

## **DEGRADACIÓN ACELERADA EN CÁMARA DE RADIACIÓN UV-C, DE POLICARBONATO ALVEOLAR UTILIZADO EN EQUIPOS SOLARES Y EN LA CONSTRUCCIÓN<sup>1</sup>.**

Tilca F. y Cadena C.<sup>2</sup>

Fac. Ciencias Exactas, INENCO, Instituto UNSa-CONICET  
Av. Bolivia 5150, 4400, Salta. Argentina. Fax: ++54-387-4255448, email: cadena@unsa.edu.ar

**RESUMEN:** Con el empleo de una cámara especial de radiación se expone una placa de policarbonato alveolar de seis mm de espesor, del tipo de las empleadas en cubiertas de equipos solares, y en general en la construcción. Se irradian las muestras en el interior de la misma, con altas dosis de radiación UV-C, produciéndose una degradación de sus propiedades ópticas y mecánicas en forma acelerada. Las muestras expuestas se extraen sistemáticamente y paralelamente se le realizan estudios de transmitancia global y espectral. Los cambios observados en los resultados de los ensayos, y también a simple vista referidos a la coloración, indican que se producen deterioros en su estructura cristalina producto de la degradación del polímero o bien en los filtros aditivos que la componen. Los ensayos realizados permiten inferir que, en términos generales la transmitancia disminuye, fundamentalmente en la zona del espectro visible, a medida que aumenta el tiempo de irradiación. La estrategia empleada, en el sentido de degradar con UV-C de 253nm materiales poliméricos, permite relacionar estos daños, con los provocados por la exposición a la intemperie en periodos de tiempo mucho menores

**Palabras clave:** Degradación acelerada, ultravioleta, policarbonato, cámara de ensayos, transmitancia.

### **INTRODUCCIÓN**

El material empleado para la realización de los ensayos es una placa de policarbonato alveolar de la marca Polygal GCLR, y en este caso es de seis mm de espesor. Este tipo de placas es empleada en diversos equipos solares, como ser cocinas solares, destiladores, colectores de agua caliente y también en la construcción en ventanas e invernaderos, por lo que su aptitud para transmitir la radiación solar, resulta de fundamental importancia. Conviene resaltar que las principales características que se aprovechan del policarbonato, son su peso relativamente bajo (frente a su rigidez estructural), transmitancia de la radiación y durabilidad. Estas dos últimas propiedades se estudian en este trabajo, cuando las muestras se envejecen aceleradamente en una cámara.

Las muestras de 12 cm de lado se colocaron, sin ningún tratamiento previo, salvo su corte, en una cámara de radiación cuya acción de envejecimiento y funcionamiento se encuentran detalladas en los trabajos de Tilca, (2002), y Cadena et al (2000) [1], [2]. Se emplea la misma cámara, de aproximadamente un metro de largo, por cincuenta centímetros de ancho y otros cincuenta de altura, en cuya tapa (cara inferior o interna) se ubican las lámparas, espaciadas de forma tal que se consigue un flujo uniforme de radiación sobre el plano de ensayo. En los trabajos citados, los materiales sometidos a la radiación fueron objeto de otro tipo de estudios, donde también se caracteriza el tipo de daño producido. En este caso, no se realizaron ensayos de tracción, ni análisis por Rayos X, ni infrarrojos dadas las propiedades físicas y químicas de las muestras por un lado, pero además por que se puede inferir que probablemente la transmitancia sea la propiedad más importante a través se pueden medir cambios en este tipo de material.

Todas las muestras fueron colocadas inicialmente en la cámara e irradiadas durante uno, dos, tres, cinco, ocho, trece, diecinueve, y veintitrés días. Posteriormente se hicieron para todas, los ensayos de transmitancia espectral y transmitancia en UV-A, en UV-B y Global, con el objeto de poder realizar las comparaciones correspondientes, cuantificando además los resultados. La experiencia obtenida con los trabajos previos, permite inferir que un día en la cámara, puede llegar a tener, desde el punto de vista de la degradación a entre 40 y 80 días a la intemperie, dependiendo de la localización geográfica, condiciones climatológicas, tipo de material ensayado, etc.

