

4. A. Fabris, M. García, R. Estol, A. Roberti, A. Jaoand, R. Marsili y J. Lanzelotti, "Secadero Semi-Industrial para Frutas y Hortalizas: Informe Preliminar". Presentado en la 5a. Reunión de Trabajo de la ASADES (1979).
5. J.A. Moragues y W. Scheuer, "Estanques Solares Playos para Calentamiento de Agua a Nivel Industrial". Actas de la 2a. Reunión de Trabajo de la ASADES, pág. 21 (1976).
6. W. Scheuer y J.A. Moragues, "Programa y Actividades del Grupo de Energía Solar de la Comisión Nacional de Energía Atómica". Actas del Seminario sobre Aprovechamiento de la Energía Solar y Eólica (1978).
7. K.G. Martin, "Monitoring Ultraviolet Radiation with Polyvinylchloride". Proceedings of the Sun in the Service of Mankind International Congress (1973).
8. M.C. de Kurlat y R.O. Fernández, "Radiación Solar Global en la Argentina". Acta Científica N° 19 (1970).
9. A.T. Rapallini, "Estimación de los Valores Medios Mensuales de Radiación sobre Superficies Inclínadas". Actas de la 4a. Reunión de Trabajo de la ASADES, pág. 1 (1978).

SOBRE LA VARIACION DE LA TRANSMITANCIA EN EL CLORURO DE POLIVINILO

Hugo Grossi Gallegos  
Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales  
Departamento de Energía No Convencional  
División Energía Solar  
Av. Mitre 3100- 1663- San Miguel - Bs. As.

Resumen

Dada la utilización del Cloruro de Polivinilo (PVC) en el desarrollo de colectores solares para el secado de frutas y hortalizas, el secado de granos, el calentamiento de agua, etc. se estudió la variación de la transmitancia de dos compuestos de diferente formulación expuestos a la acción de la radiación solar y los agentes meteorológicos durante un período de aproximadamente seis meses. Se muestran los resultados para diferentes frecuencias y se señalan conclusiones.

ON THE VARIATION OF THE POLYVINYLCHLORIDE TRANSMITTANCE

Abstract

Since polyvinylchloride (PVC) is used in the construction of solar collectors for the drying of fruit, vegetables and grain, the heating of water, etc., the variation of the transmittance of two compounds having different formulation was studied over a period of six months, during which they were exposed to the action of solar radiation and meteorological agents. The results for different frequencies are shown and conclusions are stated.



## Introducción

Teniendo como principal objetivo el ofrecer al productor tipo de su zona de influencia soluciones alternativas al problema de la rentabilidad aleatoria de los productos, debido esto al carácter perecedero de la mercadería, el Grupo de Energía Solar de la Universidad Nacional de Luján, provincia de Buenos Aires, se propuso años atrás estudiar la factibilidad de secar frutas utilizando energía solar: en diferentes trabajos (1,2,3) ha quedado demostrado que es posible el secado solar de frutas y hortalizas de la zona durante un largo período. Animado de ese mismo espíritu, el Departamento de Energía No Convencional de la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales, conjuntamente con el Grupo de Luján, elaboró un proyecto para el desarrollo de un prototipo semi-industrial para el secado solar de frutas y hortalizas de la zona<sup>(4)</sup>.

Se pensó en el desarrollo de colectores de bajo costo, los que serían de plástico e inflables, desechables al cabo de algunas campañas, utilizando plásticos fabricados en el país. Para decidirse por el cloruro de polivinilo (PVC) frente al polietileno se tuvieron en cuenta los conceptos señalados por Moragues y Scheuer<sup>(5,6)</sup>: (a) el PVC permite alcanzar 80°C sin inconvenientes mientras que el polietileno se ablanda y de forma a los 40°C; (b) el deterioro por acción oxidante de los agentes atmosféricos y el daño producido por la radiación ultravioleta son mucho mayores en el polietileno que en el PVC; (c) la formulación del PVC puede ser variada convenientemente incluyendo aditivos e incorporando antioxidantes e inhibidores, lo que no es posible con el polietileno.

