

# **ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE TRATAMIENTOS QUÍMICOS PARA LA DESINFECCIÓN DE SUELO Y TRATAMIENTOS FOLIARES EN LA DEGRADACIÓN DE CUBIERTAS PLÁSTICAS DE INVERNADERO**

ANTONIO MARÍN TRUJILLO  
MARÍA SOLEDAD BERMÚDEZ UYARRA

Laboratorio Asistencia Técnica y Desarrollo. Centro de Tecnología de Repsol (Madrid)

JUAN CARLOS LÓPEZ HERNÁNDEZ  
CORPUS PÉREZ MARTÍNEZ

Estación Experimental de la Fundación Cajamar «Las Palmerillas» (Almería)

## **RESUMEN**

El presente estudio recoge las conclusiones sobre la influencia de tratamientos químicos para la desinfección de suelos y para el desarrollo adecuado del cultivo, en la duración de la vida útil de diferentes filmes de cerramiento de invernaderos, así como de la respuesta de estos filmes en función de su naturaleza polimérica y composición de aditivos estabilizadores frente a la radiación ultravioleta.

El experimento se ha llevado a cabo en colaboración con la estación experimental Las Palmerillas de la Fundación Cajamar.

Los análisis periódicos de los filmes, realizados en el Laboratorio de Asistencia Técnica y Desarrollo de Repsol Química, han revelado que la sinergia entre aditivos tipo HALS de última generación y absorbedores UV de baja velocidad de migración, con copolímero EVA como polímero base, proporciona una mayor garantía de duración de los filmes de cubierta de invernadero.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **1. Descripción de los filmes estudiados y del experimento en estación experimental**

Los filmes usados son estructuras tricapa con un espesor de 200 micrómetros, fabricados con copolímeros de Etileno y Acetato de Vinilo (EVA) del 4% y del 14% de

Acetato de Vinilo, de acuerdo con la distribución de espesores 1:2:1 respectivamente (referencias F1, F2, F3, F4 y F6). La referencia F5 es un film monocapa de 200 micrómetros de espesor fabricado con Polietileno de Baja Densidad (PEBD). La referencia F6 contiene cargas minerales para mejorar la termicidad del film.

Para la estabilización de los filmes frente a la radiación ultravioleta se han utilizado diferentes sistemas que combinan HALS de última generación con absorbedor UV de baja velocidad de migración (HA+AB) y HALS con coaditivos antiácidos sin absorbedor UV (HB).

A continuación se resume la composición de cada uno de los seis filmes expuestos hasta su última evaluación, 38 meses después de ser colocados en la nave 25.

Referencia	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Polímero base	EVA	EVA	EVA	EVA	PEBD	EVA
Aditivos	HA+AB	HA+AB	HA	HB	HA+AB	HA+AB
Concentración relativa de aditivos	HA, AB <sup>+</sup>	HA, AB	HA	HB <sup>+</sup>	HA <sup>++</sup> , AB <sup>+</sup>	HA <sup>+</sup> , AB <sup>+</sup>

El ensayo de los materiales de cubierta se desarrolló en un invernadero tipo INACRAL, compuesto por dos capillas y un pasillo central que define las parcelas norte y sur. El invernadero contiene ventanas automatizadas, laterales y una cenital recubiertas por mallas antiinsectos. La orientación de la cubrera es Este-Oeste. A continuación se muestra el diseño del invernadero y un esquema de la disposición de las muestras en éste.

Los diferentes materiales de cubierta, objeto del experimento, fueron instalados el 13/09/2004.

