación solar, se expresa como la relación entre la radiación en el interior del invernadero y la medida simultánea en el exterior. La transmisión depende del ángulo de incidencia de la cubierta. La transmisión de luz de una película indica el porcentaje de radiación lumínica que penetra en el invernadero desde el exterior (Matallana y Montero, 1995).

No sólo interesa tal porcentaje, sino que además debe considerarse el porcentaje de difusión de la luz incidente llamada turbidez (Guzmán, 2000).

La termicidad del plástico indica la capacidad de éste para retener la radiación infrarroja bajo la cubierta (Guzmán, 2000). La protección contra el frío de un material depende; por un lado de su transmisión a la radiación IR larga y por el otro, de las pérdidas por conducción y convección a su través. En condiciones estables de laboratorio se mide un coeficiente K global de pérdidas caloríficas, que expresa el conjunto de pérdidas radiantes, convectivas y conductivas, lo que permite comparar unos materiales con otros (Matallana y Montero, 1995).

La transmisión es indicador del porcentaje de radiación susceptible de cruzar la lámina. Cuanto menor es la transmisión mayor es la termicidad. Existen dos vías principales para aumentar la termicidad de los polietilenos: mediante la adición de componentes térmicos o mediante el uso de las películas que contienen un determinado porcentaje de acetato de vinilo (copolímeros EVA). Al aumentar el porcentaje de acetato de vinilo se aumenta la termicidad. El vidrio y el polietileno presentan una transmisión muy parecida (87-88%). El policarbonato transmite un 7-8% menos que el vidrio y el polietileno; pero una cubierta doble de polietileno es el material más desfavorable, llegando a transmitir el 74 por ciento de la luz exterior (Matallana y Montero, 1995).

## 5. Tendencia en Formulaciones de Filmes para Invernaderos

Los nuevos desarrollos se encaminan hacia materiales que mejoran sus propiedades mecánicas y hacia una selectividad de la radiación (cantidad y calidad).

La luz desempeña un papel fundamental en el crecimiento y desarrollo vegetativo de las plantas ya que estas dependen de la energía que les suministra la radiación solar para la fotosíntesis. Independientemente, existen también diversos efectos lumínicos que controlan la estructura y desarrollo de la planta. Al evaluar y modificar la cantidad, calidad, dirección y duración de la luz se pueden optimizar y controlar los complejos procesos del desarrollo. Los nuevos desarrollos se encaminan hacia materiales que mejoran sus propiedades mecánicas y hacia una selectividad de la radiación UV tanto en cantidad como en calidad. Las películas actuales deben de acompañar el manejo del cultivo, creando un microclima agradable para la planta, optimizando las condiciones del cultivo, obteniendo precocidad del mismo fuera de su temporada de producción (López Hernández J. C.)

### *5.1 Espesor de Filmes Agrícolas.*

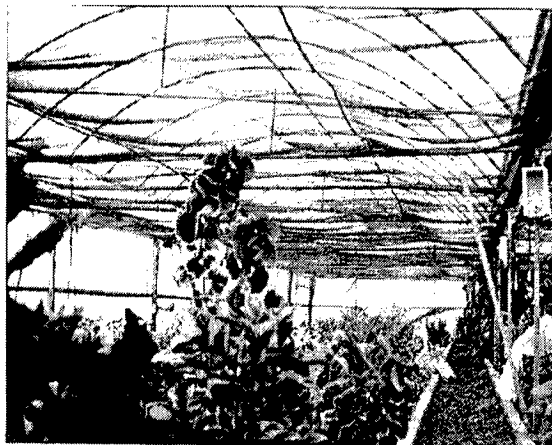
El grosor de la película es un factor importante en su durabilidad y duración de su contenido de aditivo total. Según las investigaciones y estudios realizados en campo, es recomendado un grosor más de 0.12mm para el uso de películas para invernadero. Experiencias previas han demostrado que las películas más finas no son bastante fuertes y bajo fuertes condiciones atmosféricas puede ser rasgadas y ocasionando pérdidas de cosechas, debido al daño que sufren las películas agrícolas. Las películas con un grosor de 0.12mm, se recomienda que sea utilizada solamente por una sola estación de crecimiento. Una película con un grosor de 0.15mm, es recomendada para dos estaciones de crecimiento, mientras que algunas películas más gruesas pueden ser utilizadas por tres estaciones (Espí E., et., al., 2004).



### 5.2 *Filmes de Alta Resistencia.*

Los filmes para cubierta de invernadero y túneles grandes representan la aplicación cuantitativamente más importante y que estimamos en algunos países como *China* solo es posible dar una estimación aproximada de 400 mil toneladas por año, teniendo un crecimiento anual de un 5%.

Cada vez se consiguen películas más duraderas y resistentes a los agentes agresivos



externos e internos del invernadero. Así, el agricultor puede tener la misma cubierta durante mayor tiempo, manteniendo todas sus propiedades.

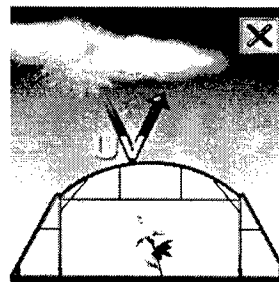
En la actualidad los filmes agrícolas se clasifican como normales, de larga duración y térmicos. Los filmes normales prácticamente están desapareciendo debido a que suben los costos de mano de obra. Los filmes de larga duración o alta resistencia, son aquellos que tienen una útil vida superior al ciclo de cultivo, desde 5 – 8 meses y hasta 45 meses, dependiendo el paquete estabilizante incorporado para hacerlos resistentes a la degradación por los rayos UV, de acuerdo a la situación geográfica y en consecuencia a la radiación solar que llega a la tierra. En este sentido se aclara que un film diseñado para durar de 18 a 20 meses es España (Almería), puede llegar a durar más de 30 meses en Europa Central, y solo un poco más de un año en regiones con fuertes insolaciones y fuertes vientos. Esto hace que los filmes sean diseñados en cuanto a materiales, espesor, aditivos UV y duración de acuerdo a las condiciones climatológicas del lugar al que se desee implantar, en cuanto a la radiación solar que comprenda entre 80 y 170 Kc/cm<sup>2</sup>/año (80 a 170Klys) o su equivalente en Kw/año. Esto es lo que representa en cuanto a su duración, pero en cuanto a su transparencia (% de radiación PAR), por lo que no es recomendada su aplicación en lugares polvorientos y de fuertes insolación por encima de los 30 meses (Ghosh J. et., al.).

### 5.3 Filmes UV.

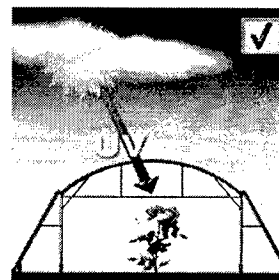
La estabilización de las películas de invernadero contra la degradación de la luz, sigue siendo un reto importante para la industria de aditivos. Las películas de invernadero que prestan servicio por más tiempo ofrecen importantes ahorros tanto en el costo por mano de obra como en honorarios por instalación. Hay dos retos importantes asociados con películas de invernadero que duran 3 o más temporadas.



1. La presencia de químicos que a menudo se usan en la agricultura afectan importantemente el desempeño de muchos de los estabilizadores a la luz más efectivos.
2. El efecto de bloqueo de radiación UV que imparten las películas de invernadero, lo cual aumenta el crecimiento de muchos cultivos, a menudo disminuye con el tiempo.



De ese modo la producción de las cosechas puede disminuir con el tiempo, lo cual puede mitigar cualquier trabajo y desperdiciar los ahorros por instalación.



La estabilización de poliolefinas contra el ataque de la luz UV ha avanzado significativamente durante los últimos 20 años pero las aplicaciones de películas agrícolas siguen presentando un reto único.

A pesar de los rigores ambientales para las películas de invernadero, se han desarrollado formulaciones para estabilizantes a la luz altamente efectiva.

Describiendo los sistemas diseñados para la óptima transmisión de la luz visible, efecto bloqueador de UV prácticamente permanente y máxima resistencia a los químicos.

Las películas de poliolefinas se encuentran en muchas aplicaciones agrícolas.

Los usos van desde películas de invernadero, películas de acolchado y películas de túnel hasta telas sombras y mallas, todas expuestas a las condiciones extremas de la exposición externa lo mismo que a exposición química que va desde ocasional hasta crónica. Los requerimientos de uso de la película agrícola demandan la preservación de flexibilidad,

tensión y en algunos casos, translucidez durante toda una vida de servicio que oscile entre 1 y 5 años (Ruiz P., Sanders B., et., al.).

Para responder a estas exigencias, los aditivos UV necesitan tener una elevada estabilidad inherente a la luz, baja volatilidad y no deberían interactuar con otros ingredientes en el paquete de estabilización (agentes antiniebla, aislantes térmicos, etc.). El término medio de vida de un paquete de estabilización se puede acortar si los aditivos son demasiado volátiles, son insolubles, o presentan excesiva migración en la matriz polimérica.

En adición a los requerimientos enunciados anteriormente, un paquete de estabilización UV exitoso en películas agrícolas, debe ser resistente al ataque de pesticidas.

Antes de la introducción de los estabilizadores a la luz tipo amina impedida (HALS), las combinaciones de los absorbedores UV y complejos de níquel (NiQ) fueron las alternativas de estabilización para películas agrícolas. Incluso hoy, todavía se usa ampliamente este paquete UV en películas agrícolas, especialmente cuando se están aplicando pesticidas con base en azufre. La combinación filtro UV/complejo de níquel, aunque extremadamente resistente a los pesticidas, presenta sus limitaciones. La reducción en la transmisión de la luz proveniente del color verde del complejo de níquel, limita la concentración que se puede usar en películas de invernadero. Aunque los NiQs pueden actuar como absorbedores débiles, barredores de radicales y descomponedores de hidroperóxido, pueden ser menos eficientes como estabilizantes térmicos que las aminas impedidas. Mientras se ha sugerido que los NiQs son ambientalmente inseguros, el compuesto más ampliamente usado (Ni-1084) no es un carcinógeno ni es considerado un desecho peligroso.

