
ARTÍCULO ORIGINAL

Automóviles y exposición ultravioleta en México

Juan Pablo Castanedo-Cazares,* Adriana Ehnis-Pérez,* Madelein Zúñiga-Yudiche,* Bertha Torres-Álvarez*

* Departamento de Dermatología, Hospital Central Dr. Ignacio Morones Prieto, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Motor vehicles and ultraviolet exposure in Mexico

ABSTRACT

Introduction. Sun exposure can cause both acute and chronic lesions of the skin due to ultraviolet (UV) radiation. While driving or traveling inside a vehicle, a person is exposed to this radiation, which can induce or exacerbate certain dermatoses. **Objective.** To determine if the window glasses of commercial vehicles in Mexico can block UV transmission or if the addition of tinted films is necessary. **Material and methods.** Sixty models of vehicles manufactured between 1998 and 2011 were randomly selected. UVA and UVB were measured through the windshield and lateral window glasses, and their transmission was calculated compared to ambient UV radiation. Four commercial tinted films were also evaluated for UV transmission. **Results.** The average UVB transmission from the windshield was 0.01% and 0.9% for UVA. For the driver's and front seat's glasses, UVB transmission was 2% and 16% for UVA. Tinted films transmitted less than 4.5% of UVA, and almost 0% of UVB. **Conclusions.** Driving with the vehicle's windows closed eliminates 98% of UVB and 84% of UVA. Therefore, the addition of tinted films provides a marginal benefit in most clinical conditions that manifest photosensitivity.

Key words. Vehicles. Ultraviolet radiation. UVA. UVB. Photosensitivity.

INTRODUCCIÓN

Existe amplia evidencia de los efectos nocivos de la radiación ultravioleta (RUV) en el ser humano.¹ Su exposición aguda puede inducir desde quemaduras solares hasta fenómenos de fotosensibilidad, como los observados con frecuencia en enfermedades autoinmunes (V.gr. lupus eritematoso, dermatomiositis).^{2,3} La exposición solar crónica, además de inducir hiperpigmentación y envejecimiento cutáneo, puede promover el desarrollo de neoplasias cutáneas, lo que es más común en pacientes inmuno-

RESUMEN

Introducción. La exposición solar induce cambios cutáneos agudos y crónicos debido a la radiación ultravioleta (RUV). Al conducir o viajar en un automóvil una persona se expone a esta radiación, lo que puede inducir o exacerbar ciertas dermatosis. **Objetivo.** Determinar si los cristales de los automóviles comerciales en México impiden la transmisión de la RUV o si se requiere de la adición de películas entintadas. **Material y métodos.** Se seleccionaron de forma aleatoria 60 modelos de autos fabricados entre 1998 y 2011. Se midió la RUV-A y B a través del parabrisas y vidrios laterales y se cuantificó su transmisión en comparación con la radiación ambiental. También se evaluaron cuatro películas comerciales con diferentes grados de visibilidad. **Resultados.** La transmisión promedio de RUV-B del parabrisas fue 0.01%, y 0.9% para RUV-A. En los cristales delanteros laterales, la transmisión de RUV-B fue 2% y UVA 16%. Las películas entintadas transmiten menos de 4.5% de la RUV-A y casi 0% RUV-B. **Conclusiones.** Conducir con la ventana cerrada del automóvil elimina al menos 98% de la RUV-B y 84% de la RUV-A. En consecuencia, la adición de películas entintadas muestra un beneficio marginal en la mayoría de las condiciones clínicas que se acompañan de fotosensibilidad.

Palabras clave. Automóviles. Radiación ultravioleta. UVA. UVB. Fotosensibilidad.

suprimidos (V.gr. pacientes con trasplante de órganos).^{2,4}

La RUV se clasifica en B (295-320 nm) y A (321-400 nm).^{5,6,7} Se considera que la exposición UV en el humano ocurre principalmente cuando se realizan actividades bajo el sol. Sin embargo, hasta 50% de la dosis personal de RUV-A se acumula en la sombra.⁸