Se decidió entonces estudiar la variación de la transmitancia del PVC expuesto a la acción de la radiación solar y los fenómenos atmosféricos. Como es sabido, la energía solar es absorbida para formar radicales libres, los que reaccionan con el oxígeno del aire iniciando una cadena oxidativa que lleva a la formación de grupos carbonilos. Para temperaturas menores de 60°C este proceso de degradación no depende de la temperatura sino de la radiación<sup>(7)</sup> (a mayores temperaturas tiene lugar una degradación térmica debida a otro mecanismo). La absorción de radiación solar por los polímeros es específica para ciertas longitudes de onda y la producción cuántica de radicales libres también depende de la longitud de onda de la radiación.

## Descripción de la experiencia

Se tomaron dos compuestos de PVC de distinta formulación facilitados por la firma VIPLASTIC SACI, conocidos como tipo cristal y tipo inflable (de aquí en más, PVC<sub>a</sub> y PVC<sub>b</sub>, respectivamente). Se trata de filmes compuestos por dos capas laminadas en continuo por presión y calor, con apoyo, en el caso del tipo a, de la incorporación de un adhesivo entre las capas. Ninguno de los dos materiales fue sometido a ningún tipo de tratamiento posterior al de laminación. Además, ninguno de los dos fueron formulados con agregados de productos antioxidantes, pero contienen una pequeña proporción derivada de los antioxidantes que normalmente contienen



los estabilizantes, los que fueron utilizados en una proporción aproximada del 2,5%. El film del tipo a contiene inhibidor de rayos ultravioletas, en tanto que el tipo b no lleva dicho producto.

Para prolongar la vida útil a la intemperie, en la formulación del film tipo a se utilizó una mezcla de plastificantes poliméricos, trimelíticos y epoxidados especiales, mientras que en la del tipo b se utilizaron plastificantes monoméricos y epoxidados comunes.

Los espectros de transmisión de las muestras a ser utilizadas como referencia (exposición cero) en función de la longitud de onda fueron medidos en la Comisión Nacional de Energía Atómica y se muestran en la figura 1. En ella se pueden ver los espectros correspondientes a una muestra de 310  $\mu\text{m}$  de espesor del compuesto a y a una muestra de 260  $\mu\text{m}$  del compuesto b; se incluye como referencia, en una curva cortada, el espectro solar AMI

