

L. Saravia, R. Echazú y L. Zunino

INENCO  
Universidad Nacional de Salta  
Buenos Aires 177  
4400 Salta - Argentina

#### RESUMEN

Se inició un estudio sistemático de las características ópticas de los materiales de uso mas difundido como cubierta de invernaderos.

En este trabajo se describe la metodología empleada y se presentan los primeros resultados de mediciones de transmitancia global y espectral en UV-visible y en IR cercano.

Se describen tambien el diseño y ensayos de dos equipos de campo, de construcción casera, para determinar la presencia de aditivos anti UV e IR.

Se estudiaron muestras de materiales de fabricación nacional y de otros países de Iberoamérica.

#### INTRODUCCION

En los materiales que se usan como cubierta de invernaderos, es de desear una alta transparencia a la radiación solar visible, para producir el efecto invernadero y porque los vegetales necesitan luz para la fotosíntesis.

El material tradicionalmente empleado es el vidrio, pero su peso, su precio y su fragilidad limitan la aplicación a algunos cultivos especiales, en pequeñas superficies.

Entre los plásticos, el polietileno tiene una transparencia muy alta, y ademas es liviano, flexible y barato, pero expuesto al sol se degrada rapidamente por efecto de la radiación ultravioleta.

Hace unos pocos años se comenzó a comercializar una lámina de polietileno con aditivos que filtran el UV, con lo que se obtienen vidas útiles de dos a tres años. Estos plásticos se conocen como anti-UV o como larga duración ( LD ) y su precio es algo mayor al del polietileno común ( cristal ).

El polietileno es muy transparente a la radiación infrarroja. Para disminuir el enfriamiento nocturno de los invernaderos, causado por la emisión terrestre, se producen plásticos con aditivos que los hacen parcialmente opacos entre los 7 y 14 mic. Los materiales de esta clase son conocidos como térmicos o larga duración térmico ( LDT ).

Existen ademas otros materiales de uso menos difundido como el policarbonato, mylar, PRFV, PVC etc.

En este trabajo se presentan mediciones ópticas que permiten evaluar muestras de material. Esta información resulta de utilidad para el diseño de invernaderos, para su evaluación económica y para el estudio de su balance térmico.

## METODOLOGIA

La transmitancia global de las muestras se determinó, con luz solar midiendo la radiación global con un solarímetro Eppley PSP y luego, en las mismas condiciones, la radiación que llega al instrumento, atravesando las muestras. Para cada material, se calcula la transmitancia dividiendo este valor por el de la radiación directa medida.

Las mediciones se realizan al mediodía, en días despejados.

Con el mismo procedimiento se obtuvieron los espectros de transmitancia. El instrumento utilizado es un espectrorradiómetro portátil Li-Cor 1800. El rango de medida es de 0.3 mic a 1.1 mic de longitud de onda, con una lectura cada dos nanómetros.

Las determinaciones de transmitancia espectral infrarroja, entre los 2.5 y los 50 mic. se hicieron con un espectrómetro Perkin Elmer de doble haz.

Para determinar la presencia de aditivos opacantes en IR, se diseñó y ensayó un sencillo equipo casero, que se muestra en la figura 1.

Una chapa de aluminio de 1 mm y de aproximadamente 8 por 30 cm se dobló en forma de U y se pintó de negro. En su interior se colocó un bloque de poliestireno expandido. En la cara central se fijó un vidrio con cinta adhesiva y en las aletas laterales una muestra del polietileno en estudio y otra de polietileno común del mismo espesor.

En el centro de cada aleta, en una pequeña cavidad del bloque aislante, se colocó un termómetro.

Al calentar al sol la cara central la chapa conduce el calor por las dos aletas. Puesto que las pérdidas de calor al exterior, por conducción en el plástico son iguales, cuando se detecta una diferencia de temperatura se debe a que el polietileno de tipo térmico pierde menos calor por radiación.

En las medidas realizadas con muestras de polietileno tipo LDT las diferencias fueron de 2 a 3 C.