### **EQUIPOS Y ENSAYOS**

#### *TRANSMITANCIA:*

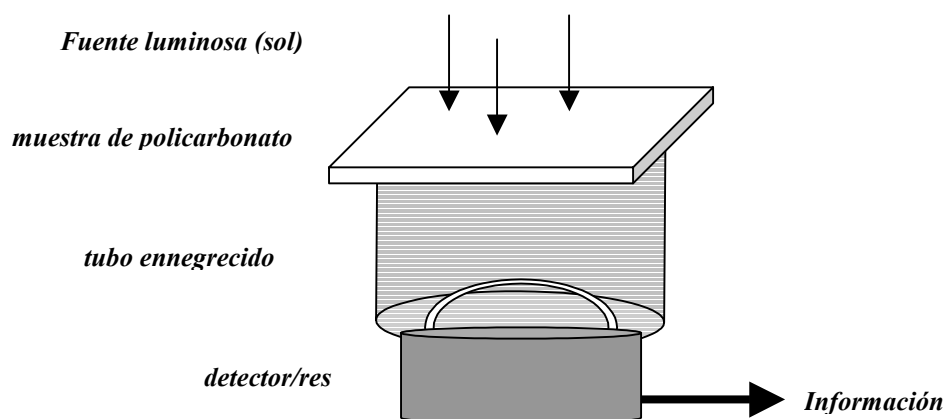
Este parámetro se define usualmente como el cociente entre radiación transmitida y radiación incidente. En nuestro caso, el procedimiento fue realizado de la siguiente manera: la medición se realizó colocando sobre el sensor de radiación un tubo plástico de 10 cm de diámetro por 5 cm de alto y cuyo interior es de color negro, arriba del cual se colocaron las muestras, siendo este valor el de la radiación transmitida, y el valor obtenido sin la muestra pero con el tubo colocado es la radiación incidente. El esquema se muestra en la figura 1. Se eligieron medio días con cielos claros entre las 12,30 y 13,30 horas aproximadamente

<sup>1</sup> Parcialmente financiado CIUNSA

<sup>2</sup> CONICET

Los equipos utilizados fueron:

- Las mediciones de transmitancia global se efectuaron con radiómetro EPPLEY BW 20729, que mide desde 300 a 3000 nm; con un error estimado menor al 5%;
- La transmitancia espectral con espectro radiómetro LICOR LI-1800, portátil, mide desde 300 a 1100 nm en pasos de 2 nm, siendo el error estimado del equipo, menor del 4%.
- La transmitancia a Radiación Ultravioleta-B: con un instrumento EKO MS210W, que mide desde los 290 a 315 nm, con pico de respuesta en los  $305 \pm 2$  nm, y salida de 0 a 1 V (o 0 a 10 mV en otro rango) para valores de entrada de 0 a  $5 \text{ W/m}^2$ . Tiempo de respuesta de 1 s, condiciones de funcionamiento comprendidas entre los  $-10$  y  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ . el error estimado de la medición es menor del 10%
- La transmitancia a Radiación Ultravioleta-A con un instrumento EKO MS140, que mide desde 315 a 400 nm, su salida va de 0 a 1 V (o 0 a 10 mV) para valores de entrada de 0 a  $100 \text{ W/m}^2$ . Su tiempo de respuesta es de 1 s, condiciones de funcionamiento comprendidas entre los  $-10$  y  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ . el error estimado en la medición es del 10%
- Todos estos instrumentos de medición de radiación son del tipo termoelectrico.