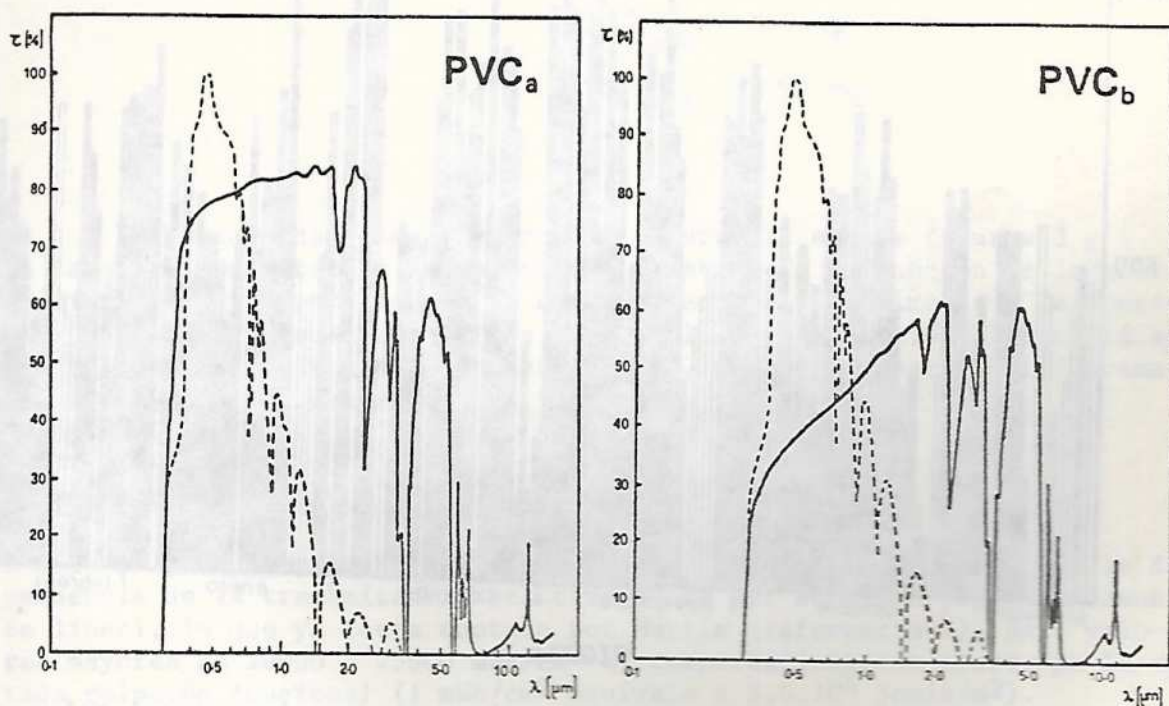


FIGURA 1

Se tomaron muestras de los dos compuestos de aproximadamente un centímetro de ancho y se las sujetó en un bastidor inclinado a  $66^\circ$  con respecto a la horizontal, orientándoselo hacia el norte sobre una azotea clara, en dependencias del Centro Espacial San Miguel (Observatorio Nacional de Física Cósmica). Al cabo de cada semana se fue retirando una muestra de cada tipo, aislándoselas de la radiación solar. Al cabo de aproximadamente seis meses se contó con 24 muestras de cada compuesto con diferente



grado de fotodegradación.

En la figura 2 puede verse la energía recibida sobre plano horizontal tal como función del tiempo para el período comprendido entre el 8 de septiembre de 1978 y el 23 de febrero de 1979 en el que se realizó la experiencia; corresponde a datos proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional. Los rectángulos blancos indican valores calculados a partir de datos de heliofanía relativa obtenidos en este Observatorio, según la relación (8)