Parece que los estabilizadores de luz tipo amina impedida (HALS) se ajustan bien al mercado de películas agrícolas porque el mecanismo catalítico del barrido de radicales a través del cual funcionan, las hace altamente efectivas aún en materiales de sección muy delgada (Ruiz P., Sanders B., et., al).

Sin embargo, en la práctica la mayoría de HALS no estabilizan adecuadamente las películas en aplicaciones que están sujetas a uso agresivo de pesticidas. Los HALS son

profundamente afectados por especies ácidas presentes o producidas mediante la degradación de agroquímicos. Los efectos dañinos de muchos agroquímicos sobre la película estabilizada con HALS convencionales, son mucho mayores que sobre la película estabilizada con filtros UV/complejos de níquel. En general, se cree que las especies ácidas pueden reaccionar reversiblemente con la amina impedida conduciendo a la formación de una sal de amonio. La conversión de la sal de amonio a las especies activas del radical nitroxilo es cinéticamente lenta, reduciendo así la eficiencia de la estabilización a la luz. Se ha reportado que los subproductos ácidos de los pesticidas con base en azufre pueden interactuar negativamente con los HALS de manera similar. Epacher y Pukanszky estudiaron el efecto de 24 pesticidas diferentes sobre el término medio de vida de la película de PE que contiene HALS y encontraron que un gran número de pesticidas no interactuaron con los HALS. Sin embargo, los compuestos que contienen azufre y halógenos orgánicos conducen a un más rápido deterioro de la película estabilizada por los HALS.

Como con los complejos de níquel, los HALS a menudo se usan en combinación con un UVA. Los filtros de UV protegen el polímero absorbiendo competitivamente fotones de alta energía y disipando la energía por medios no destructivos. Además, bloquean todo o parte del espectro ultravioleta de la luz que entra al invernadero. Es importante considerar qué efecto tienen la modificación del espectro UV dentro del invernadero sobre el crecimiento de las plantas, la calidad de las frutas y flores, los hongos y virus y la polinización. Se sabe que la luz entre longitudes de onda de 280 y 400 nm causa degradación de los polímeros y el bloqueo de estas longitudes de onda presta beneficios de estabilización óptima. Sin embargo, alguna luz ultravioleta debe penetrar en el invernadero a través de la película para un crecimiento satisfactorio de las plantas. La luz de 320 a 400 nm tiene un efecto formativo sobre la mayoría de plantas mientras que la luz de 280 a 320 nm va en detrimento con casi todas las plantas. La luz de longitud de onda corta (280-320 nm) también facilita el crecimiento de hongos y el oscurecimiento de los pétalos de rosa. Además de los efectos sobre los porcentajes del crecimiento de las plantas y de hongos, muchos insectos de polinización ven y se orientan en la escala de UV por debajo de 360nm.

En este contexto Cytec Industries Inc. ha trabajado para desarrollar sistemas estabilizadores de la luz para cubiertas de invernadero que puedan resistir los rigores de la exposición a pesticidas. Al hacerlo, las fortalezas y limitaciones de cada una de las clases de estabilizadores de luz deben ser consideradas y se deben idear sistemas que exploten completamente los beneficios de cada componente del sistema (Ruiz P., Sanders B., et., al)

### 5.3.1 Estabilizadores de luz

Funciones de los estabilizadores de luz para cubiertas de invernaderos

➤ Absorbedores de Energía Ultravioleta (AUV)

Hidroxi benzofenonas

Hidroxifenil benzotriazolas

Hidroxifenil triazinas

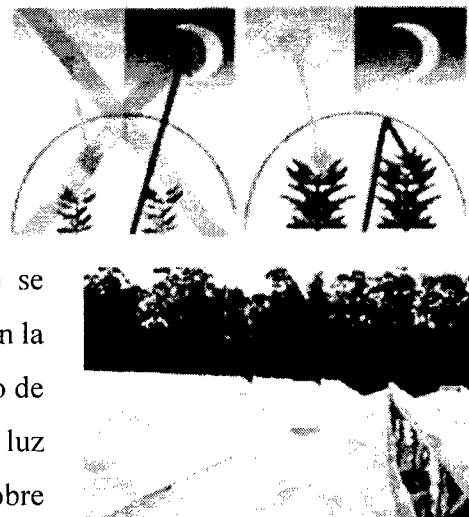
➤ Desactivadores de estados excitados

Compuestos de Níquel ( Ni )

### 5.4 *Filmes Térmicos.*

Regulan la temperatura en el interior del invernadero o túnel, optimizando las condiciones que posibilitan el desarrollo de los cultivos. Siendo un factor muy importante, además de la duración y transparencia es el efecto termoaislante (termicidad) de los filmes.

El objetivo principal es que dentro del invernadero se puedan controlar más o menos las variables que afectan la precocidad, producción y calidad de los cultivos, dentro de estas variables se han citado la cantidad y calidad de la luz que llega a las plantas, la humedad, ventilación, pero sobre todo la temperatura. Es con respecto a este último punto donde el concepto de termicidad juega un papel fundamental.



Se define el efecto termoaislante como la capacidad que presentan algunos filmes de ser opacos, parte mas importante de la radiación infrarroja larga (7 a 14 micrones de longitud de onda) emitida por el suelo y las plantas calentadas por la radiación solar durante el día.

Los invernaderos con filmes termoaislantes, pueden prevenir o reducen los riesgos de heladas. El efecto termo aislante del film además de ser función de su espesor, depende de la propia naturaleza del polímero con la que se fabrica el film, en este caso se determinan polímeros como lo es el copolímero EVA y el Policloruro de Vinilo PVC, presentan un cierto valor termoaislante. Sin embargo para el caso de los Polietilenos de baja densidad, el efecto termoaislante solo se consigue mediante la aplicación de aditivos con propiedades termoaislantes (Ghosh J., et., al.).

### *5.5 Filmes Termocontroladores*

Las películas termocontroladoras presentan muy poca información difundida, por lo que se da el uso de películas "enfriantes", las cuales pueden reflejar, por lo menos en parte, la radiación infrarrojo cercano. Esto parece ser muy prometedor en el caso de los invernaderos que se utilizan sólo para cultivos en la primavera-verano o para los cultivos con menos exigencia luminosa. (Espí et., al., 1997).

En el Centro de Investigación de Química Aplicada (CIQA), se han realizado investigaciones enfocadas a las películas plásticas de larga duración, con propiedades termorreguladoras, enfocadas a modificar la radiación y reducir las altas temperaturas, sin que se vea afectada la calidad de las plantas. La finalidad es poder contar con películas con características deseadas para el cultivo y a su vez sean sustituidas por los productores, de acuerdo a sus necesidades requeridas, tomando muy en cuenta el factor clima (intensidad y calidad de radiación).

En este trabajo se analizaron el efecto de cubiertas plásticas con aditivos reflejantes y absorbentes sobre la transmisión de radiación y temperatura interna en invernaderos, así como sobre el crecimiento, fotosíntesis, y acumulación de biomasa de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Floradade y pimiento (*Capsicum annuum* L.) Capistrano.

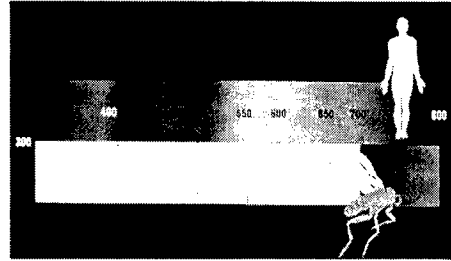
Se utilizaron dos películas de polietileno experimentales desarrolladas en CIQA: (CIQA-01, con aditivos que absorben mayormente en una longitud de onda y la transmiten en otra y CIQA-02, con aditivos reflejantes de la radiación), y como testigo una película de polietileno comercial (convencional) con aditivos UV para darle mayor tiempo de vida y la cual es usada comúnmente en los invernaderos de México. Cada una se colocó en un invernadero tipo capilla de 180m<sup>2</sup>. Se midió la radiación total, la radiación fotosintéticamente activa (RFA) y la temperatura a dos alturas, dentro y fuera del invernadero. La transmisión de la RFA fue de 59% para el testigo, y de 56 y 42% para CIQA-02 y CIQA-01. Asimismo, las películas CIQA-02 y CIQA-01 dieron lugar a temperaturas promedio menores en 0.5 y 1.5°C y temperaturas puntuales en las horas críticas (13-16hrs.) de hasta 5 y 7°C, respectivamente, en relación con el testigo (Samaniego Cruz E., 2001).

En general, los cambios de temperatura que provocan los polietilenos del CIQA aparentemente son bajos; sin embargo, pueden alterar de manera importante el crecimiento de las plántulas. En estos resultados, las temperaturas son ligeramente más altas que las recomendadas, ya que se reportan 25-27°C para crecimiento vegetativo y 20-22°C para materia seca total y área foliar óptima para plántulas de chile (Wien, 1997). En la misma especie, (Choe *et. al.*, 1988) obtuvo un mayor peso seco y área foliar a 28°C, pero mayor tasa fotosintética a 23°C. En tomate se reportan 18-26°C para el crecimiento óptimo en la etapa de plántula.