El sistema para detectar tratamientos UV, se basa en la propiedad de la fluoresceína de resplandecer cuando se ilumina con luz ultravioleta.

En la figura 2 se vé el equipo empleado.

Se instaló una lámpara UV sobre un vaso de precipitados con una solución ligeramente alcalina de fluoresceína, intercalando un cartón con un pequeño orificio, como difragma para que la luz ingrese por la superficie del líquido como un haz.

Se observa el resplandor fluorescente alrededor del haz luminoso, que desaparece cuando se intercala una muestra de plástico con tratamiento UV. Se verifica que intercalando polietileno común, el resplandor continúa.

## RESULTADOS

Se presentan en la tabla I los valores obtenidos de transmitancia global, para los materiales mas difundidos. Se incluyeron como datos ilustrativos el espesor y el precio aproximado de cada uno.

Tabla I

MATERIAL	TRANSMITANCIA	ESPESOR (mic)	PRECIO (\$/m <sup>2</sup> )
Vidrio	0.84	3200	8.00
Polietileno común	0.92	150	0.40
Polietileno LDT	0.88	150	0.55
PVC	0.93	180	1.50
Policarbonato	0.75	8000	20.00
PRFV	0.80	1200	14.00

Las medidas de transmitancia espectral UV-visible, se presentan en las figuras 3 a 6 donde se representó en absisas la longitud de onda en micrones y en ordenadas la transmitancia.

La figura 3 corresponde a una muestra de polietileno común, nótese la alta transparencia.

En la figura 4 vemos el espectro del polietileno LDT, se nota la absorción de radiación ultravioleta, entre los 0.3 y 0.4 mic.

La figura 5 corresponde a una muestra del mismo polietileno LDT, que estuvo dos años expuesta al sol. La transmitancia en el visible disminuyó y el filtro UV comenzó a degradarse notablemente entre los 0.30 y 0.35 mic.

La figura 6 es el espectro del policarbonato. Este material tambien tiene tratamiento anti - UV, notable entre 0.3 y 0.4 mic.

Las medidas de espectros IR se hicieron entre los 2.5 y los 50 mic, pero puesto que nos interesa el comportamiento de los materiales alrededor de los 10 mic, se graficó desde 2.5 a 15 mic.

La figura 7 es el espectro medido del polietileno común. Es notable la alta transparencia en comparación con el de la figura 8 del polietileno térmico.

En la figura 8 se representaron en el mismo gráfico las transmitancias del polietileno LDT nuevo y la del mismo material con dos años de uso en un invernadero.

Por último, en la figura 9 se representó el espectro IR medido del policarbonato, mucho mas opaco.

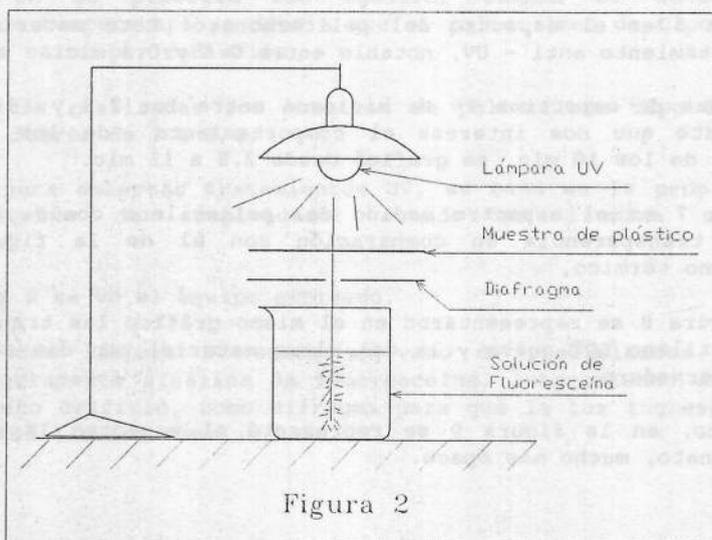
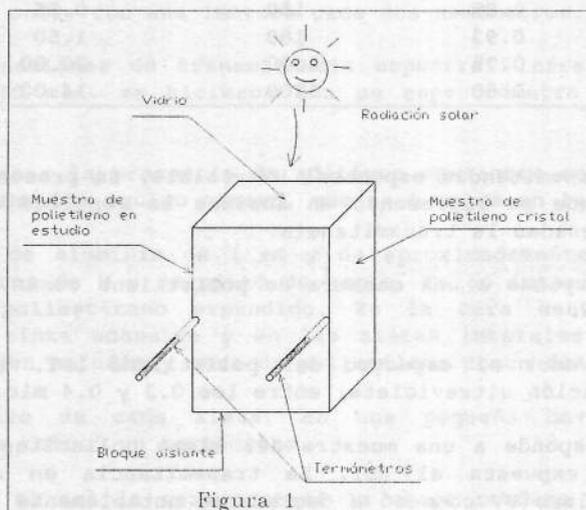
## CONCLUSIONES

