



# ACTAS Derma-Sifiliográficas

Full English text available at  
[www.elsevier.es/ad](http://www.elsevier.es/ad)



## ORIGINAL

### Melanoma, altitud y radiación UVB

P. Aceituno-Madera<sup>a,\*</sup>, A. Buendía-Eisman<sup>b</sup>, F.J. Olmo<sup>c</sup>, J.J. Jiménez-Moleón<sup>d</sup>  
y S. Serrano-Ortega<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Servicio de Dermatología, Hospital Clínico Universitario San Cecilio, Granada, España

<sup>b</sup> Departamento de Dermatología, Facultad de Medicina, Universidad de Granada, España

<sup>c</sup> Departamento de Física Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Granada, España

<sup>d</sup> Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, Facultad de Medicina, Universidad de Granada, Granada, España

Recibido el 5 de abril de 2010; aceptado el 23 de agosto de 2010

Accesible en línea el 22 de febrero de 2011

#### PALABRAS CLAVE

Incidencia melanoma;  
Altitud;  
Radiación UVB

#### Resumen

**Introducción:** La radiación ultravioleta (UV) es el principal factor de riesgo ambiental modificable en el desarrollo del melanoma cutáneo. Muchas de las poblaciones de nuestra provincia están situadas a gran altitud, recibiendo elevadas dosis de radiación UVB. Nuestro objetivo es analizar una posible asociación entre melanoma y altitud y medir la dosis eritemática diaria a diferentes altitudes.

**Material y métodos:** Realizamos un estudio ecológico, en el que se trató de relacionar la prevalencia de melanoma, la altitud y la dosis eritemática diaria. El periodo de estudio comprendió los últimos 25 años (1982-2007). Calculamos la prevalencia de melanoma con aquellos pacientes diagnosticados clínicamente e histológicamente de melanoma, procedentes del Hospital Clínico Universitario "San Cecilio". Los individuos del estudio debían tener su lugar de residencia en la provincia de Granada. Calculamos la prevalencia de melanoma a intervalos de 100 m de altitud y estimamos la dosis eritemática diaria a partir de las medidas de radiación UVB realizadas con piranómetros situados a 0, 680, 1.200, 2.100 y 3.398 m de altitud durante la campaña VELETA-2002.

**Resultados:** La prevalencia de melanoma más alta está situada en el intervalo comprendido entre los 1.400-1.499 m a.s.l. (intervalo con núcleos de población situados a mayor altitud) con 2,36 por 1.000 habitantes IC al 95% (0,64-6,03) por 1.000 habitantes. A partir de los 700 m de altura la dosis eritemática diaria aumenta de forma exponencial a medida que ascendemos en altitud.

**Conclusiones:** Este estudio encuentra una tendencia al aumento en la prevalencia de melanoma al ascender en altitud, siendo más intenso a partir de los 700 m a.s.l.

© 2010 Elsevier España, S.L. y AEDV. Todos los derechos reservados.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [pedroaceituno40@hotmail.com](mailto:pedroaceituno40@hotmail.com) (P. Aceituno-Madera).

**KEYWORDS**

Melanoma incidence;  
Altitude;  
UVB radiation

**Melanoma, altitude, and UV-B radiation****Abstract**

*Background and objectives:* UV radiation is the main modifiable risk factor for the development of cutaneous melanoma. Many people in the Spanish province of Granada live at high altitudes and, therefore, receive high doses of UV-B radiation. The aims of this study were to assess the possible association between melanoma and altitude and to measure the daily erythemal dose at different altitudes.

*Material and methods:* An epidemiological study was carried out between 1982 and 2007 to assess the relationship between altitude, daily erythemal dose, and the prevalence of melanoma. We calculated the prevalence of melanoma in patients with a clinical and histological diagnosis of melanoma at Hospital Clínico Universitario San Cecilio in Granada, Spain. All individuals were required to be residents of the province of Granada in order to be included in the study. The prevalence of melanoma was calculated for altitude intervals of 100 m. Daily erythemal dose was estimated using measures of UV-B radiation obtained with pyranometers at altitudes of 0, 680, 1200, and 3398 m above sea level during the Evaluation of the Effects of Elevation and Aerosols on UV Radiation (VELETA) 2002 field campaign.