$$H/H_0 = 0,27 + 0,46 n/N$$

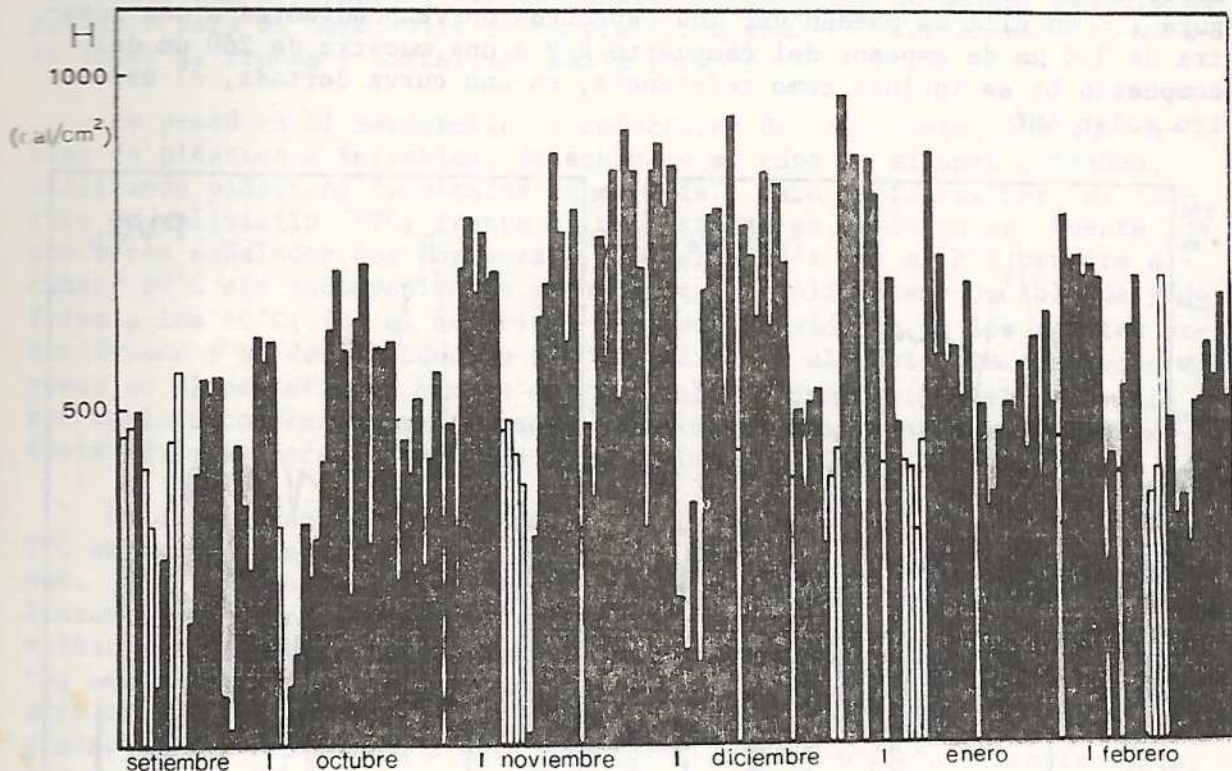


FIGURA 2

en donde H es la radiación global diaria sobre un plano horizontal tal que en la superficie de la Tierra,  $H_0$  la radiación global diaria extraterrestre ( $1,94 \text{ cal cm}^{-2}\text{min}^{-1}$ ) y  $n/N$  la heliofanía relativa.

### Análisis del material

Antes de ser montadas en soportes especiales para ser analizadas, las muestras fueron sometidas a un suave lavado con trapo húmedo, tratando de reproducir las condiciones reales de operación.

Para medir la transmitancia de las diferentes muestras, relativa a las muestras de referencia, se utilizó un espectrofotómetro ZEISS FMD3.

El monocromador del mismo posee una red de difracción de 600 líneas por milímetro, con una resolución de 0,05 mμ en el rango de 300 a 900 mμ.

Se usó como fuente de iluminación una lámpara incandescente de 6v 30W y como elemento detector una célula fotomultiplicadora. Las lecturas fueron efectuadas utilizando el integrador del equipo, el cual promedia 256 valores individuales tomados durante 5 segundos.

Los anchos de banda utilizados para las diferentes longitudes de onda elegidas fueron:

$$\begin{aligned}\Delta \lambda_{350} &= 25 \text{ m}\mu \\ \Delta \lambda_{400} &= 15 \text{ m}\mu \\ \Delta \lambda_{550} &= 17 \text{ m}\mu \\ \Delta \lambda_{800} &= 150 \text{ m}\mu\end{aligned}$$

Los resultados obtenidos pueden observarse en las figuras 3 y 4 en las que se muestra la transmitancia relativa  $T_R$  en función de la energía incidente. Para calcular la energía recibida normalmente a las muestras, esto es  $H_T$ , a partir de los datos del SMN, se siguió el procedimiento detallado en el trabajo de Rapallini<sup>(9)</sup>, utilizando para la reflectancia del terreno el valor 0,5.

### Comentarios

Se puede observar que, si bien para valores bajos de energía la dependencia de la transmitancia relativa puede ser supuesta aproximadamente lineal, lo que ya fuera anotado por Martin (referencia 7), para valores mayores de 20000 a 25000 mWh/cm<sup>2</sup> el comportamiento se aparta de la citada relación funcional (1 mWh/cm<sup>2</sup> equivale a 3,6.10<sup>4</sup> joule/m<sup>2</sup>).