En relación con otros métodos, la reducción de temperatura lograda con estas películas se puede considerar relevante, ya que (Matallana y Montero, 1995) en el cultivo de tomate citan reducciones de temperatura de 2-3°C. En Chile, (Jovicich, 1999), con mallas de sombreo color negro (30%), redujo la temperatura máxima del aire en 4°C. La pantalla evaporadora puede reducir hasta 23°C; pero requiere estructuras especiales y es de mayor costo, por lo que sólo se ha recomendado para ornamentales. El uso de nebulización fina disminuye la temperatura en 10-15°C respecto a la exterior; pero no para regiones con alta humedad relativa (Alpi y Tognoni, 1991; Tognoni, 2000).

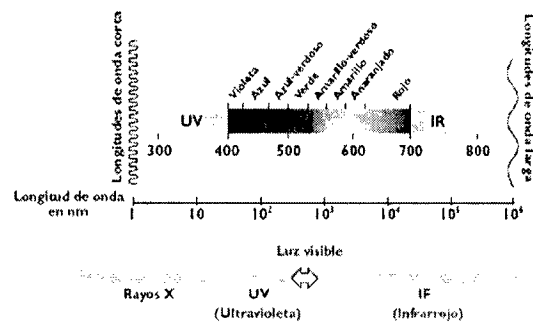
### 5.6 Filmes Fotoselectivos.

El control de la fotomorfogénesis por plásticos fotoselectivos es una opción atractiva como una nueva técnica del control del crecimiento de la planta, que puede facilitar el manejo de la luz. En operaciones comerciales (Cerny *et. al.*, 1999). Ésta tecnología se basa en el desarrollo de tintes especiales que permanecen estables en los plásticos y finalmente pueden manipular la calidad de la luz natural en el invernadero (Ryu *et al.*, 1999), considerando una reducción de 25-35% de la luz que afecte la radiación fotosintéticamente activa (Cerny *et. al.*, 1999).



La luz desempeña un papel fundamental en el crecimiento y desarrollo vegetativo de las plantas verdes, ya que estas dependen de la energía que les suministra la radiación solar para la realización de la fotosíntesis.

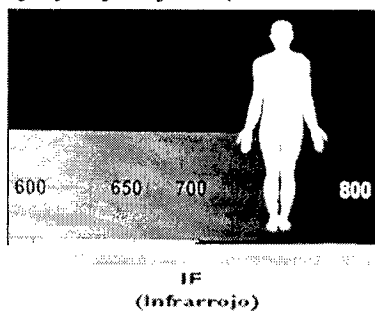
Los plásticos fotoselectivos modifican la cantidad y calidad de la radiación. En la zona del infrarrojo cercano (700 – 1000nm) se induce un alargamiento en la planta. Estudios sobre la fotomorfogénesis han mostrado la gran influencia que ejerce la calidad espectral de la radiación sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas.



La relación de los flujos de fotones rojo / rojo lejano (610 – 700 / 700 – 800 nm) actúa sobre un alargamiento de los tallos. En el rojo (610 – 700 nm) y azul (410 – 510 nm) es donde se concentra la mayor radiación aprovechada en fotosíntesis o radiación PAR (radiación fotosintéticamente activa).

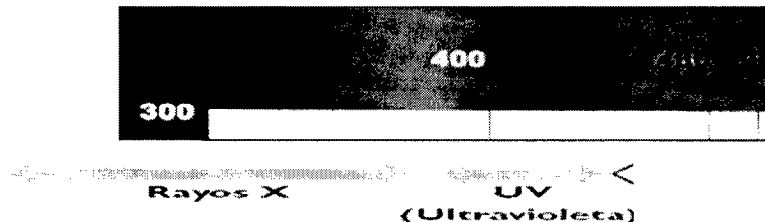
Los tres fotorreceptores que describe la bibliografía, afectan al desarrollo de la planta son:

1. *Fitocromo*: Absorbe rojo y rojo lejano (600 a 800nm). Actuando en el alargamiento de los tallos





2. *Criptocromo*: Absorbe la luz azul y ultravioleta (320 a 450nm). Incrementan el rendimiento de la plantación.



3. *Fotorreceptor*: Absorbe la ultravioleta B (280 a 320nm).

Así, una cubierta de color rojo y azul aumenta el rendimiento de la plantación; en cambio, una cubierta de color verde, al estar situado en una franja del visible que no es absorbida por la fotosíntesis disminuye la productividad. Con este tipo de láminas selectivas se han conseguido mejoras de rendimiento y de precocidad en tomate, melón, rosas y otros cultivos hortícolas (Guzmán, 2000).

Al cambiar la composición espectral de la luz se puede modificar el desarrollo de la planta, en algunos casos para incrementar el rendimiento y calidad de la producción agrícola. Muchos cultivos hortícolas son producidos bajo invernadero, con cubiertas de plástico o cristal que pueden utilizarse como filtros espectrales a fin de manipular la calidad de la luz en el invernadero. Tradicionalmente, los materiales utilizados se han diseñado para evitar las pérdidas nocturnas de calor en el invernadero por radiación, convección o conducción. Además, estos deben permitir la máxima transmisión de radiación fotosintéticamente activa (PAR, 400-700nm) durante el día para conseguir un mayor crecimiento de las plantas y mayor producción y calidad de las cosechas.

Así se han formulado plásticos que permiten seleccionar estas longitudes de onda del infrarrojo y por tanto adaptarlas a las necesidades lumínicas de la planta durante su desarrollo fenológico, fomentando así los niveles de producción. Estas cubiertas pueden dividirse en varios grupos:

- ⇒ Cubiertas que bloquean la radiación UV (280-400nm).

- ⇒ Cubiertas que absorben o reflejan parte de la radiación visible (filmes coloreados) (400-700nm).
- ⇒ Cubiertas que bloquean el rojo lejano (700-800nm) y la radiación infrarroja corta (800-2500nm).
- ⇒ Cubiertas fluorescentes con tintes o pigmentos que absorben la luz en una longitud de onda y la emite en otra mayor.

### 5.7 Filmes Anti-Plagas, Enfermedades y Virus.

Siguiendo esta línea de trabajo se están desarrollando desde hace años multitud de láminas fotoselectivas, incluso algunas actúan en la franja de la radiación ultravioleta y el efecto resultante es una disminución de ataques fúngicos en el cultivo (antibotrytis) y de algunos insectos (Guzmán, 2000).

Las láminas fotoselectivas absorbentes de radiaciones UV (280-390nm) pueden proteger las plantas contra las enfermedades virales; e.g. TYLCV (Tomato Yellow Leaf Curl Virus o "Virus de la Cuchara"), al controlar la entrada de algunos vectores como *Bemisia tabaci*. En plagas, al combinar diferentes ondas de transmisión se altera de manera importante el comportamiento de los insectos, cambiando la visión, la navegación, el aterrizaje o los patrones de alimentación de la mosquita blanca, los trips, algunos áfidos, ácaros y arañas (Weiss, 1995; Armengol y Badiola, 1996; Espi *et al.*, 1997; Fueyo, 1997; De Santiago, 1998). En el mismo sentido, (Antignus *et al.* 1996), con películas absorbentes UV, reportan fuerte reducción en la población de plagas de insectos en invernadero (minadores, trips, mosca blanca) y por ende, la incidencia de enfermedades virales transmitidas por éstos; en comparación con películas plásticas, PVC y diferentes marcas de polietileno. También, en papa, (Cerne *et al.* 1994) evaluaron dos cubiertas de plástico: Tufbell S3000 y Agril P-17 y encontraron que se redujo la ocurrencia de virosis en 50%.

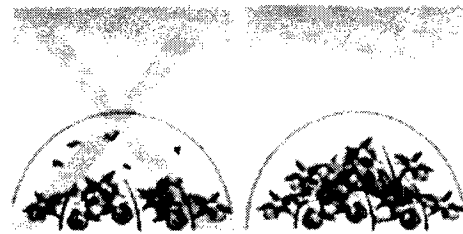
Los filtros foto-selectivos para este fin aún están en evaluación, pero se reporta que al relacionar el factor de la sensibilidad de las plantas y los organismos con el espectro de la radiación del calor y la transmisión de la luz, ayudan a controlar la incidencia de enfermedades fungosas como el moho gris, cenicilla polvorienta; *Botrytis Sc/erotinia*, *Alternaria* y *Stemphy/ium* (Weiss, 1995; Espi *et al.*, 1997). La producción de esporas,

viabilidad y crecimiento están condicionados por factores como la luz, humedad y temperatura. Si se rompe el ciclo de desarrollo se restringe su expansión. La radiación UV-b incide sobre la esporulación de *Botrytis cinerea* y otros hongos, de igual forma que la luz monocromática azul inhibe este proceso.

La infección por *Botrytis* en tallos y frutos de tomate fue mucho menor en la cubierta Hytilux que en la Astrolux (Benoti y Ceustermans, 1997). En tomate y pepino, (Angus y Morrison, 1998) reportan que *Botrytis cinerea* y moho gris son inhibidos por el uso de plásticos que utilizan una relación azul a UV.

#### 5.7.1 Filmes Antivirus.

La expansión de los virus se ve favorecida por la presencia de vectores (como la mosca blanca). Es sobre éstos donde se incide de forma directa, al modificar las bandas de radiación que absorbe el



material de cubierta. Experiencias en campo muestran que cubiertas con absorbentes UV protegen de infecciones de mosca blanca (*Bemisia Tabacci*), trips (*Frackliniella occidentalis*) y minador (*Lyriomiza trifolii*) (<http://www.ginegar.com/HTMLs/article.aspx?C2004=12250&BSP=12245>).