A continuación se presenta un breve resumen del calendario de desinfecciones de suelo y tratamientos fitoquímicos durante los años 2004-2007:

- Campaña 2004-2005: En 2004, antes del primer cultivo de otoño se realizó la primera desinfección del suelo con Metan-Sodio (dosis: 0,1 l/m<sup>2</sup>). Durante esta campaña se realizaron dos cultivos: el primero, en ciclo de otoño, fue de tomate y el segundo, ciclo de primavera, de melón.
- Campaña 2005-2006: En 2005, tras el cultivo de melón de la campaña anterior se volvió a desinfectar el suelo y la estructura con Metan Potasio. Durante esta campaña los cultivos realizados fueron dos, en ciclo de otoño y de primavera, ambos de tomate Raf.
- Campaña 2006-2007: En julio de 2006 se realiza una desinfección del suelo y la estructura con Metan Potasio. Durante esta campaña los cultivos realizados han sido dos de tomate Raf, tanto en cultivo de otoño como de primavera.

Durante los cultivos de 2004/2005, 2005/2006 y 2006/2007, e independientemente de la incidencia de plagas, se han realizado tratamientos químicos con productos fitosanitarios utilizados por los agricultores de la zona, siguiendo un calendario fijo de tratamientos. Un ejemplo de estos tratamientos fitosanitarios empleados durante este tiempo se muestra en la tabla 1.

## 2. Comportamiento de los filmes en estudio durante el experimento

Una vez cumplidos los 38 meses tras su colocación en la nave 25 de Las Palmeri-llas, los filmes objeto de estudio fueron retirados, dando por finalizado el experimento.

Tras su colocación, el 13/09/07, se han enviado periódicamente muestras para analizar en el Laboratorio de Asistencia Técnica y Desarrollo de Repsol. Los resultados de esta evaluación se recogen en el siguiente apartado del informe.

Sólo las muestras F4 y F5 no llegaron a cumplir los 38 meses por diferentes causas. En el caso de la muestra F4 se consideró necesario retirarla a los 22 meses de su colocación para reemplazarla por otro film de diferente composición, objeto de otro estudio diferente. La muestra F5, sin embargo, fue retirada a los 27 meses, ya que se degradó prematuramente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Resultados evaluación de las muestras en LATD – Repsol Química

Las propiedades medidas periódicamente a los filmes objeto de evaluación en el laboratorio han sido las siguientes:

- Alargamiento hasta rotura en tracción: Mediante la determinación de esta propiedad mecánica se evalúa la degradación de los filmes. Se considera que un filme está degradado cuando su alargamiento es inferior a la mitad del alargamiento inicial antes de exposición y tratamientos.
- Contenido en azufre y cloro: Determinan la fijación de estos elementos que están presentes en los productos empleados para desinfección y tratamiento foliar en el film plástico de cubierta. La determinación del contenido en azufre se ha realizado mediante la técnica analítica de fluorescencia UV y el contenido en cloro se ha determinado mediante quimiluminiscencia. De esta manera se ha verificado la dosis asimilada de productos de descomposición de los diferentes productos químicos empleados para desinfección y tratamiento foliar a lo largo del tiempo que los filmes han estado en el invernadero.

Por el momento se tienen todos los datos registrados hasta 35 meses y el alargamiento a los 38, ya que el resto de propiedades a medir en los filmes retirados a los 38 meses todavía están en curso en el laboratorio.

En la tabla 2 se muestra la evolución del alargamiento de las muestras correspondientes a los filmes expuestos que han sido recogidas a diferentes tiempos y enviadas a LATD para su evaluación.

Tal y como se muestra en la figura 4, el único film fabricado en base a Polietileno de Baja Densidad (PEBD) ha sufrido degradación prematura y su alargamiento ha sido inferior al F50 en 27 meses, a pesar de contar en su composición con la máxima protección ultravioleta utilizada en este experimento.

El resto de los filmes, fabricados en base a copolímeros de Etileno y Acetato de Vinilo (EVA), excepto la muestra F4 retirada sin haberse degradado a los 22 meses, y la F6 que alcanzó el F50 a los 35 meses, han mantenido buenas propiedades mecánicas hasta después de 3 años de exposición.