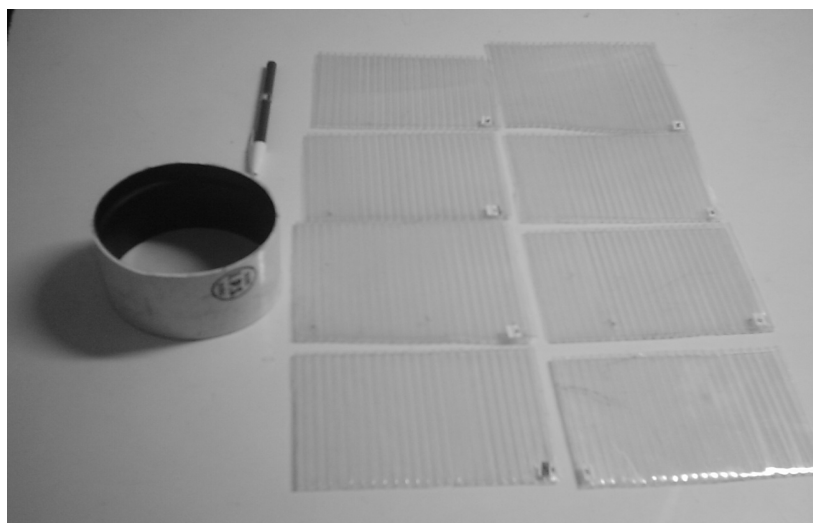


**Figura 1: esquema del procedimiento de medición de transmitancias**

#### *IRRADIACIÓN:*

Las muestras de policarbonato alveolar fueron irradiadas en una cámara de radiación UV – C, que posee un máximo de irradiación en los 253.7 nm. Las muestras reciben alrededor de  $38 \text{ W/m}^2$  de radiación en esta longitud de onda. En trabajos anteriores, dos de los cuales se citaron más arriba, se determinó que la energía de degradación de un día en la cámara equivale a más de cincuenta días a la intemperie en la ciudad de Salta.

En la fotografía de la Figura 2 se puede observar las ocho muestras de policarbonato irradiado y el tubo de plástico utilizado para medir la transmitancia UV global y solar global.



**Figura 2: muestras de policarbonato y el tubo utilizado en la medición de transmitancia.**

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### *Transmitancia global y espectral.*

Se puede observar a simple vista que, a mayor tiempo de irradiación, las muestras comienzan a presentar, tal como sucede en la mayoría de los plásticos, un leve amarillamiento, este hecho se condice con la degradación sufrida, y resulta ser el primero de los signos que pueden observarse y medirse.

Las transmitancias espectrales de las muestras irradiadas se observan en el gráfico de la Figura 3, en la que se graficaron para mayor claridad, solo la muestra virgen, la irradiada durante dos días, y la irradiada por veintitrés días. Se observa en esta gráfica, que el nivel de la transmitancia, en la región comprendida entre los 300 y 390 nm (UV -B y UV - A) es prácticamente cero en la región del UV, en todas las muestras. En el rango del espectro visible que abarca el espectro radiómetro (hasta 1100 nm), la transmitancia disminuye hasta en un valor del 8% aproximadamente, en las muestras irradiadas respecto a la virgen.