Una actividad humana que refleja este fenómeno es conducir o viajar en un vehículo automotor. La exposición a esta radiación puede ser a través de las ventanas, quemacocos o áreas descapotables.⁹ Los efectos de la RUV en las zonas expuestas a la

ventanilla abierta del auto son evidentes en personas que pasan gran parte de su día conduciendo, ya que se ha demostrado que en el lado izquierdo de los conductores existe mayor envejecimiento,¹⁰ así como lesiones neoplásicas¹¹ y preneoplásicas.¹²

Un cristal transparente de al menos 3 mm de grosor absorbe la radiación UVB de forma casi total; pero las radiaciones UVA, visibles e infrarrojas, se transmiten dependiendo de si el vidrio es claro, entintado, reflector, laminado o de espectro selectivo.^{4,13} En México, el Reglamento de Tránsito prohíbe la circulación de vehículos con vidrios entintados u oscurecidos que obstruyan la visibilidad del conductor o hacia su interior.^{14,15} La excepción son aquellos cristales instalados de fábrica, o cuando el propietario solicita su instalación debido a algún problema médico.

OBJETIVO

El objetivo de este estudio fue determinar si los cristales de los automóviles comercializados en México suprimen la RUV ambiental o si se requiere la colocación adicional de películas plásticas entintadas para prevenir o atenuar sus efectos nocivos, en particular cuando lo solicitan pacientes con padecimientos que se acompañan de trastornos de la pigmentación, fotosensibilidad, inmunosupresión o antecedentes de neoplasias cutáneas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Medición de RUV ambiental

Se cuantificaron los niveles de RUV ambiental en la ciudad de San Luis Potosí, México (22° 09' norte, 100° 58' oeste, 1 877 m altitud). De enero a diciembre 2011 se realizaron mediciones cinco veces por semana a intervalos de 60 min, entre las 10 y 16 h. El instrumento de medición fue un radiómetro ambiental UV (PMA2100, Solar Light Co. Glenside, PA, EUA). La intensidad se midió en miliwatts por centímetro cuadrado (mW/cm²). La dosis UV se calculó en Joules (J), multiplicando la intensidad de la radiación por el tiempo de exposición en segundos.⁵

Transmisión UV de los cristales

Según datos de la Asociación Mexicana de Distribuidores de Autos, en el país se comercializan 37 marcas automotrices, las cuales cuentan con 308 modelos, y 557 versiones.¹⁶ Para evaluar la protección UV que ofrecen estos vehículos en sus cristales,

se seleccionaron de forma aleatoria 60 modelos con fecha de fabricación entre 1998 a 2011. Se midió la calidad de la transmisión UV en los cristales de las ventanillas para los segmentos A y B mediante un espectrómetro marca Ocean Optics, modelo S2000 (Dunedin FL, EUA), así como su intensidad, utilizando un radiómetro UV modelo PMA2200 (Solar Light, Glenside PA, EUA). Las mediciones valoraron la transmisión UV del parabrisas y los vidrios laterales (conductor y acompañante), usando la RUV ambiental como referencia. La transmisión UV (T) se cuantificó como la fracción del total de RUV ambiental incidente utilizando la expresión:¹⁷

$$T = I_c/I_a$$

Donde:

I_c = irradiancia detrás del cristal.

I_a = RUV ambiental incidente.

Estos parámetros se obtuvieron entre las 11 y 15 h del día, periodo en el que se recibe 70% de la RUV ambiental en México.⁶

Transmisión UV en películas para cristales

A fin de cuantificar la protección UV, en el caso de la colocación de películas plásticas adheridas a las ventanillas, se evaluaron cuatro modelos comerciales de películas automotrices (3M, St Paul, MN, EUA), con diversos grados de visibilidad: 90% transparente, 75% entintado leve, 50% entintado medio y 35% entintado oscuro.

Análisis estadístico

El tamaño de la muestra se calculó con un intervalo de confianza de 95%, dos colas, alfa de 0.05 y beta 0.8, considerando que 5% de los 307 modelos de autos podría tener una protección UV insuficiente (V.gr. < 90%). Se realizó un análisis descriptivo utilizando medidas de tendencia central. La comparación de los datos se realizó mediante prueba t, análisis de varianza, correlación y tablas de contingencia, todo a un nivel de confianza de 95% y significancia de 5%, utilizando el programa JMP versión 8.0 (Cary, NC, EUA.).