La referencia F4, retirada a los 22 meses de su colocación por necesidades de espacio en el invernadero para incorporar un nuevo film, se trata de una referencia con una

gran experiencia en el mercado. Los filmes comerciales con aditivación HB<sup>+</sup>, en base a copolímero EVA, presentaron índices de rotura del 4,5%, con un tiempo medio de exposición de 24 meses.

El comportamiento aparentemente anómalo de la referencia F6, frente a las referencias F1, F2 y F3, pone de manifiesto la influencia que tienen las cargas minerales en los procesos de degradación de los filmes, debido a su mayor capacidad de retención de los productos químicos procedentes de los tratamientos.

Por otra parte, se han realizado análisis de azufre a las muestras evaluadas. Los datos se recogen en la tabla 3.

Se aprecia en estos resultados que el contenido de azufre en los filmes es directamente proporcional al tiempo de exposición y, por tanto, a la dosis aplicada de productos de desinfección de suelos y tratamientos fitosanitarios.

Se observa que la absorción de azufre depende también del tipo de estabilización UV y del tipo de polímero base, como muestran las referencias F4 (HALS con coaditivos y sin absorbedor UV) y F5 (PEBD), comportamiento que se confirma en datos obtenidos de análisis de filmes procedentes de invernaderos industriales.

Existe por tanto una relación directa entre el uso de productos químicos de desinfección y fitosanitarios que contienen azufre con el acortamiento de la vida útil de los filmes.

Es importante reseñar que un filme fabricado con copolímero EVA, estabilizado con HALS de última generación y absorbedor UV de baja velocidad de migración fija menos cantidad de azufre con el tiempo, lo que ayuda a retardar la degradación.

Se han medido, a su vez, los contenidos de cloro de los diferentes filmes objeto de estudio. Los resultados se reflejan en la tabla 4.

El contenido en cloro no sigue, como ocurre con el azufre, una progresión ascendente con el tiempo de exposición a productos químicos de desinfección y fitosanitarios. Tal y como se observa en la figura 6, la asimilación de cloro comienza a aumentar a partir de los 25 meses de la colocación de los filmes, excepto en el caso de la muestra F5 fabricada con polietileno, en la que la asimilación comienza a aumentar antes.

## CONCLUSIONES

Las conclusiones que se derivan de los resultados obtenidos en este experimento son las siguientes:

- Existe una relación directa entre el uso de productos químicos de desinfección y fitosanitarios que contienen azufre con el acortamiento de la vida útil de los filmes.
- La acumulación de azufre es proporcional a la dosis suministrada mediante la desinfección del suelo y los tratamientos fitosanitarios.
- El film fabricado con PEBD se degrada en menor tiempo que los filmes fabricados con copolímero EVA, razón por la que ya no suelen utilizarse para 3 campañas o 3 años de duración, en zonas de alta radiación solar y altos niveles de tratamiento.
- El uso de estabilizadores HALS de última generación y Absorbedores UV de baja velocidad de migración hace más resistentes a los filmes, gracias al efecto sinérgico de ambos aditivos frente al ataque químico provocado por desinfectantes y pesticidas.
- El uso de cargas inorgánicas como aditivos para aumentar la termicidad de los filmes tiene un efecto de aceleración del proceso de degradación de los filmes, debido a su mayor capacidad de retención de los productos químicos procedentes de los tratamientos.