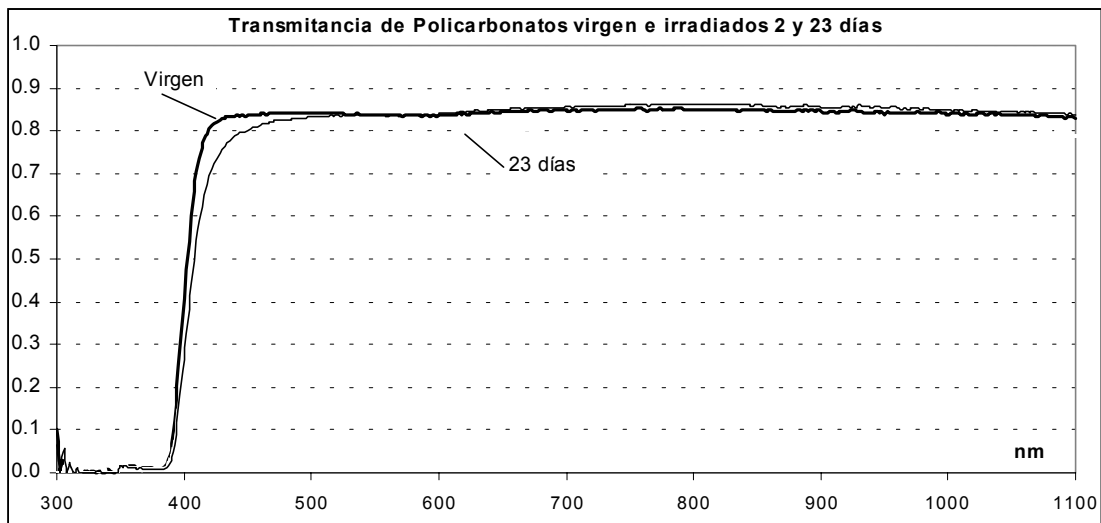


Figura 3: transmitancias de policarbonatos virgen e irradiados desde 2 días y 23 días.

En la figura 4 se observa un modelo experimental para 25C, [3] Rabeck, J. F. En cuadraditos vacíos, se observa nuestro propio modelo experimental, a 40C, propio del diseño de la cámara, y para los diferentes materiales plásticos ensayados previamente. Se observa también, una dependencia del cambio de la transmitancia con la temperatura en el interior de la cámara. El tiempo de exposición está expresado en semanas de cámara y la disminución de la transmitancia depende en general, del tipo de plástico ensayado.

Figura 4: modelo para la variación de la transmitancia

Para el caso que nos ocupa, la temperatura de la cámara fue aproximadamente constante y en el orden de los 42 °C. Por otra parte el rango de transmitancia global evaluado, se encuentra situado entre 300 y 3000 nm y su variación con los días de irradiación en la cámara se muestra en el gráfico de la Figura 5. Puede observarse, su similitud con el modelo, donde también se nota que la transmitancia de las muestras disminuye a medida que aumenta la cantidad de días de exposición, llegando ésta al valor de 0.75 para la muestra expuesta durante 23 días, mientras que la muestra virgen tiene una transmitancia de 0.813.

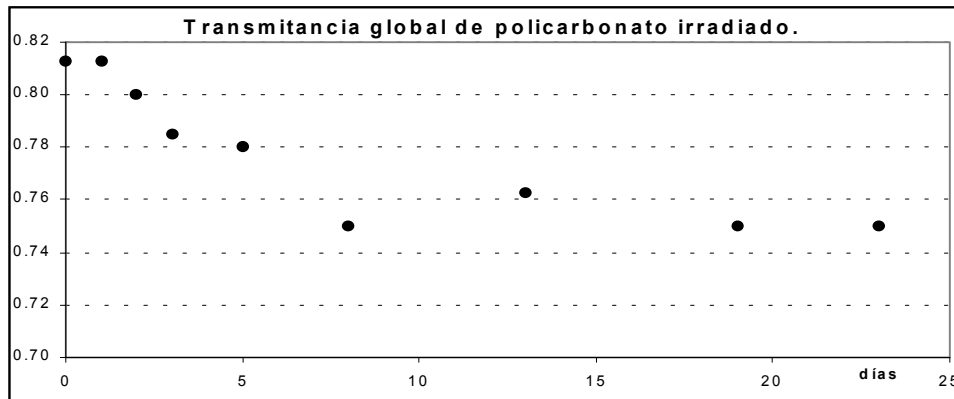


Figura 5: Transmitancia global (300 a 3000 nm).

Las transmitancias de las muestras irradiadas, en la longitud de onda que corresponde a la parte del espectro entre los 315 a 400 nm (UV-A), puede observarse en el gráfico de la Figura 6.

En el caso de radiación UV-A, se observa que la transmitancia nunca llega a alcanzar el valor 0.006, en ninguna de las muestras. Los puntos obtenidos en estas mediciones están dentro del error de los instrumentos. En cuanto a la transmitancia en la radiación UV-B, es cero.