RESULTADOS

El 75% de la RUV se registró entre las 11:00 y 15:00 h. Los valores obtenidos durante el cenit solar

mostraron diferencias mensuales significativas en la intensidad ambiental de RUV-B (ANOVA, $p < 0.001$). Los niveles de RUV-B ajustada al espectro eritematógeno fueron similares a los informados previamente.^{6,7} Sin embargo, la intensidad de la RUV-A fue relativamente uniforme entre las 12 y 14 h del día para el lapso de febrero a noviembre, ya que en diciembre y enero se advirtió atenuación. Los niveles anuales registrados más bajos se obtuvieron en enero, punto en el que la irradiancia se redujo aproximadamente 20% con respecto al valor anual más alto registrado en junio. Los promedios mensuales de la intensidad de la RUV-A anual por intervalo horario se muestran en el cuadro 1 y en la figura 1. La diferencia estadísticamente significativa en las mediciones anuales estuvo condicionada por los valores obtenidos en diciembre y enero (ANOVA, $p < 0.001$).

El análisis cualitativo de la transmisión UV mostró que el segmento de 290 a 320 nm (UVA) fue eli-

minado tanto por las películas evaluadas como por ambos tipos de cristales (parabrisas y lateral). Sin embargo, el segmento de 320 a 400 nm (UVA) no fue cubierto totalmente por los cristales laterales, particularmente por arriba de los 340 nm de longitud. Las películas y el parabrisas mostraron una absorción más uniforme a través de este espectro, aunque se distinguieron diferencias mínimas a partir de longitudes mayores a 370 nm. La película de menor visibilidad (35%) absorbió la totalidad de la radiación UV. Estos datos se ilustran en la figura 2.

Observamos que la RUV que incide sobre la superficie corporal del conductor o tripulante adyacente a las ventanillas abiertas es similar a la ambiental cuando la radiación solar penetra de forma directa. La fracción UV promedio que incide sobre la cabina central del auto (V. gr. entre los dos asientos delanteros), en relación con la ambiental (V.gr. fuera del auto), representó 2.6% (IC95 0.9-3.7)

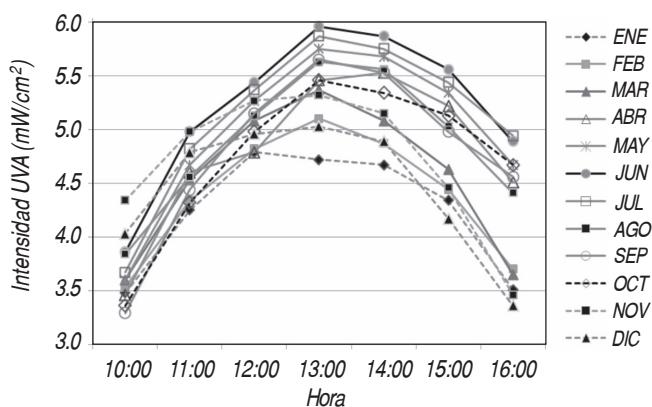


Figura 1. La gráfica muestra las diferencias ambientales mensuales en la irradiancia UVA (mW/cm^2) por intervalos horarios. La intensidad más alta se registró en junio, y la más baja en enero. El horario de mayor irradiación es próximo a las 13 hr. Los valores consideran el cambio de horario de verano de abril a octubre (+1 hora). San Luis Potosí, México, enero a diciembre de 2011.

Cuadro 1. Valores promedio mensuales en la intensidad ambiental de la radiación UVA (mW/cm^2) por intervalos horarios. San Luis Potosí, México. Enero a diciembre 2011.

Hora	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
10:00	3.48	3.53	3.60	3.46	3.60	3.86	3.67	3.84	3.29	3.36	4.34	4.03
11:00	4.25	4.34	4.53	4.60	4.67	4.98	4.82	4.56	4.44	4.32	4.98	4.79
12:00	4.79	4.82	5.08	4.79	5.27	5.44	5.37	5.13	5.15	4.98	5.27	4.96
13:00	4.72	5.10	5.37	5.46	5.75	5.96	5.87	5.63	5.65	5.46	5.32	5.03
14:00	4.67	4.87	5.08	5.53	5.68	5.87	5.75	5.56	5.53	5.34	5.15	4.89
15:00	4.34	4.44	4.63	5.22	5.34	5.56	5.44	5.03	4.98	5.13	4.46	4.17
16:00	3.51	3.70	3.65	4.51	4.67	4.89	4.94	4.41	4.56	4.67	3.46	3.36

Los valores consideran el cambio de horario de verano de abril a octubre (+1 hora).