**Tabla 1.** Tipos de tratamientos fitosanitarios durante los cultivos realizados entre 2004-2007

Materia activa	Marca comercial	Dosis empleada	Tipo de aplicación
Cipermetrin 0,5% + Azufre 40%	ACIBELTE	500 g	Espolvoreo
Endosulfan 3% + Azufre 60%	ENTOMOFIN	500 g	
Imidacloprid 20%	CONFIDOR	0,7 cc/l	Pulverización
Deltametil 2,5%	DECIS	0,5 cc/l	
Endosulfan 3% + Azufre 60%	ENTOMOFIN	500 g	Espolvoreo
Cipermetrin 0,5% + Azufre 40%	ACIBELTE	500 g	
Imidacloprid 20%	CONFIDOR	0,4 l/1000 m	En riego
Piridaben 20%	SANMITE	0,7 g/l	Pulverización
Metomilo 20%	TOMILO	2 cc/l	
Tiametoxam 25%	ACTARA	30 g/1000 m	En riego
Endosulfan 36% + Metomilo 12%	METOFAN FORTE	2 cc/l	Pulverización
Oxamilo 10%	VIDATE L	1,5 l/1000 m	En riego
Piridaben 20%	SANMITE	0,7 g/l	Pulverización
Imidacloprid 20%	CONFIDOR	0,4 l/1000 m	En riego
Jabón potásico	BIO-SOAP	8 cc/l	Pulverización
Azadiractin 3,2%	ALIGN	1,0 cc/l	
Jabón potásico	BIO-SOAP	8 cc/l	Pulverización
Mancozeb 80%	DITIBER	2,5 cc/l	
Tiametoxam 25%	ACTARA	30 g/1000 m	En riego
Azadiractin 3,2%	ALIGN	1,0 cc/l	Pulverización
Jabón potásico	BIO-SOAP	8 cc/l	
Mancozeb 64% + cimoxamilo 8%	MILDATE	2,5 g/l	Pulverización
Azufre 80% (Mojable)	ULTRASOFRIL	2 g/l	
Jabón potásico	BIO-SOAP	7 cc/l	Pulverización
Oxícloruro de Cobre	CUPRAVIT 35%	2,5 g/l	
Azufre 80% (Mojable)	ULTRASOFRIL	2 g/l	Pulverización
Pimetrocina 70%	PLENUM 25 WP	1,2 g/l	
Teflubenzuron 15%	NOMOLT	0,5 cc/l	Pulverización
Jabón potásico	BIO-SOAP	7 cc/l	
Endosulfan 36% + Metomilo 12%	METOFAN FORTE	2 cc/l	Pulverización
Lufenuron 5%	MATCH 5EC	0,4 cc/l	
Azufre 80% (Mojable)	ULTRASOFRIL	2 g/l	Pulverización
Mancozeb 80%	DITHANE M45	2,5 cc/l	
Piridaben 20%	SANMITE	0,7 g/l	Pulverización
Clortalonil 50%	BRAVO	2,5 cc/l	Pulverización
Piriproxifen 10%	JUVINAL	0,7 cc/l	
Iprodioma	ROVRAL	1,0 cc/l	Pulverización
Mancozeb 80%	DITHANE M45	2,5 cc/l	
Azadiractin 3,2%	ALIGN	1,0 cc/l	Pulverización
Jabón potásico	BIO-SOAP	8 cc/l	
Oxícloruro de Cobre	CUPRAVIT 35%	2,5 g/l	Pulverización
Azufre 80% (Mojable)	ULTRASOFRIL	2 g/l	
Diclofluanida 40% + Tebuconazol 10%	FOLICUR COMBI	2 g/l	Pulverización
Jabón potásico	BIO-SOAP	7 cc/l	Pulverización
Oxícloruro de Cobre	CUPRAVIT 35%	2,5 g/l	
Azufre 80% (Mojable)	ULTRASOFRIL	2 g/l	Pulverización
Ciprodinil 37,5% + Fludioxinil 25%	SUIT	0,8 g/l	
Mancozeb 80%	DITHANE M45	2,5 cc/l	Pulverización
Clortalonil 50%	BRAVO	2,5 cc/l	
Piriproxifen 10%	JUVINAL	0,7 cc/l	Pulverización