Dada la dispersión que presentan los datos, debida fundamentalmente a la no uniformidad del lavado previo, carece de sentido el tratar de aproximarlos a una curva por cuadrados mínimos; por lo cual, se han promediado simplemente los diez últimos valores, obteniéndose resultados finales para la transmitancia relativa  $T_{RF}$  al cabo de seis meses. En la figura 5 se halla resumido lo antedicho, mientras que en la tabla I pueden verse los valores de  $T_{RF}$  con sus correspondientes errores standard y del promedio, en función de la longitud de onda.



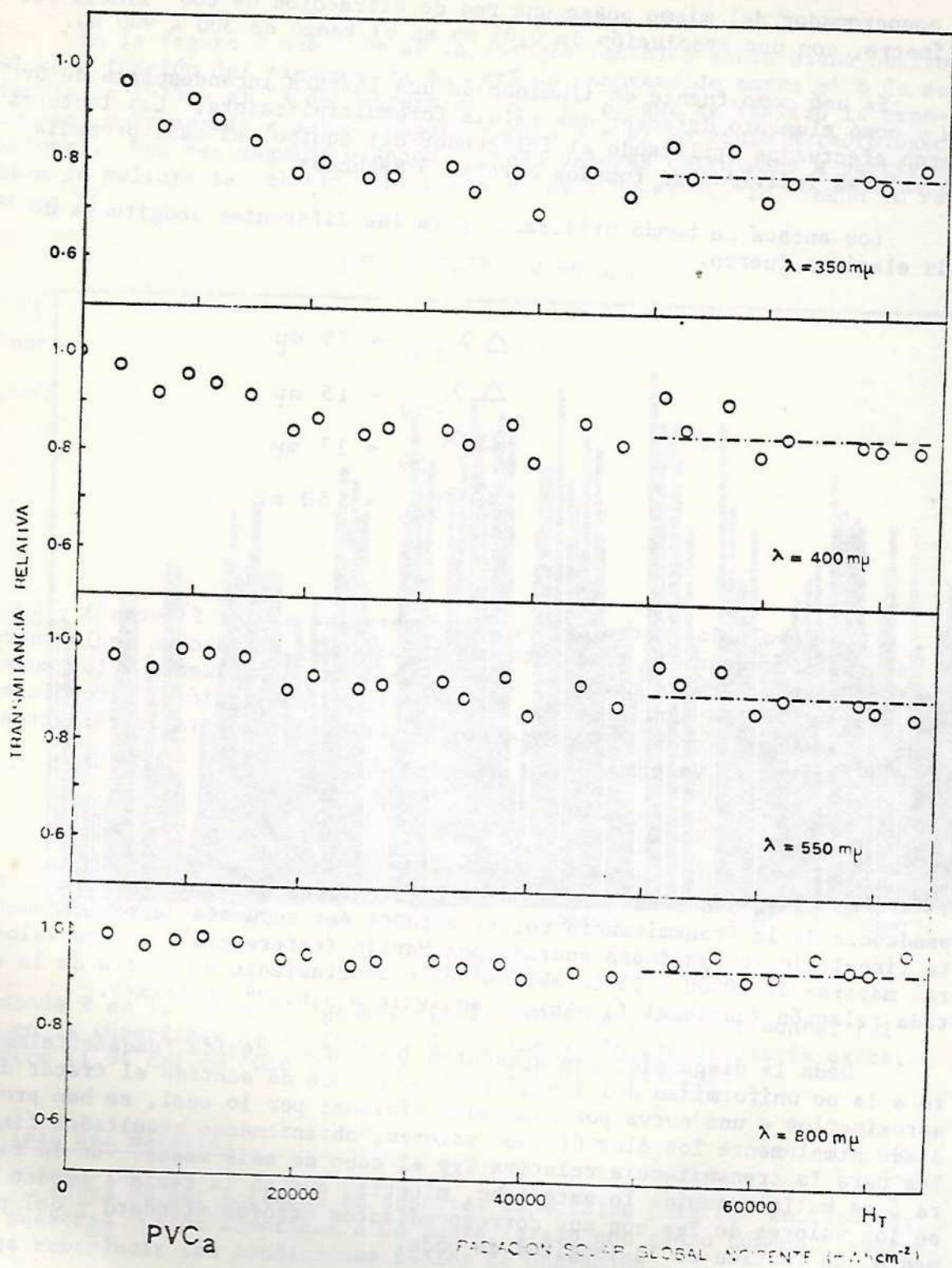