Se ha constatado que los tomates cultivados bajo invernaderos cubiertos con láminas fotoselectivas absorbentes de radiaciones UV, se encuentran ampliamente protegidos contra las invasiones de la mosca blanca *Bemisia tabaci* y como consecuencia de ello contra el virus TYLCV (Tomato Yellow Leaf Curl Virus o "virus de la cuchara") del cual es vector esta mosca, estos cultivos se encuentran igualmente protegidos contra el minador de hojas *Lyriomyza trifolii*

El uso desmesurado de pesticidas en la protección de los cultivos ha provocado en las poblaciones de insectos la aparición de resistencias a estas sustancias químicas y por tanto, una reducción de su eficacia. El abuso de pesticidas contribuye también a la contaminación del medio ambiente y a la comercialización de productos contaminados.

Esta evolución negativa hace que se desarrolle la lucha integrada, que tiene por objeto fundamental limitar el empleo de productos químicos e introducir métodos alternativos.

Uno de esos métodos consiste en utilizar barreras físicas como las mallas antiinsectos o los filmes de acolchado reflexivos metalizados (repelentes de insectos).

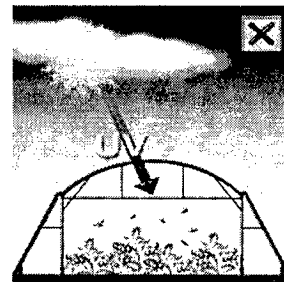
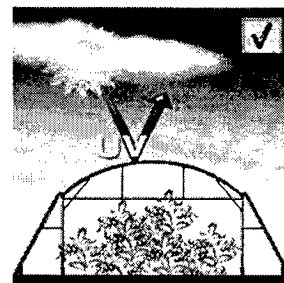
Una alternativa al control de enfermedades transmitidas por los insectos dentro del invernadero es el empleo de cubiertas de plástico fotoselectivas que bloquean ciertas longitudes de onda dentro del espectro UV (280- 390 nm), (Revista plásticos Modernos 1998, Vol. 75, No. 500).

### 5.7.2 Filmes para manejo integrado de Parásitos (IPM)

Las cubiertas de invernadero contra virus, son un instrumento de suma importancia, estas cubiertas contra virus fueron desarrolladas en Israel, en ensayos realizados con agricultores utilizando cubiertas plásticas para la producción de tomate, observaron que las plantas que se desarrollaron dentro de la cubierta Ginegar (Bloqueando la radiación UV), el virus TYLCY no se encontró en estas plantas.

Por lo tanto las cubiertas que favorecieron que el UV se incorporara dentro del invernadero, presentaron problemas de virus, debido a la transmisión de los insectos vectores, que portan esta enfermedad mortal.

Desde entonces, en los últimos diez años, esta película ha estado funcionando alrededor del mundo, ayudando al control de infecciones del Trips y la Mosca Blanca, sin necesidad de usos excesivos de pesticidas (Revista plásticos Modernos 1998, Vol. 75, No. 500).



### 5.8 Filmes Antiestáticos

En un plazo aproximado de una semana, después de la instalación de la cubierta plástica del invernadero, puede presentarse una reducción del 40% en la radiación visible transmitida, debido a la acumulación del polvo en la superficie exterior del film. Pues hay áreas donde es mas abundante el polvo, que a diferencia de otras. Esto tiene un efecto negativo en el crecimiento de plantas obteniendo bajas en la producción y un crecimiento más lento.



El polvo se adhiere a la cubierta plástica, a través de fuerzas electrostáticas. Son cubiertas estas películas, con polvo que se genera en la zona en donde se encuentra el invernadero. Es un mito que la lluvia despeje el polvo, a través de corrientes de agua, en las que pueden ser utilizadas mangueras, para limpiar el polvo de la cubierta del invernadero. Pues el polvo no es eliminado al totalmente de la cubierta plástica (<http://www.ginegar.com/HTMLs/article.aspx?C2004=12251&BSP=12245>).

Por lo tanto se recomienda realizar una rutina de limpieza periódica, para que cuente con un adecuado mantenimiento. Esto incluye subir sobre andamios o soporte, que se encuentren en el exterior del invernadero, aplicando un poco de agua con jabón, con la utilización de un cepillo con cerdas suaves y flexibles, para evitar daños al film, o envolver el cepillo con un paño húmedo, para evitar posibles daños.



Ginegar se encuentra produciendo film con aditivos antiestáticos o antipolvo, en la parte exterior del film. Por lo que el aditivo que es añadido al film, evita la colocación del polvo sobre la cubierta del invernadero, por lo que hace que sea más difícil que el polvo se adhiera sobre el plástico, facilitando a que el viento, la lluvia y los trabajos de limpieza sean más sencillos y rápidos la eliminación del polvo <http://www.ginegar.com/HTMLs/article.aspx?C2004=12251&BSP=12245>.

### *5.9 Filmes Multicapa*

La coextrusión de varias películas pretende combinar distintas propiedades para mejorar las prestaciones del material plástico (aunque en la práctica dichas propiedades no son tan independientes entre capas). En el mercado los más empleados son los tricapas aunque también existen bicapas.

Los plásticos tricapa están formados por tres láminas, que les otorga cada una de ellas unas características determinadas:

- Capa externa. Resistencia a la degradación por UV, resistencia al rasgado, rigidez, transparencia y evitar la fijación de polvo.

- Capa intermedia. Efecto termoaislante, elasticidad y difusión de la luz.
- Capa interna. Efecto termoaislante y antigoteo.

El PE y EVA son los materiales más utilizados en la coextrusión. Así la coextrusión de EVA entre dos capas de PE (llegando hasta un 28 % AV) limita la transmisividad al IR a valores inferiores al 10 % mejorando la transparencia a la transmisión solar y dando mayor resistencia al material resultante.

El empleo de cubiertas dobles puede disminuir la luz transmitida hasta dejarla en un 60–65%. Esta reducción de luz puede llegar a anular las ventajas del incremento de temperatura obtenidas con la cubierta doble, en especial cuando se producen momentos de baja luminosidad en invierno (Guo M, et., al., 1997).

#### 5.9.1 Filmes Plastermic 3C

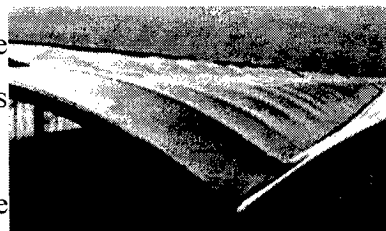
Lámina fabricada en tricapa (coextrusión), que permite aprovechar las ventajas de los diferentes tipos de materiales utilizados en cada capa, disminuyendo sus inconvenientes.

Esta lámina ha sido diseñada para túneles y multitúneles de

cultivo principalmente aportando una excelente resistencia a la degradación por efecto de la radiación solar y tratamientos químicos por su paquete especial de aditivos U.V.

Posee una duración mínima de tres periodos agrícolas en una climatología como la de Almería, donde se soportan radiaciones de 145 Kilolangley.

Las capas exteriores confieren excelentes propiedades mecánicas y una fluencia muy baja al someter el film a tensión constante y evitando cualquier deformación por estiramiento del film. La capa intermedia aporta transparencia, termicidad y flexibilidad (<http://www.horticom.com/empresas/ficha.php?idEmpresa=9876&vista=4&idProducto=2403>).



### 5.9.2 Filmes Multicapa

La película multicapa de polietileno de baja densidad, de 6m de ancho y 200 micrones de espesor, vida útil de 30 meses, fabricado por el proceso de coextrusión soplado de película tubular en la empresa Plásticos de Empaque (P de E), en Valencia (Venezuela).

Se fabricaron películas formadas por tres capas (filme tricapa). Se utilizó PEBD fabricado por la empresa POLINTER, específicamente la resina Venelene® FB-3003, que presenta las siguientes características, de acuerdo a su hoja técnica: Figura. Propiedades del PEBD Venelene® FB-3003 (Polietilenos Venelene).

Densidad	I.F.	Espesor	Tenacidad	Tenacidad	Esf. Ruptura	Esf. Ruptura	Def. Ruptura	Def. Ruptura	Desgarre	Desgarre	Penetración	Impacto	T. Luminosa	Turbidez	Aditivos
			MD	TD	MD	TD	MD	TD	MD	TD					
kg/m <sup>3</sup>	dg/min	micras	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa	%	%	G	g	g	Kj/m	%	%	s.a.
922,0	0,27	100	48	62	20	19	300	500	200	250	1440	29	66	31	s.a.

Cuadro 5.1 Propiedades de PEBD (Venelene\*FB-3003).

Esta película tricapa, con **Tratamiento Plus** se halla compuesta de la siguiente manera:

Distribución de componentes de la fórmula del Film PLUS.

<p>Capa Externa:</p> <p>TINUVIN 494 (Estabilizante a la luz tipo HALS)</p> <p>IRGASTAT P18 (Agente antiestático permanente)</p>
<p>Capa Intermedia:</p> <p>TINUVIN 494 (Estabilizante a la luz tipo HALS)</p> <p>ATMER 103 (Agente antigoteo)</p>
<p>Capa Interna:</p> <p>TINUVIN 494 (Estabilizante a la luz tipo HALS)</p> <p>ATMER 103 (Agente antigoteo)</p>

Cuadro 5.2 Componentes de la Formula de Film PLUS.

### 5.9.3 Filmes Pentacapa

Tecnología de 5 capas

Las hojas plásticas agrícolas son sofisticadas (cubiertas para invernadero, acolchados y cubiertas bajo túnel) contienen numerosos aditivos químicos que dan características a las películas.

Entre estas características esta la difusión ligera, la termicidad, la estabilización al UV, el bloqueo de la radiación ultravioleta, contra el goteo, el antiniebla y otros.

Además, las películas se producen a menudo con más de una resina, utilizando EVA, el PE lineal de la baja densidad, las resinas de Metalocenos y las resinas de barrera <http://www.ginegar.com/HTMLs/article.aspx?C2004=12267&BSP=12157>.