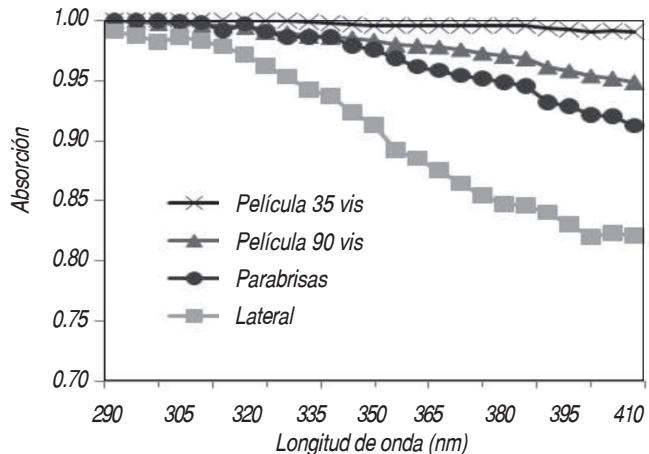


Figura 2. Absorción UV promedio en los vehículos y películas evaluadas. El espectro UVB (290-340 nm) muestra una adecuada cobertura en los cristales. La absorción UVA es más amplia en las películas con visibilidad de 35% y 90%, seguidas del parabrisas y vidrio de ventana lateral.

Cuadro 2. Promedio de la fracción UV transmitida y tiempo mínimo necesario para la inducción de una reacción fotoalérgica en 60 vehículos modelos 1998 a 2011, y cuatro versiones de películas plásticas automotrices entintadas.

	UVB (290-340 nm)	UVA (340-400 nm)	Tiempo para 5 J/cm ² UVA**
• Cristales			
Delantero	0.01	0.9	28 h 25 min
Lateral	2	16	1 h 35 min
• Películas*			
90	0.1	4.5	5 h 41 min
75	0	1.5	17 h 3 min
50	0	1	25 h 34 min
35	0	0.5	51 h 9 min

*Porcentaje de visibilidad. **El valor se calculó considerando el promedio anual durante el cenit solar (V.gr. 5.44 mW/cm²).

para la RUV-B, y de 23% (IC95 22.7-25.2) para la RUV-A. Las mediciones realizadas con las ventanas cerradas mostraron que la transmisión UVB a través del parabrisas fue de 0.01% (IC95 0.0-0.02), mientras que la UVA tuvo un promedio de 0.9% (IC95 0.89-0.91). Para el cristal de la ventana del conductor y su acompañante delantero, la transmisión UVB fue de 2% (IC95 1.7-2.2), y la UVA de 16% (IC95 14.2-17.7). Esto representa una protección UVB próxima a 100% para ambos tipos de cristales. La protección UVA fue más efectiva en el parabrisas que en los vidrios laterales (0.9 vs. 16%, $p \leq 0.001$). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la protección conferida por los cristales y las diferentes marcas, modelos, año de fabricación o costo del automóvil.

En cuanto a la protección conferida por las películas plásticas, se encontró que las clasificadas como transparentes (90% de visibilidad) transmiten 4.5% de la radiación UVA. Este porcentaje disminuye a 1.5, 1 y 0.5 con las visibilidades de 75, 50 y 35%, respectivamente. La protección UVB fue próxima a 100%. Estos datos se resumen en el cuadro 2.