**Tabla 2.** Resultados de la medida de alargamiento en LATD

<b>Alargamiento a rotura en tracción (%)</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>F6</b>
<b>0 meses</b>	549	562	615	627	545	522
<b>6 meses</b>	591	620	618	611	573	540
<b>12 meses</b>	598	561	584	607	525	510
<b>18 meses</b>	519	523	537	513	483	500
<b>21 meses</b>	573	563	561	543	514	531
<b>22 meses</b>	–	–	–	506	–	–
<b>24 meses</b>	538	532	515	–	483	511
<b>27 meses</b>	–	–	–	–	135	–
<b>32 meses</b>	464	445	405	–	–	355
<b>35 meses</b>	435	401	357	–	–	258
<b>38 meses (Fin experimento)</b>	349	314	231	–	–	167

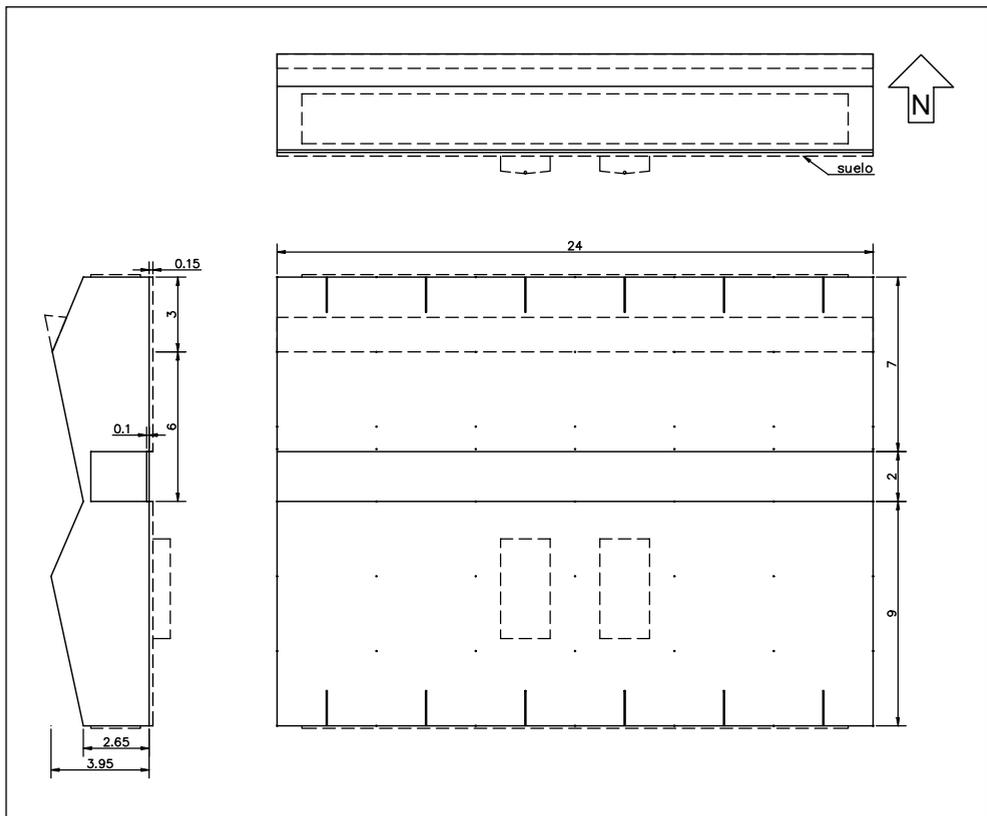
**Tabla 3.** Resultados de la evaluación del contenido de azufre

<b>Contenido en azufre (ppm)</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>F6</b>
<b>0 meses</b>	0	0	0	0	0	0
<b>6 meses</b>	296	271	283	327	266	279
<b>12 meses</b>	835	908	1.002	1.149	815	767
<b>15 meses</b>	1.034	–	1.235	1.222	1.097	974
<b>18 meses</b>	973	1.024	1.068	1.199	935	856
<b>21 meses</b>	1.198	1.050	1.483	1.872	1.342	1.252
<b>22 meses</b>	–	–	–	1.943	–	–
<b>24 meses</b>	1.200	1.244	1.428	–	1.219	1.255
<b>27 meses</b>		1.233	–	–	1.880	
<b>32 meses</b>	1.759	1.710	1.974	–	–	1.674
<b>35 meses</b>	2.110	2.169	2.395	–	–	2.206