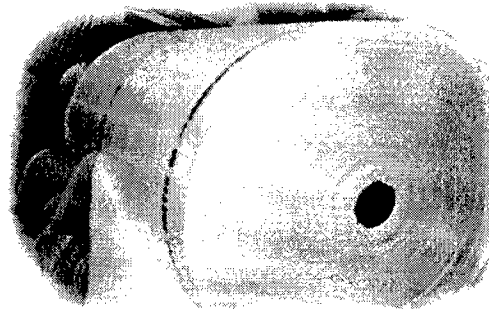
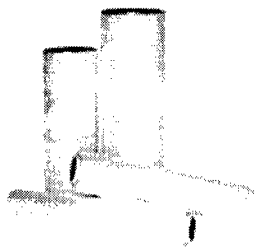
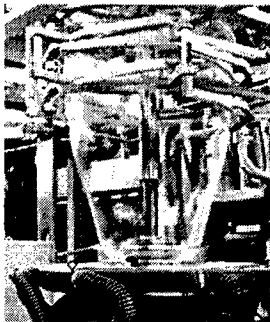


Fig. 5.1 Extrusor y películas pentacapa.

### 5.10 Filmes Antigoteo o Antivaho

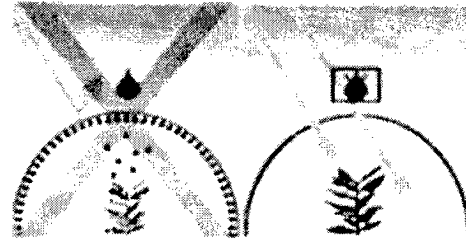
El término vaho o vapor es utilizado para describir la condensación del vapor de agua sobre la superficie de un filme plástico transparente, en forma de pequeñas gotitas discretas.



Su finalidad es aumentar la transmisividad y reducir el ataque de enfermedades (Evitan que el agua que se condensa en la cubierta, caiga sobre los cultivos reduciendo la aparición de



enfermedades por hongos). La razón por la cual se forman esas gotitas sobre el plástico se debe a la diferencia de tensión superficial entre el agua y el polímero. El agente anti-gota AF se incorpora a la matriz del polímero durante el proceso de extrusión.



Luego el aditivo migra a la superficie del polímero y aumenta su tensión superficial. Como principales desventajas presentan una rápida pérdida de los aditivos y una importante acumulación de polvo por su carga electrostática (<http://www.ginegar.com/HTMLs/article.aspx?C2004=12248&BSP=12245>).

Están aditivados con elementos que modifican la tensión superficial, haciendo que la gota de agua en contacto con el material de cubierta tenga un ángulo más pequeño, tendiendo a ser plana. Esto hace que las gotas que se condensan en la cara interna del plástico tiendan a unirse unas a otras. Cuando la tensión superficial del agua y del polímero se igualan, ya no se forman gotas de agua, sino más bien el agua se extiende sobre el filme, formando una capa continua, casi invisible a los ojos, como se muestra en la figura ([www.angelfire.com/ab7/filmamerica/PLASTICOS\\_FILMAMERICA\\_LTDA.ppt](http://www.angelfire.com/ab7/filmamerica/PLASTICOS_FILMAMERICA_LTDA.ppt))

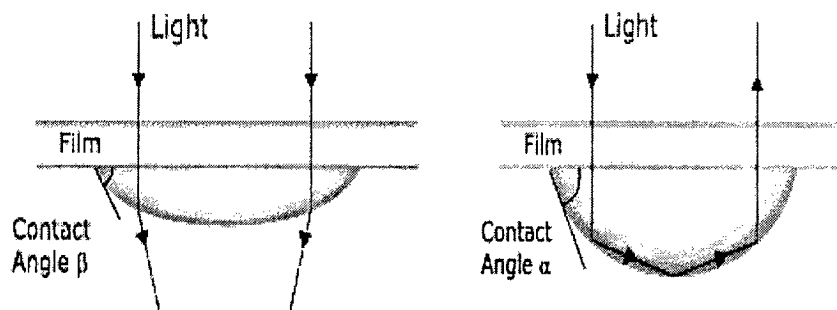


Fig. 5.2 Ángulo formado por el agua en películas sin aditivos.

Si la estructura y la pendiente de la cubierta permiten la eliminación de esa capa de agua, se evitará el goteo sobre los cultivos y por tanto el riesgo de enfermedades y quemaduras disminuyen. En estructuras con poca pendiente y malla de alambre para sujetar el material de cubierta (invernadero tipo parral) esta evacuación no es posible.

La forma plana de las gotas aumentará la transmisividad al reducir las reflexiones de la luz. El problema de los aditivos antigoteo radica en su corta vida ya que son fácilmente degradables por la radiación solar, pero actualmente se trabaja en nuevas formulaciones donde los aditivos antigoteo permanezcan durante toda la vida útil del plástico. En cuanto a la mayor afinidad por el polvo, se han reducido en un 50% esas concentraciones (pasando de 3 g/m<sup>2</sup> a menos de 1.5 g/m<sup>2</sup>).

Apenas una cantidad muy pequeña del AF disuelto en una gota, disminuye la tensión superficial del agua.

La siguiente films reduce la formación de vaho, en invernaderos.

El ATMER®103 es un aditivo anti-gota (AF) especial para películas agrícolas. Se recomienda para filmes de PE y de EVA (con menos del 8% de VA).

Anti-gota para Invernaderos	Composición Química	Forma Física 25°C	Punto de Fusión °C	Observaciones
Atmer 103	Éster de Sorbitán*	Perlas	44 – 47	Largo efecto en PE EVA (<8% VA)

(\*)El éster de sorbitán migra rápidamente a la superficie de la película y reduce el ángulo de contacto con las gotas de agua que dan un efecto anti-humedad a las películas PE en atmósferas húmedas (Ghosh J., et., al.).

El ATMER® 103 reduce la formación de vaho sobre los filmes para techos de invernaderos, mejorando la transmisión de la luz, con los beneficios siguientes:

- ☞ Incremento en el crecimiento de las plantas
- ☞ Aumento en las cosechas de frutos por plantas
- ☞ Aumento en la precocidad de las cosechas y en la maduración de los frutos
- ☞ Reduce el quemado de los frutos por el efecto de lupa
- ☞ Reduce el goteo interno, que ocasiona aumento en las poblaciones de hongos

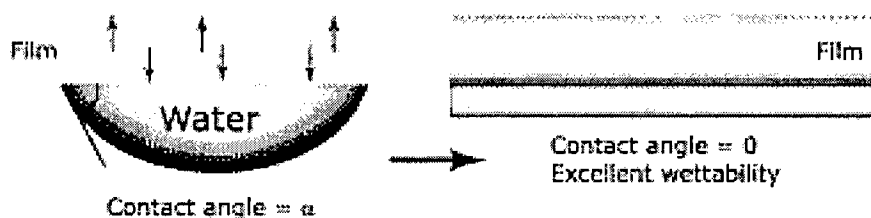


Fig. 5.3 Tensión superficial modificada con películas aditivadas.

### 5.10.1 Antiniebla

Los film que contienen aditivos antiniebla, tienen la función de prevenir la formación de vapor de agua, que posteriormente forman gotitas en la superficie interior de la película, que eventualmente caen sobre las plantas ocasionando daños como la proliferación de hongos y quemaduras a las plantas. Las películas que no contienen este tipo de aditivo presentan acumulación de gotas de agua, reduciendo la transmisión de luz. Las gotas que caen a las



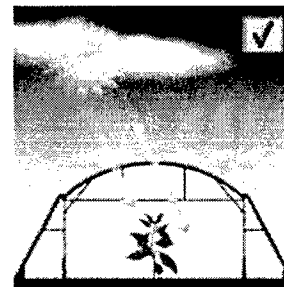
plantas ocasionan heridas y daños a estas, incrementan la humedad relativa debido a la formación de las gotas dentro del invernadero, se presenta como un medio de condiciones favorables para el desarrollo de enfermedades en la hoja de las plantas.

La adición del aditivo se ve afectada debido al grosor de la película, su concentración y forma de acción, después de un determinado periodo de vida útil, el aditivo se separa de la película modificando las condiciones climáticas dentro del invernadero



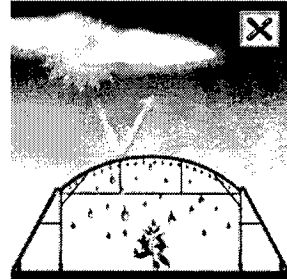
(<http://www.ginegar.com/HTMLs/article.aspx?C2004=12252&BSP=12245>).

En la actualidad aun se observan muchas deficiencias con respecto a la utilización de este aditivo. Por lo que se recomienda que los fabricantes de este tipo de películas realicen más estudios, para que su duración sea mayor, por lo menos una estación de crecimiento del cultivo. Las instrucciones de manufactura de acuerdo al esperado del film. Se debe de tomar en cuenta la dirección, teniendo cuidado con el esperado del film, puesto que es de suma importancia que el aditivo sea colocado en la parte interior del invernadero.



Este efecto antiniebla, es una forma errónea de nombrarse, debido a que se esta hablando de la formación previa de gotas de agua en la superficie interna de la cubierta plástica de invernadero y de las cortinas laterales

Por lo tanto el aire dentro del invernadero tendrá un alto contenido de humedad. El agua se condensa siempre en la superficie interna del plástico dentro invernadero. En muchas partes del mundo es impredecible evitar que ocurra este fenómeno (<http://www.ginegar.com/HTMLs/article.aspx?C2004=12252&BSP=12245>).