DISCUSIÓN

En México, el tiempo de exposición solar en un vehículo automotor suele ser prolongado, particularmente en ciudades densamente pobladas donde la vialidad y el traslado eficiente se dificultan. Este hábito expone a la población a los niveles elevados de radiación solar existentes en el ambiente.^{6,7} En consecuencia, dermatosis provocadas por la exposición

solar son frecuentes en el ámbito clínico de algunas especialidades médicas como Reumatología, Nefrología, Oncología y Dermatología. La RUV-B induce de forma característica quemaduras solares; sin embargo, la RUV-A de forma aislada o combinada con UVB participa en los procesos de fotoenvejecimiento, carcinogénesis e inmunosupresión.^{1-3,5,7} La RUV-A es el principal componente de los fenómenos fotoalérgicos o de fotosensibilidad.^{18,19}

Se reconoce que la dosis mínima necesaria para inducir una reacción en pacientes con fotodermatosis alérgicas es de 5 J/cm².^{13,20} Conforme a las mediciones, la dosis de RUV-A promedio en el horario de mayor radiación solar (V.gr 11:00 a 15:00 h) es de aproximadamente 0.3 J/cm² por minuto. Si se conduce con los cristales abatidos, 5 J/cm² se acumulan en la piel expuesta a través de las ventanas laterales en 15-17 min, pero si se conduce con la ventana cerrada esta dosis se alcanzará después de 1 h-35 min. Por otra parte, para que la radiación solar a través del parabrisas induzca esta reacción, sería necesaria una exposición aproximada de 28 h-25 min. La diferencia encontrada entre la transmisión del parabrisas y las ventanas laterales se explica por la fabricación laminada del parabrisas que se establece por normas internacionales para evitar la fragmentación del mismo en caso de un accidente; estos hallazgos coinciden con lo informado en otras partes del mundo.^{13,20,21}

La protección contra RUV toma importancia en el caso de enfermedades con fotosensibilidad, como el caso de pacientes con lupus eritematoso. Se reconoce que 60 a 100 J/cm²/día durante tres días consecutivos son suficientes para inducir lesiones clínicas o subclínicas, incluso desde las primeras 24 h.^{3,22} En México, estas dosis pueden alcanzarse en 3 h si se conduce con la ventana del auto abierta, pero en 191 h con el cristal cubriendo la ventana, por lo que esta intervención prácticamente evitaría su aparición. Esta información también es relevante para los pacientes bajo tratamiento inmunosupresor, como aquéllos sometidos a trasplante renal en quienes se observa un riesgo mayor de desarrollar neoplasias cutáneas;⁴ aunque no existe una dosis de referencia para su inducción, se estima que la exposición solar diaria durante más de una hora favorece su desarrollo.²³ Por lo tanto, este riesgo se reduce notablemente al conducir con las ventanas cerradas.

Estudios realizados hace más de una década informaron que la adición de una película plástica entintada reducía la transmisión UVA,²⁴ esto justificó su utilización entre pacientes con fotosensibilidad o enfermedades exacerbadas por la RUV. Sin embargo,

nuestros resultados muestran que aunque estas películas disminuyen considerablemente la transmisión UV, no son necesarias debido al alto grado de protección que ya ofrecen los parabrisas y vidrios instalados de fábrica. Sin embargo, la fracción de exposición UVA con la ventana cerrada al interior del vehículo de 16%, se reduce a 1% si se coloca una película plástica con visibilidad de 90%; por lo tanto, una película oscura no implica mayor protección para aquellos pacientes con fotodermatosis severas o agravadas por UVA.

CONCLUSIONES

Transportarse en un vehículo automotor en México con las ventanillas abiertas favorece la acumulación de dosis elevadas de radiación UV provenientes del ambiente, independientemente del costo, marca o modelo del auto. Permanecer con la ventana cerrada del vehículo elimina aproximadamente 98.9% de la radiación UVB y 84% de la radiación UVA. La adición de una película entintada en relación con una transparente no proporciona un beneficio significativo en la mayoría de las condiciones clínicas que se acompañan de fotosensibilidad.