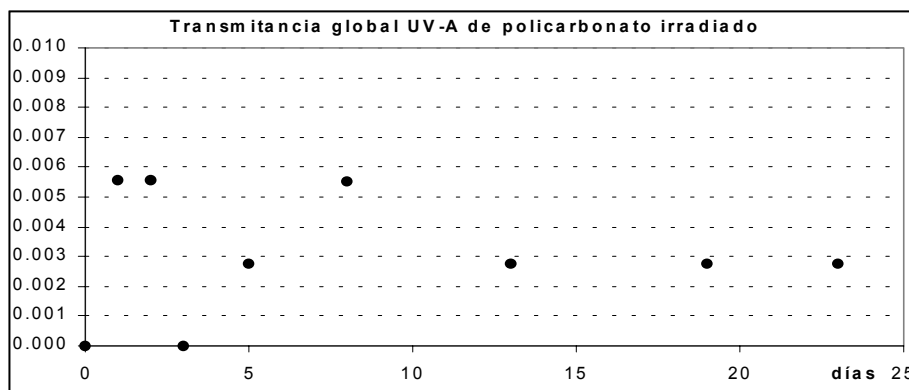


Figura 6: Transmitancia de policarbonato en UV-A.

## CONCLUSIONES

El procedimiento empleado, consistente en acelerar el envejecimiento de materiales, en este caso plásticos degradables, mediante la utilización de una cámara de radiación ultravioleta, permite nuevamente obtener información referida a los tiempos en los cuales, los materiales comienzan su proceso de deterioro. Las muestras irradiadas en la cámara permiten observar a simple vista que, a mayor tiempo de irradiación en la cámara, presentan un leve amarillamiento cada vez más marcado e intenso, lo que por otra parte está indicando el grado de degradación sufrida.

Del análisis de los gráficos, se observa que el valor de la transmitancia, comprendido entre los 290 y 390 nm (UV –B y UV – A) es cero en el rango UV-B y no llega a 0.006 en el UV-A, para todas las muestras, incluida la virgen. Esto permite inferir que más allá de los efectos de la degradación, el policarbonato ensayado sigue siendo (afortunadamente, desde el punto de vista biológico) opaco a la radiación ultravioleta, pero el daño provocado por la cámara, y también por la acción de la intemperie abarca fundamentalmente la zona visible y también tiene influencia en las propiedades mecánicas, cuyo estudio

cae fuera del alcance de este trabajo. Tampoco se analiza en el trabajo el efecto conocido como "solarización" en vidrio, por carecer del instrumental adecuado.

En la región del visible (380 nm hasta el alcance del espectro radiómetro que es 1100 nm), las muestras sometidas a mayor tiempo de irradiación disminuyen su transmitancia hasta un 8% respecto de la virgen, esto explica de alguna forma el amarillamiento del material.

En un trabajo futuro puede plantearse otro tipo de análisis, referidos al grado de cristalinidad o bien a la rigidez estructural del policarbonato debido a que si bien se requerirán mayores tiempos de exposición, los resultados pueden ser de interés, fundamentalmente si pueden realizarse análisis de estructuras cristalinas.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Silvana Flores Larsen y a Ricardo Lozano por la ayuda brindada en las mediciones.

## **BIBLIOGRAFÍA**

[1] Tesis de Magister en Energías Renovables: "Análisis de la degradación de films de polietileno LDT de 150 µm, debido a radiación UV-C en una cámara de ensayos". Fernando Tilca. Junio de 2002. Facultad de Ciencias Exactas, UNSa.

[2] Cadena, C.; Tilca, F.; Vicente, M.S. (2000) "Diseño de una cámara de ensayos de radiación ultravioleta". Revista de la ASADES, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol.3, (pag. 03.57-03.60). ISSN 0329-5184.

[3] Rabeck, J. F.; 1995. Polymer Photodegradation. Chapman and Hall. London

## **ABSTRACT**

The degradation or accelerated aging of alveolar polycarbonate of 6 mm of thickness is produced; that consist on irradiating the samples with a high radiation dose UV-C in a camera of rehearsals, then to carry out studies of spectral and global transmittance. The changes observed in the results of the rehearsals, and also at first sight for yellowing of the material, they indicate that deteriorations take place. The transmittance rehearsals, allow to infer that it diminishes in the visible spectrum, with the time of irradiation.

**Keywords:** Quick degradation, ultraviolet radiation, polycarbonato degradation