Los espectros medidos coinciden con los de la literatura en todos los casos y con los presentados por los proveedores de plásticos, en la mayoría.

La metodología empleada, provee la información sobre las muestras, en forma rápida y precisa. Al usar luz solar para las medidas de UV-visible, se obtiene directamente el espectro tal como se presenta dentro de un invernadero. Esto permite realizar con mayor detalle el balance energético de la cubierta, en las simulaciones térmicas.

Los equipos de campo desarrollados, permiten una rápida determinación de aditivos UV e IR, con elementos accesibles y de bajo costo.

Se continúa trabajando con muestras de los plásticos nuevos que aparecen en el mercado y en forma conjunta con un fabricante de polietileno se ensayan distintas composiciones de aditivos.



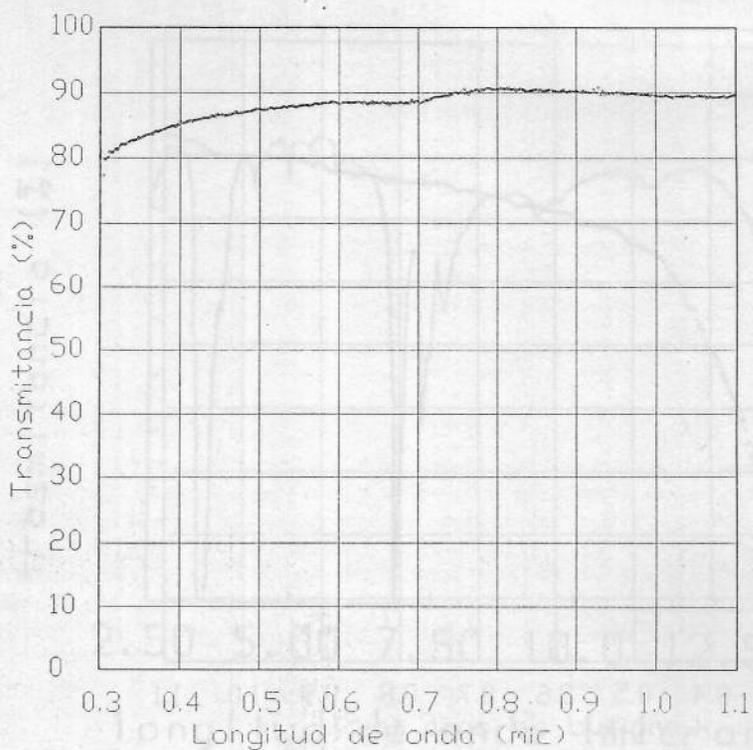


Figura 3

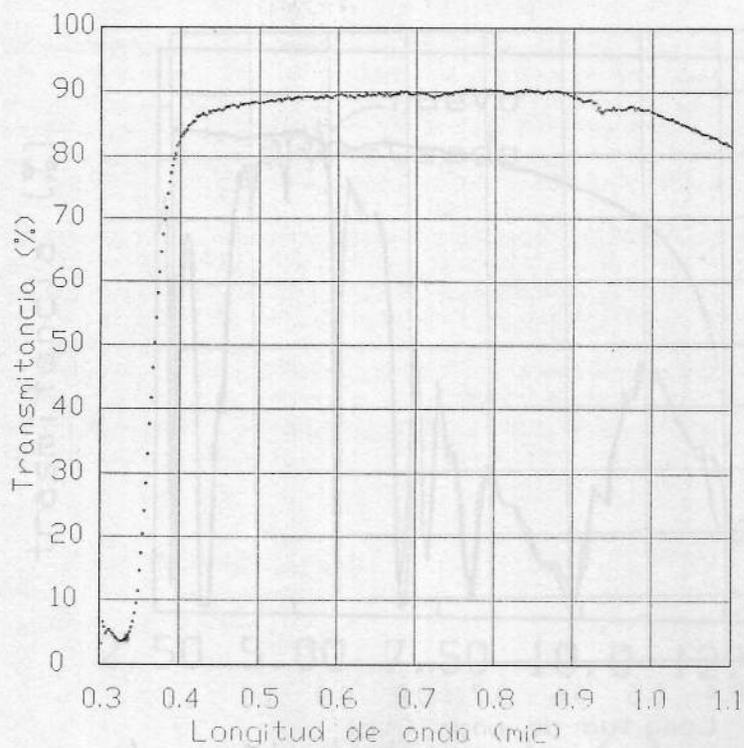


Figura 4

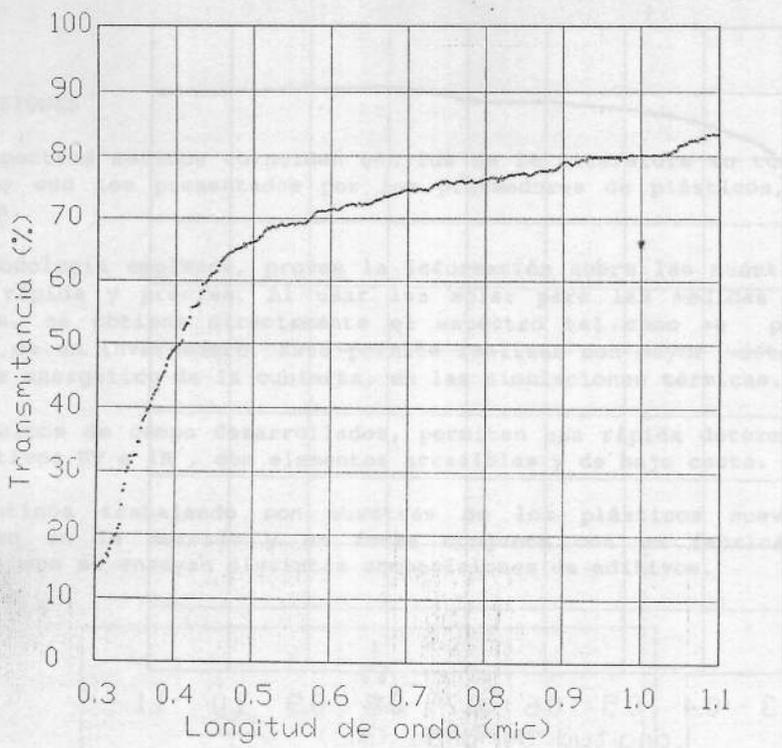


Figura 5

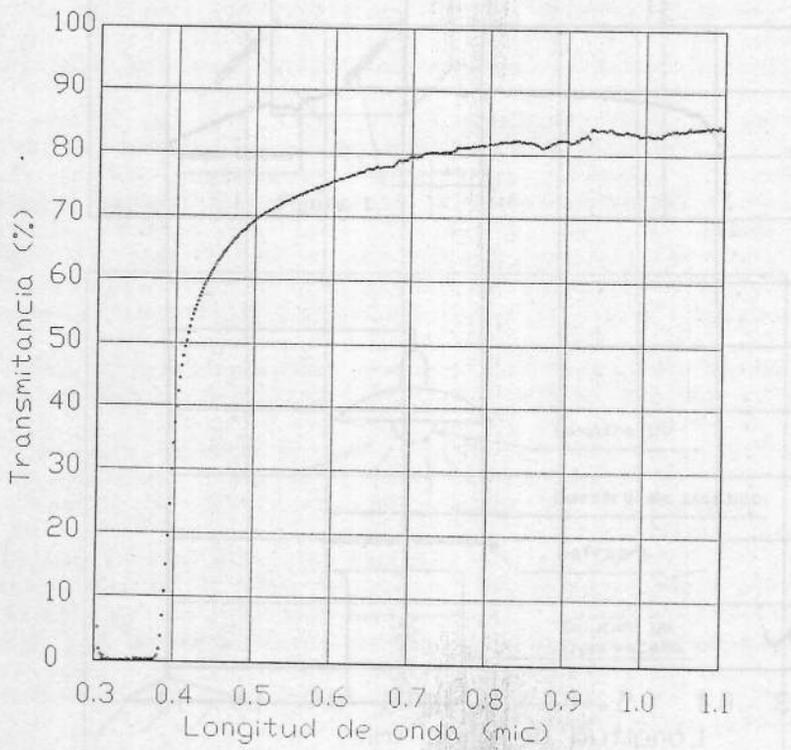


Figura 6

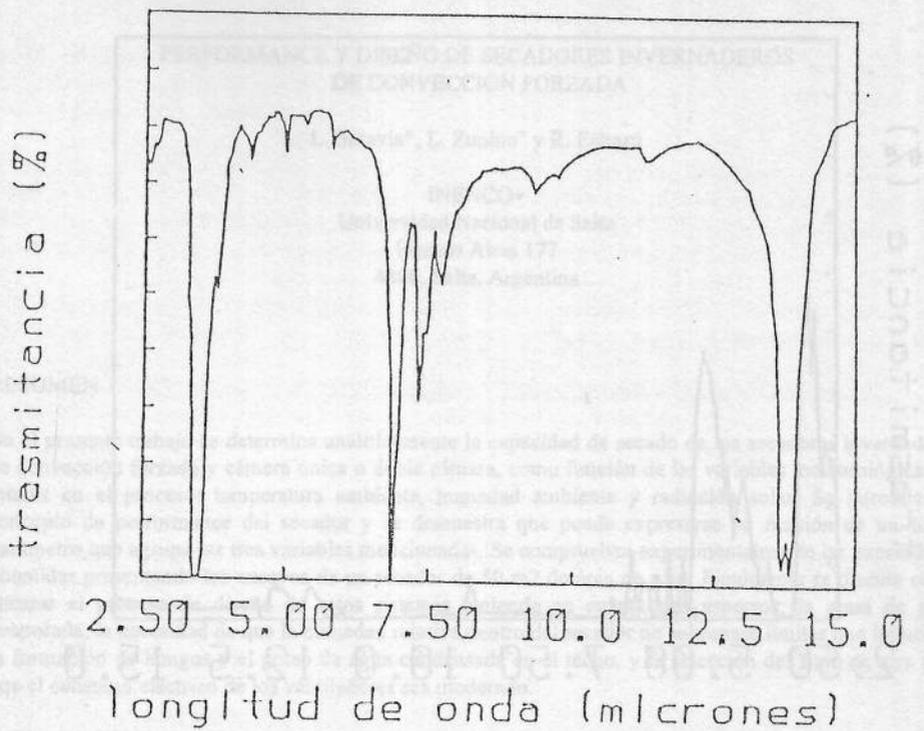


Figura 7.