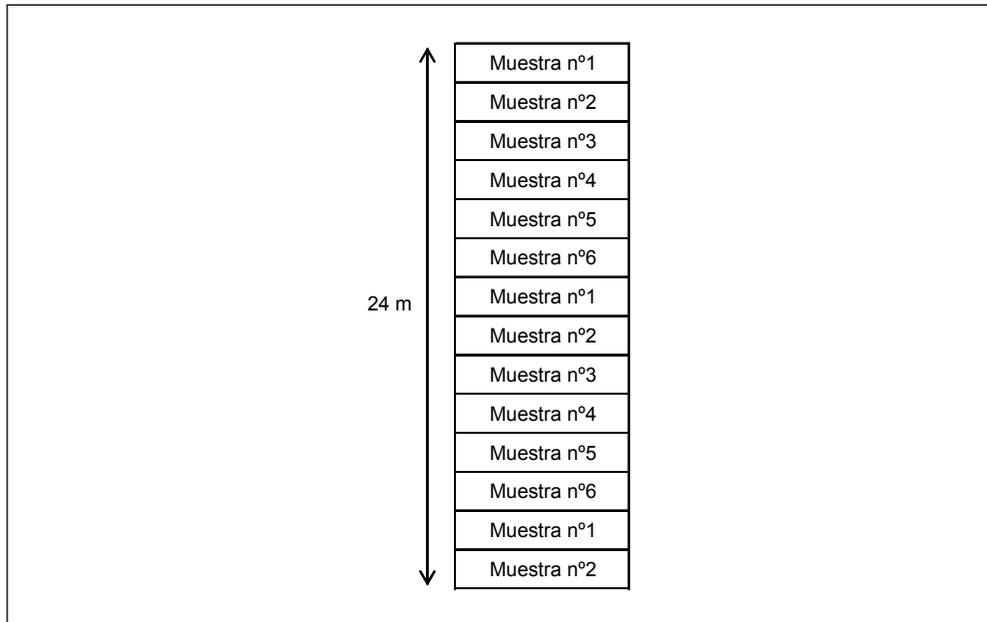
**Tabla 4.** Resultados de la evaluación del contenido de cloro

Contenido en cloro (ppm)	F1	F2	F3	F4	F5	F6
0 meses	74	61	4	14	75	136
6 meses	70	62	56	54	31	45
12 meses	154	152	134	131	45	102
15 meses	121	136	145	149	51	97
18 meses	154	147	149	164	77	108
21 meses	145	128	148	167	65	110
22 meses	–	–	–	145	–	–
24 meses	89	85	110	–	27	47
27 meses	–	–	–	–	165	–
32 meses	225	208	195	–	–	243
35 meses	396	414	392	–	–	342