*Results:* The highest prevalence of melanoma was found between 1400 and 1499 m above sea level (the interval at which the highest settlements are found), with a rate of 2.36 cases per 1000 inhabitants (95% confidence interval, 0.64–6.03). Above 700 m, the daily erythemal dose increased exponentially with increasing altitude.

*Conclusions:* We observed a tendency toward increased prevalence of melanoma at higher altitude, with higher prevalences observed beyond 700 m above sea level.

© 2010 Elsevier España, S.L. and AEDV. All rights reserved.

**Introducción**

La incidencia del melanoma cutáneo presenta un continuo incremento desde una perspectiva mundial, especialmente en la raza caucásica y en los países industrializados<sup>1,2</sup>. En España la tasa de incidencia de melanoma también ha aumentado en las últimas décadas<sup>3</sup>. Se sabe que en el desarrollo del melanoma el principal factor de riesgo ambiental modificable es la exposición a la radiación ultravioleta (UV)<sup>4,5</sup>.

Suiza y el Tírol austriaco presentan una mayor incidencia de melanoma con respecto a otros países de Europa central que están situados a una latitud similar<sup>6</sup>. Estas diferencias son mayores aun si observamos de forma independiente la incidencia del melanoma localizado en la cabeza, el más relacionado con la radiación UV acumulada<sup>7</sup>. Este exceso en la incidencia de melanoma en Austria y Suiza puede explicarse por la relación altitud-dosis eritemática. A medida que ascendemos en altitud se va a producir un aumento de la dosis eritemática recibida. Los artículos que abordan la posible relación del melanoma con la altitud son pocos y sus resultados contradictorios<sup>8,9</sup>.

La provincia de Granada está situada al Sureste de España y recibe más de 3.000 horas de luz solar anuales. Presenta 71 kilómetros de costa, que limitan con el Mar Mediterráneo. La presencia del macizo de Sierra Nevada hace que más del 50% de la superficie terrestre de nuestra provincia se encuentre por encima de los 1.000 metros (m) de altitud sobre el nivel del mar (a.s.l.)<sup>10</sup>. Por tanto, son muchas las poblaciones que están situadas a gran altura. La altitud de los núcleos de población en la provincia de Granada oscila entre los 5 m y 1.476 m a.s.l. Desde un punto de vista teórico, a mayor altitud deberíamos encontrar mayores dosis de radiación UV, debido fundamentalmente al menor recorrido de la radiación UV en la atmósfera y, como consecuencia,

la menor extinción (absorción y dispersión) debida a los componentes atmosféricos. Por tanto, debería existir una mayor prevalencia de melanoma a medida que ascendemos en altura.

Nuestros objetivos son estudiar la relación entre la prevalencia de melanoma, la altitud y la dosis eritemática diaria, estudiando la prevalencia de melanoma en función de la altitud del lugar de residencia de cada paciente.

**Material y métodos**

Se diseñó un estudio ecológico, con todos los residentes de la provincia de Granada que fueron clínica e histológicamente diagnosticados de melanoma en el Hospital Clínico Universitario "San Cecilio" en los últimos 25 años (1982-2007). Los casos fueron divididos en grupos en función de su lugar de residencia a intervalos de 100 m de altitud desde el nivel del mar hasta Trévez, el núcleo de población situado a mayor altitud. Se calculó posteriormente la prevalencia de melanoma para el periodo 1982-2007 en cada uno de los grupos en conjunto y por altitud, considerando solo los casos de melanoma diagnosticados y en tratamiento durante ese periodo en la población existente a mitad de periodo<sup>11</sup>. La altitud y el número de habitantes de cada población se obtuvo respectivamente del Instituto Andaluz de Estadística<sup>12</sup> y el Instituto Nacional de Estadística<sup>13</sup>.