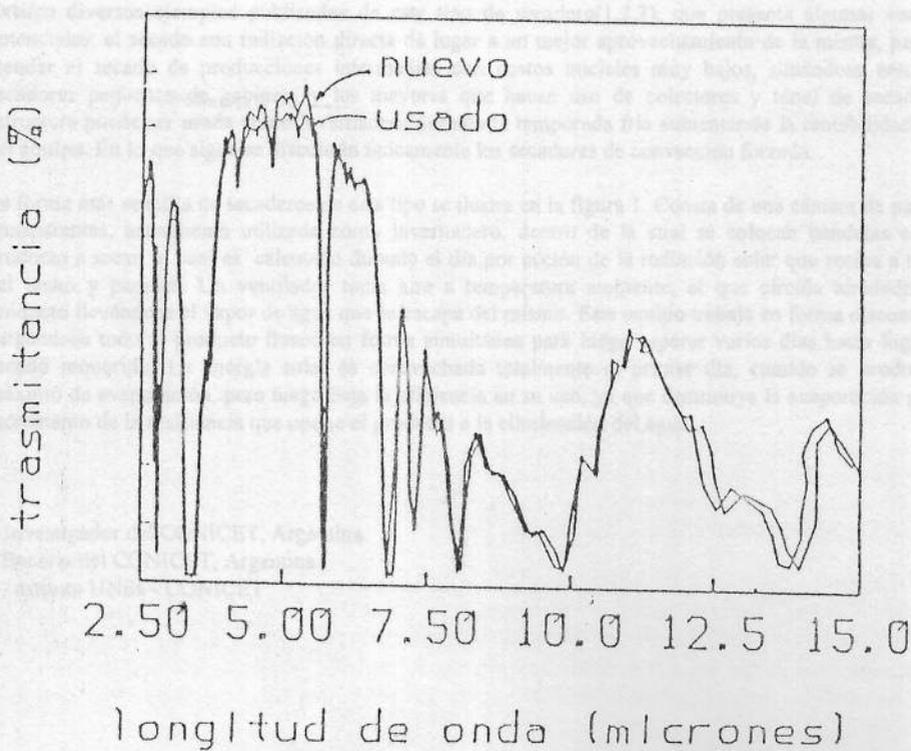


Figura 8.

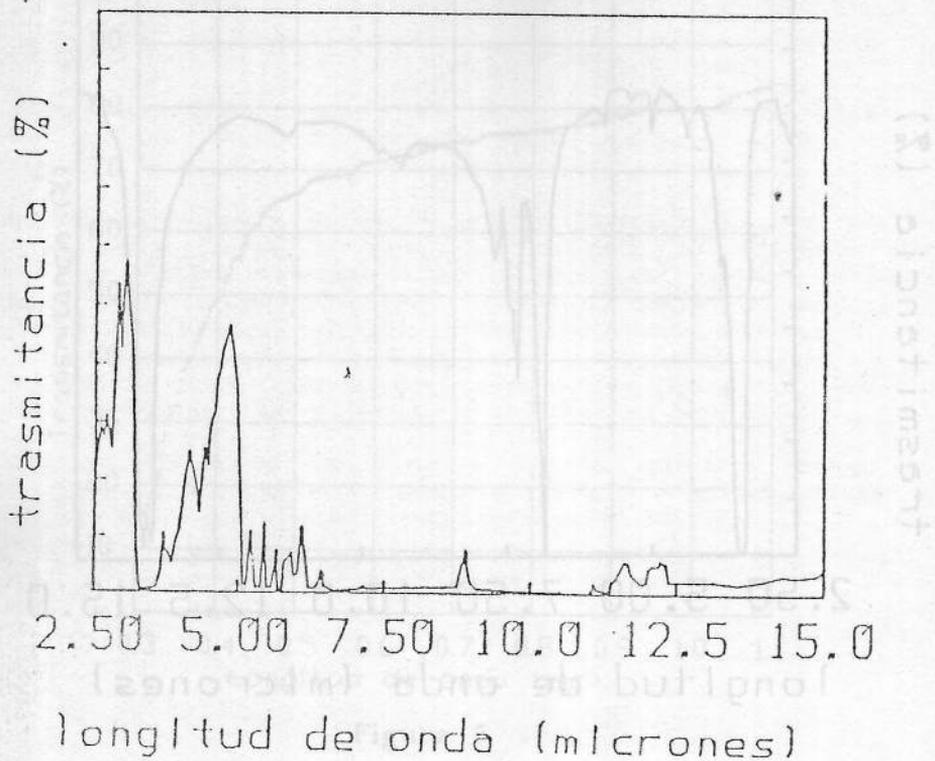


Figura 9.