FIGURA 3

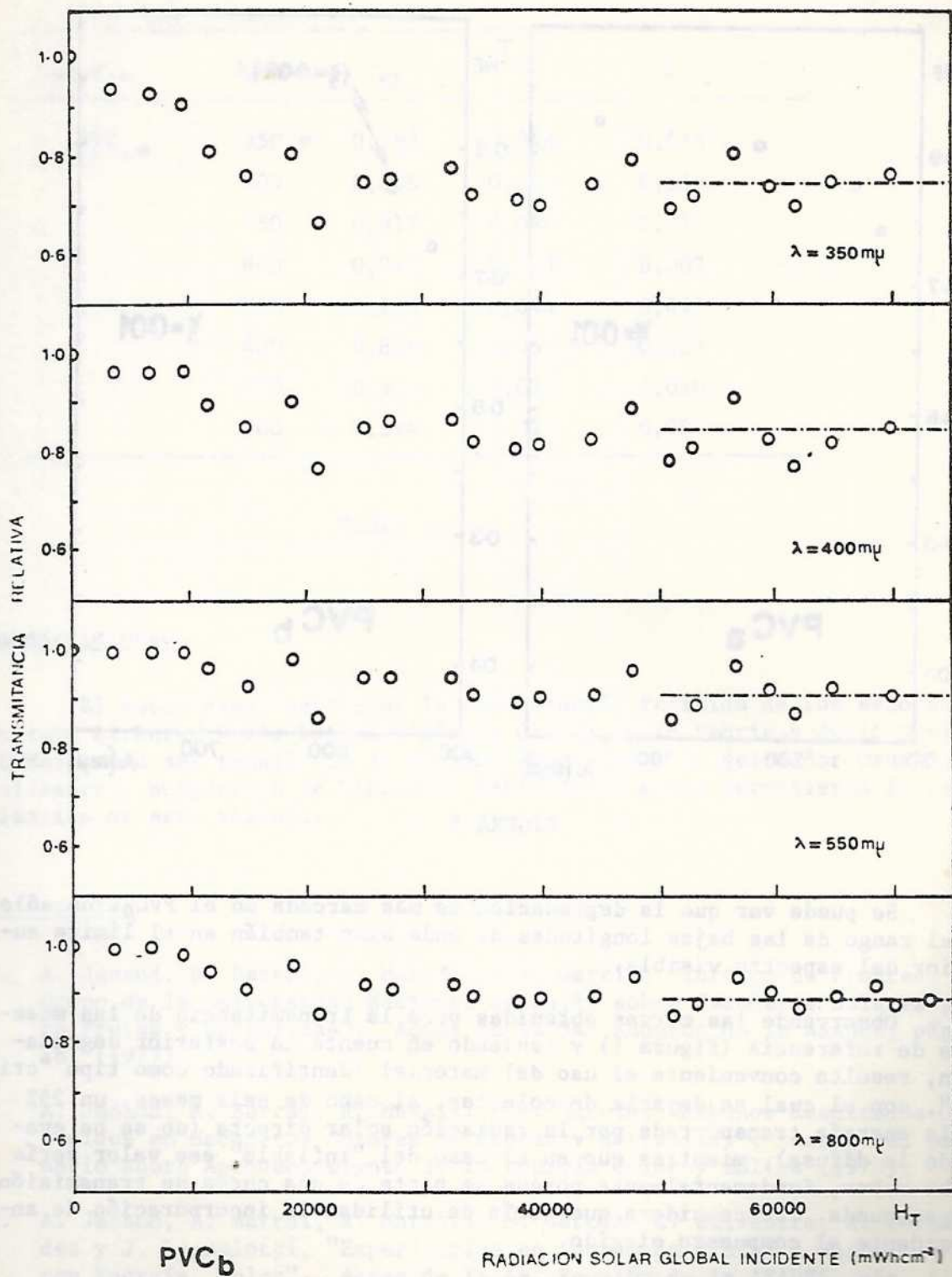


FIGURA 4



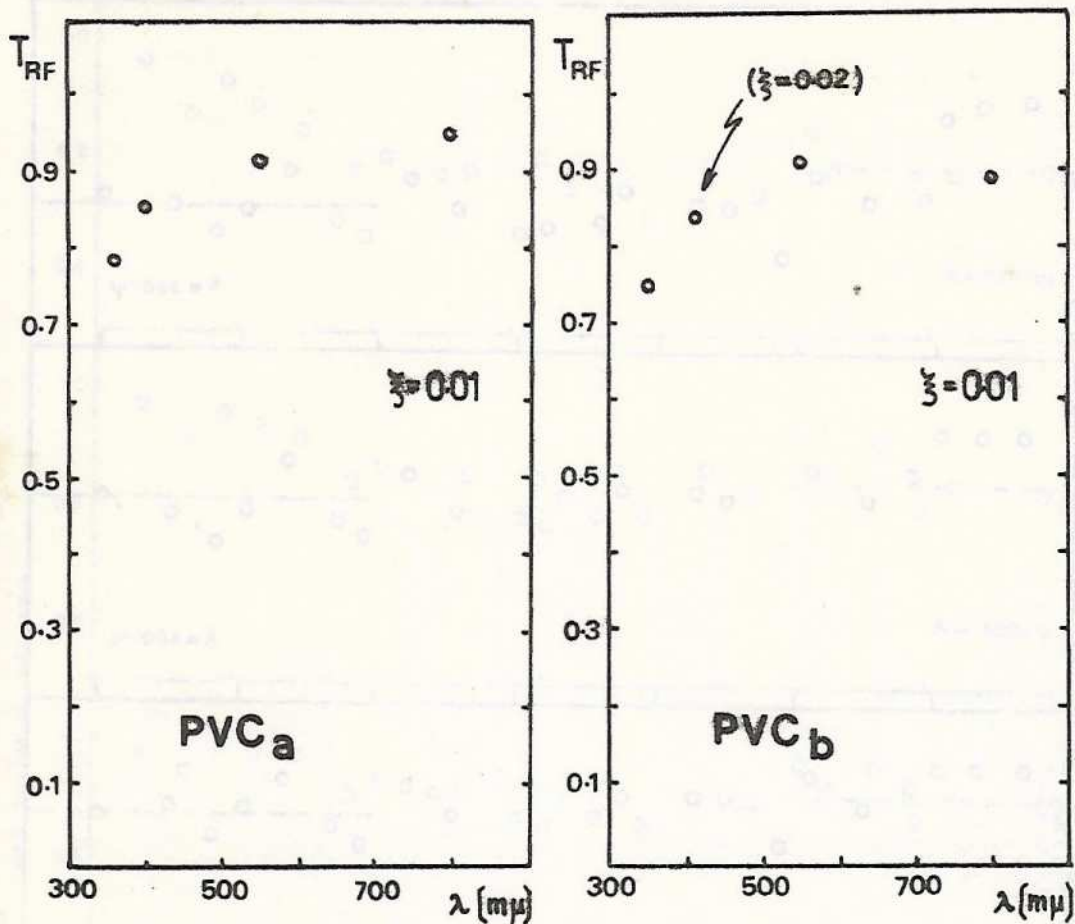


FIGURA 5

Se puede ver que la degradación es más marcada en el PVC<sub>b</sub>, no sólo en el rango de las bajas longitudes de onda sino también en el límite superior del espectro visible.