#### 5.10.2 Aditivos para evitar el Empañamiento.

Las gotas del vaho dispersan la luz y la visión se vuelve borrosa. Este mismo fenómeno es también responsable de la formación de vaho en las paredes de los invernaderos. Algunos aditivos pueden minimizar y en los mejores casos suprimir este defecto.

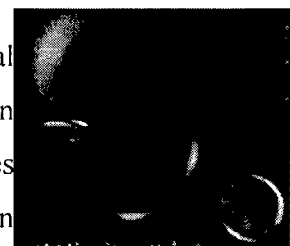
La palabra “empañar” está relacionada con dos fenómenos diferentes:

**Condensación de la humedad del aire en el plástico frío**, formación de gotas diminutas en la superficie, dispersión de la luz y oscurecimiento del polímero. Es un problema importante para las aplicaciones ópticas. En una dada diferencia de temperatura entre el aire y la parte de plástico, la duración del empañamiento depende de la conductividad termal del polímero. Otros materiales como el cristal están sujetos al mismo problema (<http://www.ginegar.com/HTMLs/article.aspx?C2004=12252&BSP=12245>).

### 5.11 *Filmes Empleando la Nano-Tecnología*

#### 5.11.1 Que es la Nanotecnología

La **nanotecnología** es un campo de las ciencias aplicadas dedicado al control y manipulación de la materia a una escala menor que un micrómetro, es decir, a nivel de átomos y moléculas. Lo más habitual es que tal manipulación se produzca en un rango de entre uno y cien



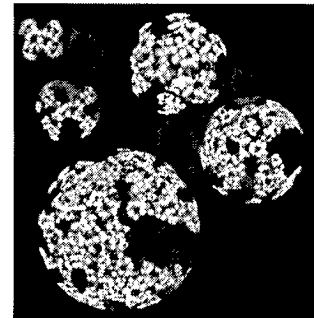
nanómetros. Para hacerse una idea de lo pequeño que puede ser un nanobot, más o menos un nanobot de 50 nm tiene el tamaño de 5 capas de moléculas o átomos (depende de qué esté hecho el nanobot).

Nano: es un prefijo griego que indica una medida, no un objeto, de manera que la nanotecnología se caracteriza por ser un campo esencialmente multidisciplinar, y cohesionado exclusivamente por la escala de la materia con la que trabaja.

### 5.11.2 Beneficios de la Nanotecnología

Las nanotecnologías prometen beneficios de todo tipo, desde aplicaciones médicas nuevas o más eficientes a soluciones de problemas ambientales y muchos otros; sin embargo, el concepto de nanotecnología aún no es muy conocido en la sociedad.

Un nanómetro es la mil millonésima parte de un metro. Para comprender el potencial de esta tecnología es clave saber que las propiedades físicas y químicas de la materia cambian a escala



nanométrica, lo cual se debe a efectos cuánticos. La conductividad eléctrica, el calor, la resistencia, la elasticidad, la reactividad, entre otras propiedades, se comportan de manera diferente que en los mismos elementos a mayor escala.

Aunque en las investigaciones actuales con frecuencia se hace referencia a la nanotecnología (en forma de motores moleculares, computación cuántica, etcétera), es discutible que la nanotecnología sea una realidad hoy en día. Los progresos actuales pueden calificarse más bien de nanociencia, cuerpo de conocimiento que sienta las bases para el futuro desarrollo de una tecnología basada en la manipulación detallada de las estructuras moleculares.

Actualmente, alrededor de 40 laboratorios en todo el mundo canalizan grandes cantidades de dinero para la investigación en nanotecnología. Unas 300 empresas tienen el término “*nano*” en su nombre, aunque todavía hay muy pocos productos en el mercado (Holister P. et. al., 2003).

### 5.11.3 Nanotecnología en Invernaderos

La agricultura realizada en invernaderos requiere menos mano de obra y menos terreno que la agricultura tradicional realizada en terrenos al aire libre y ofrece cierta independencia de las condiciones meteorológicas como por ejemplo cambios estacionales y sequías.

Con la nanotecnología se podrían construir invernaderos, con o sin aislamiento termal, a un costo muy bajo.

Un traslado del sector de la agricultura hacia los invernaderos produciría una gran reducción en el consumo del agua, el uso de terrenos y en la escasez de alimentos causada por razones meteorológicas.

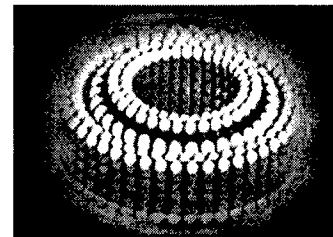
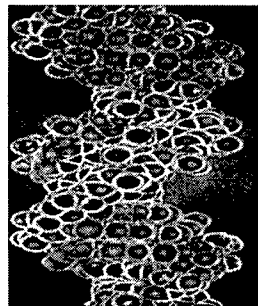
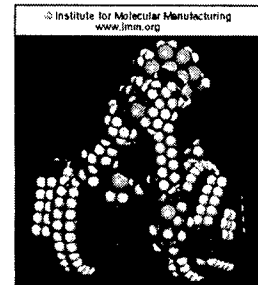
Con el uso de la nanotecnología, se ha logrado modificar el comportamiento de propiedades térmicas y mecánicas, sin incrementar el peso o afectar la transparencia en los plásticos para invernaderos.

Actualmente se está trabajando en materiales nanocompuestos utilizando polímeros funcionalizados, diferentes tipos y formas de nanopartículas para desarrollar películas con características térmicas para cubiertas de invernadero.

El éxito en el desarrollo de materiales poliméricos nanoestructurados está en función del grado de dispersión de la nanopartícula en la matriz polimérica y la compatibilidad o interacción interfacial entre las partículas y la matriz polimérica. Esto afecta la morfología del nanocompuesto y por lo tanto a su vez las propiedades finales del producto. Además el tamaño y forma de la nanopartícula tiene un notable efecto sobre algunas propiedades tales como las reológicas y mecánicas, así como la barrera a gases y conductividad térmica.

A diferencia de otras técnicas que dispersan las nanopartículas en la resina de la película, este proceso recubre el sustrato de la película con nano-partículas. Esto genera un recubrimiento consistente altamente controlado, el cual proporciona grandes ventajas como: una barrera muy alta a los gases, resistencia a

grietas, claridad y un recubrimiento muy delgado, menor a una micra de espesor ([http://www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia/nanotecnologia\\_responsable/nanotecnologia\\_invernaderos.htm](http://www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia/nanotecnologia_responsable/nanotecnologia_invernaderos.htm))



### III. Estado Actual del Arte.

En la actualidad, el desarrollo de nuevas formulaciones de películas para invernaderos tiene un gran auge industrial, debido a la demanda tanto de calidad, cantidad y presentación del producto, es por ello que se han tenido que implementar nuevas técnicas para la producción de cultivos en invernaderos, estos son medios utilizados para la producción forzada del cultivo, siendo una técnica de producción forzada durante todo el año, debido a que son controladas gran parte de las variables “humedad relativa, calidad de luz, temperatura, etc.”

Las películas de alta resistencia, cada vez se consiguen películas más duraderas y resistentes a los agentes agresivos externos e internos del invernadero, consiguiendo cubiertas más duraderas (Ghosh J. et., al.).

Las películas con aditivos UV, son empleadas en invernaderos para evitar la degradación acelerada de la misma, lo que hace que su duración sea más prolongada, con respecto a las películas de PE normal, empleada principalmente para la producción de cultivos hortícolas y flores, tanto a nivel mundial como a nivel nacional (Ruiz P., et., al.).

Las películas térmicas son utilizadas en aquellas áreas en donde la incidencia de energía solar es muy corta (zonas frías o lugares con poca radiación solar), para que sea aprovechada la energía solar y evitar la pérdida de esta, optimizando las condiciones que posibilitan el desarrollo de los cultivos, siendo utilizada en lugares de producción hortícola y flores (Ghosh J., et., al.).

Las películas termocontroladoras, también son conocidas como películas enfriantes, son empleadas para cultivos que requieren menor luminosidad, debido a que modifican la cantidad de radiación incidente en el interior de los invernaderos. Por lo que la radiación y temperatura alteran el crecimiento y desarrollo (Espí et., al., 1997).

Las películas fotoselectivas, pueden ser empleadas de acuerdo a las necesidades del productor, debido a que la luz es de suma importancia para el crecimiento y desarrollo vegetativo de las plantas, pues este tipo de película modifica la cantidad y calidad de

radiación, requerida por el tipo de cultivo o flor. Como lo es el caso para plántulas de tomate, en estudios realizados con polietileno fluorescente (Tseklev y Stoilov 1990), presentaron crecimiento vigoroso en la fase inicial, mejor sistema radicular, tallos mas delgados, mas hojas y una mayor área foliar, esta película mejoro las condiciones térmicas y lumínicas en el invernadero e incremento la producción total del cultivo a un 23.4% mas que el testigo, Polietileno de baja densidad.

Las películas antiplagas, bloquean la transmisión de radiación ultravioleta al interior del invernadero. Este proceso dificulta el desarrollo de plagas causadas por hongos o virus transmitidos por insectos sensibles a la disminución o ausencia de este tipo de radiación (Guzmán, 2000).

Las películas antiestáticas, reducen la fijación de polvo en las cubiertas de los invernaderos, lo cual es de gran ayuda para que la luz pueda pasar con facilidad al interior del invernadero, son de suma importancia para el desarrollo del cultivo (<http://www.ginegar.com/HTMLs/article.aspx?C2004=12251&BSP=12245>).

Las películas antigoteo o antivaho, evitan que el agua que se condensa en la cubierta y caiga sobre los cultivos reduciendo la aparición de enfermedades por hongos (<http://www.ginegar.com/HTMLs/article.aspx?C2004=12248&BSP=12245>).