REFERENCIAS

- Matsumura Y, Ananthaswamy HN. Toxic effects of ultraviolet radiation on the skin. *Toxicol Appl Pharmacol* 2004; 195: 298-308.
- Wolf R, Oumeish OY. Photodermatoses. *Clin Dermatol* 1998; 16: 41-55.
- Kuhn A, Ruland V, Bonsmann G. Photosensitivity, phototesting, and photoprotection in cutaneous lupus erythematosus. *Lupus* 2010; 19: 1036-46.
- Euvrard S, Kanitakis J, Claudy A. Skin cancers after organ transplantation. *N Engl J Med* 2003; 348: 1681-91.
- Diffey BL. What is light? *Photodermatol Photoimmunol Photomed* 2002; 18: 68-74.
- Castanedo-Cázares JP, Lepe V, Gordillo-Moscoso A, Moncada B. Dosis de radiación ultravioleta en escolares mexicanos. *Sal Pub Mex* 2003; 45: 439-44.
- Castanedo-Cázares JP, Torres-Álvarez B, Sobrevilla-Ondarza S, Ehnis-Pérez A, Gordillo-Moscoso A. Estimación del tiempo de exposición solar para quemadura en población mexicana. *Gac Med Mex* 2012; 148: 243-7.
- Schaefer H, Moyal D, Fourtanier A. Recent advances in sunprotection. *Semin Cutan Med Surg* 1998; 17: 266-75.
- Bernstein EF, Schwartz M, Viehmeyer R, Arcocena MS, Sambuco CP, Ksenzenko SM. Measurement of protection afforded by ultraviolet-absorbing window film using an in vitro model of photodamage. *Lasers Surg Med* 2006; 38: 337-42.
- Singer RS, Hamilton TA, Voorhees JJ, Griffiths CEM. Association of asymmetrical facial photodamage with automobile driving. *Arch Dermatol* 1994; 130: 121-3.
- Butler ST, Fosko SW. Increased prevalence of left-sided skin cancers. *J Am Acad Dermatol* 2010; 63: 1006-10.
- Foley P, Lanzer D, Marks R. Are solar keratoses more common on the driver's side? *Br Med J* 1986; 293: 18.
- Tuchinda C, Srivannaboon S, Lim HW. Photoprotection by window glass, automobile glass, and sunglasses. *J Am Acad Dermatol* 2006; 54: 845-54.
- Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Gobierno Federal. México, 2004.
- Reglamento de Tránsito Metropolitano. Gobierno del Distrito Federal. México, D.F. 2011.
- Disponible en: <http://www.amda.mx/Cifras-2012/reportes-estadistico-a-marzo-de-2012.html>
- Estupiñan JG, Raman S. Effects of clouds and haze on UVB radiation. *J Geophys Res* 1996; 101: 16807-16.
- Hasei K, Ichihashi M. Solar urticarial: determinations of action and inhibition spectra. *Arch Dermatol* 1982; 118: 346-50.
- Ortel B, Tanew A, Wolff K, Höningmann H. Polymorphous light eruption: action spectrum and photoprotection. *J Am Acad Dermatol* 1986; 14: 748-53.
- Hampton PJ, Farr PM, Diffey BL, Lloyd JJ. Implication for photosensitive patients of ultraviolet A exposure in vehicles. *Br J Dermatol* 2004; 151: 873-6.
- Kimlin MG, Parisi AV, Carter BD, Turnbull D. Comparison of the solar spectral ultraviolet irradiance in motor vehicles with windows in an open and closed position. *Int J Biometeorol* 2002; 46: 150-6.
- Lehmann P, Hözlle E, Kind P, Goerz G, Plewig G. Experimental reproduction of skin lesions in lupus erythematosus by UVA and UVB radiation. *J Am Acad Dermatol* 1990; 22: 181-7.
- Urwin HR, Jones PW, Harden PN, Ramsay HM, Hawley CM, et al. Predicting risk of non melanoma skin cancer and premalignant skin lesions in renal transplant recipients. *Transplantation* 2009; 87: 1667-71.
- Kimlin MG, Parisi AV. Ultraviolet radiation penetrating vehicle glass: a field based comparative study. *Phys Med Biol* 1999; 44: 917-26.

Reimpresos:

Dra. Bertha Torres-Álvarez

Departamento de Dermatología
Hospital Central Dr. Ignacio Morones Prieto
Venustiano Carranza, Núm. 2395
78210, San Luis Potosí, S.L.P.
Tel.: (444) 834-2795
Correo electrónico: torresmab@yahoo.com.mx

Recibido el 7 de junio 2012.

Aceptado el 24 de septiembre 2012.