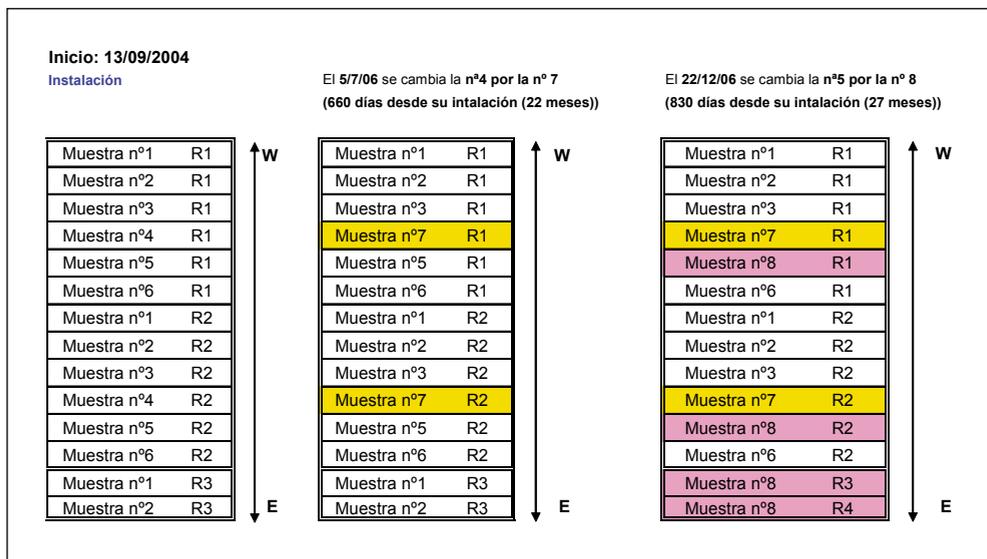
**Figura 1.** Estructura y dimensiones del invernadero



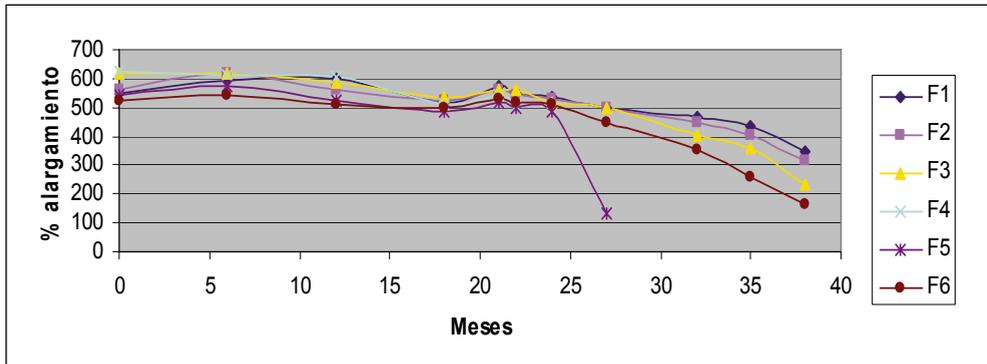
**Figura 2.** Disposición de los filmes en el invernadero de control a 13/09/07



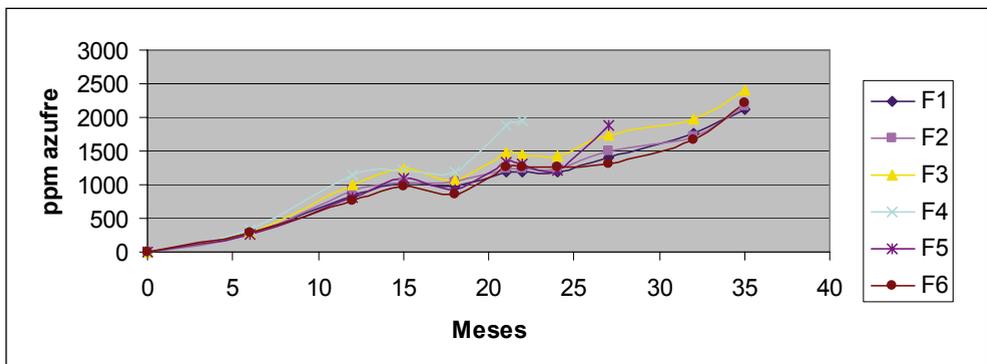
**Figura 3.** Evolución de la situación de los filmes en la nave 25



**Figura 4.** Evolución del alargamiento de las muestras medido en LATD



**Figura 5.** Evolución del contenido en azufre de las muestras medido en LATD



**Figura 6.** Evolución del contenido en cloro de las muestras medido en LATD