En el Centro de Investigación de Química Aplicada, se han realizado investigaciones enfocadas a las películas plásticas de larga duración, con propiedades termoreguladoras, enfocadas a modificar la radiación y reducir las altas temperaturas, sin que se vea afectada la calidad de las plantas. Una de las finalidades de esta investigación es el poder contar con películas con características deseadas para el cultivo y a su vez sean sustituidas por los productores, de acuerdo a sus necesidades requeridas, tomando muy en cuenta el factor clima (intensidad y calidad de radiación).

Su objetivo principal fue la determinación del efecto de la película plástica termoreguladora, sobre la radiación y temperaturas internas del invernadero, evaluando el crecimiento y desarrollo de la plántula de tomate y pimiento morrón.



Se evaluaron los efectos de dos prototipos de cubiertas para invernadero, comparándolas con una cubierta convencional (Testigo de color transparente).

De acuerdo a los resultados obtenidos, la transmitancia de los polietilenos a la radiación total mostró diferencia significativa. Por lo que los prototipos fueron estadísticamente igual. Por lo que la radiación dentro de los invernaderos, con respecto a la exterior hubo disminución significativa ( $592.50 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ) del 34.7 y 46.6%, respectivamente para CIQA-01 y CIQA-02. Por lo que solo el 65 y 75% penetra al interior del invernadero, tomando en cuenta la época del año en que se llevaron a cabo estos estudios (Enero y Febrero) y entre otros aspectos como pérdidas por reflexión y absorción de los materiales de la cubierta.

Valores promedio de la radiación y temperatura al interior de invernaderos con diferentes polietilenos.				
Tratamientos	RT ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ )	RFA ( $\text{m}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )	Temperatura Inferior ( $^{\circ}\text{C}$ )	Temperatura Superior ( $^{\circ}\text{C}$ )
Convencional	386.73 a <sup>+</sup>	654.46 a	29.42 a	32.07 a
CIQA – 01	316.23	471.86	27.91	30.05
CIQA – 02	383.35	620.69	28.92	29.55
C.V,(%)	15.98	15.97	10.04	9.78
	**	**	*	**

<sup>+</sup>: Promedios seguidos de la misma letra en las columnas, son estabilizantes iguales, según Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Proviene de 45 días y de 9:00a.m a 19:00pm.

C.V.: Coeficiente de Variación.

\*, \*\*: Diferencia significativa y altamente significativas, respectivamente.

El análisis de la temperatura inferior mostró diferencia significativa entre los tratamientos. El polietileno testigo, con una diferencia de  $0.5^{\circ}\text{C}$ , por lo tanto CIQA-01 y CIQA-02 ambas mostraron temperaturas iguales de  $1.5^{\circ}\text{C}$ . La temperatura exterior registrada fue de  $25.7^{\circ}\text{C}$ . Las temperaturas superiores mostraron diferencias significativas, siendo estadísticamente iguales los polietilenos CIQA-01 y CIQA-02 con 2 y  $2.5^{\circ}\text{C}$ , menos, con respecto al convencional, aun que los datos indican reducciones de 4 a  $9^{\circ}\text{C}$ . Respecto a la temperatura exterior fue de  $25.09^{\circ}\text{C}$ , se obtuvieron temperaturas de 7, 5 y  $4.5^{\circ}\text{C}$  más dentro del invernadero, por el polietileno convencional, CIQA-01 y CIQA-02 respectivamente (Samaniego Cruz E., 2001).

#### **IV. Áreas de Oportunidad**

En general el desarrollo de nuevas películas puede dirigirse hacia lo siguiente:

- \* Películas más económicas, debido a que disminuye su espesor.
- \* Películas más resistentes y duraderas, al medio ambiente.
- \* Optimizar los componentes en las diferentes capas de coextrusión.
- \* Elaborar películas inteligentes de acuerdo al tipo de cultivo que se desea implementar, tomando en cuenta las condiciones climáticas de la región.
- \* Un aspecto novedoso, es el uso de nanopartículas empleadas en películas para invernaderos, optimizando el uso de materiales.
- \* Con las nuevas generaciones de películas termoreguladoras, podemos adecuar el invernadero, de acuerdo a la zona en la que deseemos trabajar.

## V. Conclusiones

El desarrollo de este trabajo, es con la finalidad de que la agricultura intensiva necesita ir acompañado de medidas que hagan sustentable este crecimiento y desarrollo de películas más duraderas, por lo que se está trabajando con los materiales de cubierta plástica, para mejorar sus propiedades: mecánicas como ópticas.

El desarrollo de materiales más longevos (sin reducción de sus propiedades) es una de las mejores opciones para reducir el uso de materiales plásticos. Obteniendo como finalidad que la cubierta plástica sean más resistentes a las condiciones climáticas, así su periodo de vida es mayor.

El mayor conocimiento del efecto de las diferentes longitudes de onda sobre las plantas y animales, está dirigiendo los nuevos desarrollos de materiales hacia una modificación de las franjas de radiación para producir diferentes efectos: antigoteo, antibotrytis, antiviral, etc., los cuales implicarían una reducción en el uso de fitosanitarios con el consiguiente beneficio ambiental. Nuestra agricultura intensiva se está encaminando hacia un mayor control del clima en invernadero, ello implica mejoras en estructuras e incorporación de sistemas que nos permitan un control activo (calefacción, refrigeración, etc.), lo que provoca un mayor consumo energético, por lo que todos estos avances deben ir acompañados de estudios minuciosos tanto a nivel económico como medioambiental.

## Recomendaciones

Que el productor tenga una adecuada información en función a la película que desee utilizar.

Se deben de tomar en cuenta los factores climáticos de la región, radiación solar, tipo de cultivo al que le desea implementar en invernadero. Y en función a esto, podemos seleccionar el tipo de película a utilizar.

Tomar en cuenta los costos del tipo de película a utilizar, analizando la viabilidad de la misma, teniendo en cuenta el factor producción.

Calidad de las películas a emplear, en cuanto a sus propiedades iniciales y durante el transcurso de su uso.

Tener opciones de reciclado para no contaminar el medio ambiente, debido a que muchas de las películas plásticas son difíciles de reciclar. Debido a que el reto de la agricultura moderna es desarrollar técnicas que minimicen el impacto medioambiental.

Inducir a las empresas Mexicanas que se encargan de desarrollo de películas plásticas para invernadero, para la producción de nuevas formulaciones, apoyándolas mediante asesorías técnicas.

Obtención de productos de buena calidad, para que sean competitivos a nivel Nacional y que puedan ser competitivas a Nivel Internacional.

Los plásticos deben tener una contribución sustancial a las tres dimensiones del desarrollo sostenible: desarrollo económico, protección medioambiental y progreso social.

- Promoviendo el desarrollo económico mediante la creación de empleo.
- Aplicando tecnologías innovadoras poliméricas para conservar los recursos y reducir el CO<sub>2</sub> atmosférico.
- Combinando las excepcionales propiedades de los plásticos con los avances tecnológicos.

## Literatura Citada

- Alpi, A. y Tognoni F. 1991.** Cultivo en Invernadero. Orientación Científica y Tecnológica. 3ª ed. Editorial Mundi Prensa. España 347 p.
- Angus y Morrison 1998.** "Interaction of Pesticides and Stabilizers in PE Films for Agricultural Use", SPE ANTEC, NY, NY 1998.
- Antignus, Y., S. Cohen, N. Mor, Y. Masika and M. Lapidot. 1996.** The effects of uvblocking greenhouse covers on insects and insect-borne virus diseases. *Piast.* 112: 15-20.
- Armengol, E. Y J. Badiola.1996.** Novedades en los plásticos para invernaderos. *Horticultura. Revista de hortalizas, flores, plantas ornamentales y viveros.* XV (5): 13-19.
- Benoit y Ceustermans, 1997.** *El libro rojo de la flora terrestre de Chile* (Primera parte). Corporación Nacional Forestal. Santiago, Chile. 157 p.
- Bruggink, G. T. and Heuvelink. E. 1987.** Influence of Light on the Growth of Young Tomato, Cucumber and Sweet Pepper Plants in the Greenhouse: Effects on Relative Growth Rate, Net Assimilation, Rate and Leaf Area Ratio, *Sci. Hort.* 31: 161-174.
- Castillo Reyes L. E., De Leon Suarez G. L., 1994.** Control de Calidad de películas de Polietileno, con Estabilizadores UV, Expuestas a Radiación UV. Tesis. Pág. 13-25.
- Cerne, M., T. Sluga and Kozelj J.. 1994.** Different kinds of plastics used for protection against insects and cold. In: 13<sup>th</sup> International Congress on 'Plastics in Agriculture "Congresso Internazionale del C.I.P.A." Proceedings of a conference held in Verona, Italy. 8-11 March, 1994. Volume 1.
- Cerny, A.T., N.C. Rajapakse and O.Y. Ryu. 1999.** Recent development in photosensitive greenhouse covers. Proc. Nat. Agric. Plastics Congress. American Society for Plasticulture. May 19-22, 1999. Tallahassee, Florida. pp. 24-26.
- Choe, J.S., W.S. Lee, M. Nagaoka and G. Dakahashi. 1988.** The effect of temperature and light intensity during the nursery stage on *Capsicum annuum* seedling quality. *Rese. Rep. of the Rural Dev. Adm. Hort.*..30(3): 1-15
- Decoteau, D. R. and Friend, H. H. 1991.** Plant Responses to wavelength selective mulches and row covers. A discussion of light effects on plants. *Proc. Nat. agr.*