Observando las curvas obtenidas para la transmitancia de las muestras de referencia (figura 1) y teniendo en cuenta la posterior degradación, resulta conveniente el uso del material identificado como tipo "cristal", con el cual se dejaría de coleccionar, al cabo de seis meses, un 25% de la energía transportada por la radiación solar directa (no se ha evaluado la difusa), mientras que en el caso del "inflable" ese valor sería mucho mayor, fundamentalmente porque se parte de una curva de transmisión muy atenuada. Se considera que sería de utilidad la incorporación de antioxidante al compuesto elegido.

Material	$\lambda$ (m $\mu$ )	$T_{RF}$	$\sigma$	$\xi$
PVC <sub>a</sub>	350	0,792	0,048	0,014
	400	0,858	0,046	0,013
	550	0,917	0,040	0,011
	800	0,947	0,023	0,007
PVC <sub>b</sub>	350	0,749	0,044	0,013
	400	0,836	0,057	0,017
	550	0,911	0,034	0,010
	800	0,894	0,025	0,007

TABLA I

### Agradecimientos

El autor desea agradecer la colaboración recibida de los señores Gustavo Atienza, Roque Lopardo, Mónica García, Aldo Fabris y Julio Durán (CNEA), como así también la de Alfredo Rapallini y la del señor Osvaldo Baldasarri, subgerente de VIPLASTIC SACI; todos ellos permitieron la realización de este trabajo.

### Referencias

1. A. Jaoand, R. Barral, R. Marsili y M. García, "Informe de Progreso del Grupo de la Universidad Nacional de Luján sobre Secaderos Solares para Frutas y Hortalizas". Actas de la 3a. Reunión de la ASADES, pág. 161 (1977).
2. A. Jaoand, R. Barral, R. Marsili y M. García, "Algunos Resultados Obtenidos en Secaderos Solares de Frutas y Hortalizas". Actas del Seminario sobre Aprovechamiento de la Energía Solar y Eólica (1978).
3. A. Jaoand, R. Barral, R. Marsili, M. García, C. Silvestre, R. Fernández y J. Lanzelotti, "Experiencias en Secado de Frutas y Hortalizas con Energía Solar". Actas de la 4a. Reunión de la ASADES, pág. 111 (1978).



4. A. Fabris, M. García, R. Estol, A. Roberti, A. Jaoand, R. Marsili y J. Lanzelotti, "Secadero Semi-Industrial para Frutas y Hortalizas: Informe Preliminar". Presentado en la 5a. Reunión de Trabajo de la ASADES (1979).
5. J.A. Moragues y W. Scheuer, "Estanques Solares Playos para Calentamiento de Agua a Nivel Industrial". Actas de la 2a. Reunión de Trabajo de la ASADES, pág. 21 (1976).
6. W. Scheuer y J.A. Moragues, "Programa y Actividades del Grupo de Energía Solar de la Comisión Nacional de Energía Atómica". Actas del Seminario sobre Aprovechamiento de la Energía Solar y Eólica (1978).
7. K.G. Martin, "Monitoring Ultraviolet Radiation with Polyvinylchloride". Proceedings of the Sun in the Service of Mankind International Congress (1973).
8. M.C. de Kurlat y R.O. Fernández, "Radiación Solar Global en la Argentina". Acta Científica N° 19 (1970).
9. A.T. Rapallini, "Estimación de los Valores Medios Mensuales de Radiación sobre Superficies Inclínadas". Actas de la 4a. Reunión de Trabajo de la ASADES, pág. 1 (1978).