- Plastics Congress. American Society for Plasticulture. Mobile, Alabama, sep 29 Oct3, 1991. pp: 46–51.
- De la Cruz M., Johnson B. W, 2000.** Great Lakes Polymer Additives Bulletin.
- De la Cruz M. y Jonson B. W, 2003.** La estabilización a la luz de films agrícolas y beneficios de una nueva forma física de aditivo, *Plast univers*
- De Santiago, J. 1998.** Futuro de los plásticos de cubierta. *Rev. Productores de Hortalizas*. Publicación periódica. Agosto. pp. 38-42.
- Espi E., Marín A., et., al., Revista de plásticos modernos, 2004.** Filmes agrícolas, *Ciencia y tecnología de polímeros*, N°. 575.
- Espi, E., Salmerón A., Tamayo E., Ortiz L. M. y Laborda F., 1997.** Filmes Fotoselectivos Antiplagas para Cubierta de Invernadero. Repsol, S.A.. Dirección General de Tecnología. Embajadores 193. Madrid, España. *s/p*.
- Fueyo, M.A. 1997.** Producción de lechuga en invernadero. *Rev. Productores de Hortalizas*. Publicación periódica. Octubre. pp. 52-53
- Garnaud, J.C. 1974.** The Intensification de Horticultural Crop Production in de Mediterranean Basin by Protected Cultivation. FAO of the united Nations. Rome. 185.
- Ghosh J., Lelli N., Laverde L.** Nuevos aditivos para un mejor desempeño de las películas plásticas en agricultura, *Plastic Additives*, Ciba Specialty Chemicals
- Guo, M., Horsey, D., Lelli, N., Bonora, 1997.** “Stabilization on Agricultural Film: Past, Present, and Future”, SPE Polyolefins X Conf., Houston, TX, 1997.
- Guzmán, P. M. 2000.** Respuesta fisiológica y control ambiental. In: Memoria del Curso Internacional de Ingeniería, Manejo y Operación de Invernaderos para la Producción Intensiva de Hortalizas. Instituto Nacional de Capacitación para la Productividad Agrícola (INCAPA, S.C.). 21-26 de Agosto. Guadalajara, Jal., pp. 44-63.
- Holister P., Willem Weener J., Román C., Harper T., 2003,** *Revista Científica*, Nanoparticles.
- Jovicich, E., D.J. Cantliffe and G.J. Hochmuth. 1999.** Plant density and shoot pruning on yield and quality of a summer greenhouse sweet pepper crop in North Central Florida. In: Proc. Nat. Agric. Plastics Congress. Amer. Soc. for Plast.. May 19-22. 1999. Tallahassee, Florida. pp. 184-190.
- López Hernández J. C.** Materiales de cubierta para invernaderos, desarrollo de nuevas formulaciones, [www.argenpapa.com.ar](http://www.argenpapa.com.ar)

- López – Gálvez, 2003**, Aplicación de los Plásticos en la Actividad Agropecuaria, Universidad Politécnica del Ejército del Ecuador. Quito (Ecuador).
- Manual sobre extrusión de películas de poliolefinas**, Quantum Chemical Corporation, División USI.
- Matallana G. A. y J. I. Moreno C., 1995**. Invernaderos: Diseño, Construcción y Climatización, 2ª ed., Ed. Ediciones Mundi Prensa, México, 209 p.
- Merino Pacheco M.**, Revista de *Plasticulture* Número 121, Desarrollos en la plasticultura iberoamericana.
- Migueiz H.**, Revista Integral, Número 272, El final de la gran cosecha.
- Montero, J. I. & Anton M. A., 1993**. Tecnología del invernadero. Curso de tecnología de la horticultura protegida. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
- Nederhoff E. M. 1994**. Photosynthesis of Stand of Tomato, Cucumber and Sweet Pepper Measures in Greenhouse Under Various CO<sub>2</sub> Concentrations. Rev. Ann. of Bot 73: 353–361.
- Olivera Martínez J. J., 2004**, Tecnología Agrícola con Plástico, Invernaderos, Gerente de Mercado Latino América, A.Schulman de México, S.A. de C.V.
- Quezada Marín. Ma. R, 2005**. Agroplasticultura en México, Centro de Investigación en Química Aplicada.
- Revista de Plásticos Modernos, 1998**. Filmes en Plasticultura, Aplicaciones, Evolución y Tendencias. Volumen 75, Número 499, Enero 1998.
- Revista de Plásticos Modernos, 1998**. Filmes Fotoseléctivos Antiplagas para Cubierta de Invernadero. Volumen 75, Número 500, Febrero 1998.
- Ruiz P., Sanders B., et., al., Innovación en la Estabilización Ultravioleta de Cubiertas para Invernaderos – Ultimos Desarrollos en Plasticultura., – Cyquim de Colombia, Bogota, Colombia Cytac Industries B.V., Botlek-Rotterdam, Netherlands Cytac Industries Inc., Stamford, CT, USA**
- Ryu, O.Y., M.O. Kohgo, M. Iwata and S. Ikado. 1999**. Practical aproach for photoselective plastics.In: Proc. Nat. Agric. Plastics Congress. Amer. Soc. for Plast.. May 19-22. 1999. Tallahassee, Florida. p. 80.
- Samaniego Cruz E., 2001**. Producción de plántula de tomate y pimiento con cubiertas de polietileno reflejante para disminuir la temperatura en invernadero. Tesis de Maestría de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

- Splittstoesser W. E. and Brown J. E. 1991.** Current Changes in Plasticulture for Crop Production. In: Proc Nat. Agric. Plastics Congress. Amer. Soc. for Plast. Mobile, Alabama. Sep 29 Oct. 3, 1991. pp. 241-253.
- Tognoni, F. 2000.** Temperatura. In: Memoria del Curso Internacional de Ingeniería, Manejo y Operación de Invernaderos para la Producción Intensiva de Hortalizas. Instituto Nacional de Capacitación para la Productividad Agrícola (INCAPA, S.C.). 21-26 de Agosto de 2000. Guadalajara, Jal., México. pp: 12-27.
- Tsekleev, G., And Stoilov S., 1990.** Fluorescent film for the cultivation of tomatoes in Bulgaria. Plast.. 86 (2): 47-51.
- Vicente L. M., Revista Plásticos Modernos, 1987,** Materiales Poliméricos para la Agricultura, Tipos y Características.
- Weiss, D.. 1995.** Cubiertas de plástico para invernadero como filtro lumínico para controlar el desarrollo vegetativo. In: Memoria del Simposium Internacional de Tecnologías Agrícolas con Plásticos. 5-7 de octubre, 1995. León, Gto.. México. pp. 102-104.
- Wien, 1997.** Peppers. In: The Physiology of Vegetable Crops. Cap. 7. Editor H.C. Wien. Editorial CAB International. pp. 259-293.

#### Páginas Web Citadas

- [http://www.ambienteplastico.com/artman/publish/article\\_255.php](http://www.ambienteplastico.com/artman/publish/article_255.php)
- <http://www.diariodigital.com.do/articulo,10810,html>
- <http://html.rincondelvago.com/files/3/0/0/000193001.png>
- [http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/invernaderos\\_raspa\\_amagado.htm](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/invernaderos_raspa_amagado.htm)
- <http://www4.cajamar.es/sta/inacral/invernad.htm>
- [http://www.inta.gov.ar/ALTOVALLE/info/horticultura/invernaderos/inverna\\_tipo.htm](http://www.inta.gov.ar/ALTOVALLE/info/horticultura/invernaderos/inverna_tipo.htm)
- <http://www.ceretlapampa.org.ar/areas-laboratorios/invernadero.html>
- <http://www.solsis.cl/p4.htm>
- <http://articulos.infojardin.com/huerto/cultivo-cubierto.htm>
- [http://www.agrobit.com/Info\\_tecnica/Alternativos/horticultura/AL\\_000010ho.htm](http://www.agrobit.com/Info_tecnica/Alternativos/horticultura/AL_000010ho.htm)
- [http://www.infoagro.com/hortalizas/materiales\\_cubierta\\_invernaderos.htm](http://www.infoagro.com/hortalizas/materiales_cubierta_invernaderos.htm)
- [http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/plasticos2.asp](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/plasticos2.asp)



[http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/plasticos.asp](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/plasticos.asp)  
[http://www.cibasc.com/tinuin\\_plasticulture.pdf](http://www.cibasc.com/tinuin_plasticulture.pdf)  
<http://articulos.infojardin.com/huerto/invernaderos-clima-cultivo.htm>  
<http://www.ginegar.com/HTMLs/article.aspx?C2004=12251&BSP=12245>  
<http://www.ginegar.com/HTMLs/article.aspx?C2004=12251&BSP=12245>  
<http://www.horticom.com/empresas/ficha.php?idEmpresa=9876&vista=4&idProducto=2403>  
<http://www.ginegar.com/HTMLs/article.aspx?C2004=12267&BSP=12157>  
<http://www.ginegar.com/HTMLs/article.aspx?C2004=12248&BSP=12245>  
[www.angelfire.com/ab7/filmamerica/PLASTICOS\\_FILMAMERICA\\_LTDA.ppt](http://www.angelfire.com/ab7/filmamerica/PLASTICOS_FILMAMERICA_LTDA.ppt)  
<http://www.ginegar.com/HTMLs/article.aspx?C2004=12252&BSP=12245>  
[http://www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia/nanotecnologia\\_responsable/nanotecnologia\\_invernaderos.htm](http://www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia/nanotecnologia_responsable/nanotecnologia_invernaderos.htm)  
<http://www.ginegar.com/HTMLs/article.aspx?C2004=12251&BSP=12245>  
[http://www.cepla.com/empresas/cepla\\_comite/folletos/Folleto%20preguntas.pdf](http://www.cepla.com/empresas/cepla_comite/folletos/Folleto%20preguntas.pdf)