La dosis eritemática se estimó a partir de las medidas continuas de irradiancia UVB realizadas con piranómetros de banda ancha (Robertson-Berger modelo YES UVB-1) durante la campaña VELETA-2002<sup>14-16</sup> (tabla 1). Los voltajes medidos por los instrumentos fueron convertidos a irradiancia eritemática aplicando un factor de calibración adecuado. Este factor de calibración se determinó para cada piranómetro por la comparación con el estándar utilizado en la campaña durante los días dedicados a la intercomparación<sup>14-16</sup>. El

**Tabla 1** Localización de los piranómetros en las estaciones de medida. Latitud, longitud y altitud sobre el nivel del mar

Lugar de medida	Latitud, longitud	Altitud (m a.s.l)
Motril	36° 45' N, 3° 31' W	10
Armillá	37° 09' N, 3° 37' W	680
Pitres	36° 56' N, 3° 19' W	1.252
Las Sabinas	37° 05' N, 3° 23' W	2.173
Pico Veleta	37° 03' N, 3° 21' W	3.398

método de calibración que se utilizó es el recomendado por la Organización Meteorológica Mundial (WMO). Los datos de irradiancia UVB utilizados en este trabajo corresponden a condiciones de cielo sin nubes.

Teniendo en cuenta los resultados de la campaña VELETA-2002<sup>14-16</sup> para analizar la variación diaria de la irradiancia UVB en las distintas estaciones de medida, así como para el cálculo de la dosis eritemática diaria y su variación con la altura, se eligió un día tipo de la campaña, el 18 de julio de 2002. El análisis meteorológico de ese día mostró una situación sinóptica gobernada por una baja térmica situada sobre la Península Ibérica. Los vientos fueron débiles, principalmente ageostróficos y dirigidos por la geografía. El sistema LIDAR (*Light Detection And Ranging*) utilizado durante la campaña detectó la llegada de una masa de aire rica en polvo mineral entre los 3 y 4 km de altitud, la cual se mezcló con la capa límite atmosférica durante la noche. El análisis de retrotrayectorias mostró una masa de aire continental asociada a un evento de polvo sahariano. Esta situación atmosférica durante el 18 de julio provocó que se registrara al mediodía el mayor efecto con la altitud entre la estación más baja y más alta durante la campaña, con un aumento del valor del UVI cercano a 3 entre estas dos estaciones. También se analizaron durante la campaña los efectos de las superficies en pendiente sobre las medidas de la irradiancia UVB. Los resultados mostraron que la medida realizada sobre la superficie horizontal no se vio perturbada sustancialmente.

La proximidad horizontal entre las estaciones de medida nos permite asegurar que los cambios principales en las medidas de irradiancia UVB se debieron fundamentalmente a las diferencias de altitud.

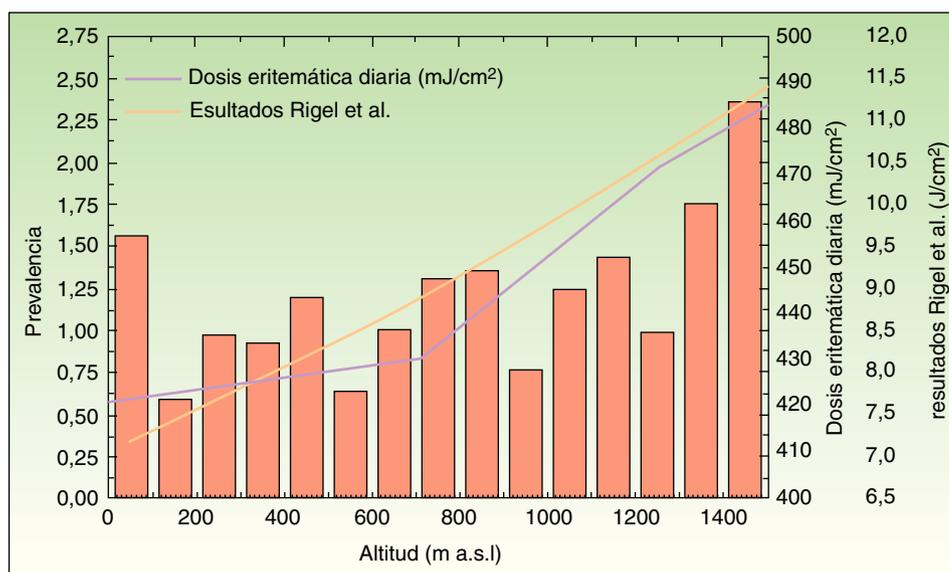
Se consideraron las siguientes variables:

1. Dosis eritemática diaria en función de la altitud ( $\text{mJ}/\text{cm}^2$ ).
2. Altitud del núcleo de población (metros).
3. Prevalencia de melanoma durante el periodo 1982-2007 en la población que reside a diferentes altitudes (intervalos de 100 metros).

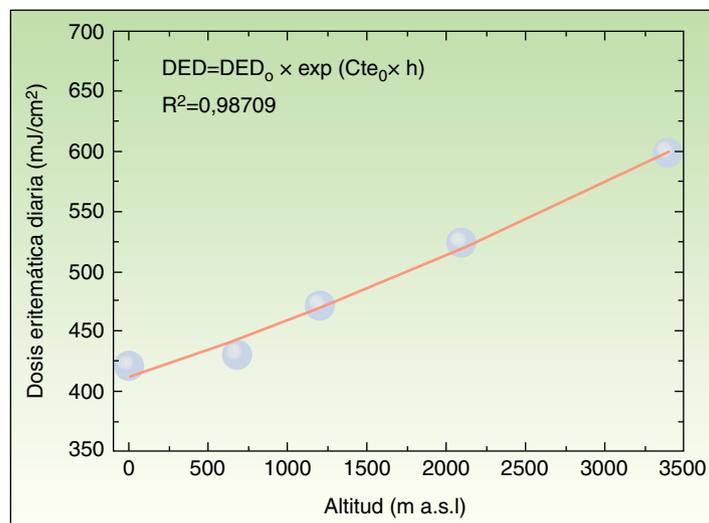
Teniendo en cuenta la ley fundamental de la extinción de la radiación solar en la atmósfera (ley de Beer-Bouguer-Lambert)<sup>17</sup>, que describe el decaimiento exponencial de la radiación teniendo en cuenta el camino recorrido por la misma y los procesos de dispersión y absorción debidos a los distintos componentes atmosféricos, en este trabajo se ha utilizado una función con decaimiento exponencial de primer orden para correlacionar las variables medidas con la altura. Primero se analizó la relación entre la altitud (variable independiente) y la dosis eritemática diaria (variable dependiente), después se analizó la relación entre la altitud (variable independiente) y la prevalencia de melanoma (variable dependiente). Se utilizó el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) para evaluar las correlaciones y obtener una evaluación de la varianza de los datos experimentales explicada por el modelo. En el proceso de iteración, para ajustar el modelo exponencial se dejó libertad en todos los parámetros por defecto.

## Resultados

Se observa una fuerte correlación entre la altitud y la dosis eritemática diaria. A medida que ascendemos en altitud aumenta la dosis eritemática diaria, haciéndolo de forma exponencial a partir de los 700 m a.s.l (figs. 1 y 2).



**Figura 1** Prevalencia de melanoma durante el periodo (1982-2007) a intervalos de 100 m y dosis eritemática diaria en función de la altitud en la provincia de Granada. También se muestran las medidas de dosis eritemática diaria calculada por Rigel (1999) en función de la altitud para Vail, Avon (Colorado) y Nueva York en EE. UU.



**Figura 2** Regresión exponencial para la altitud y la dosis eritemática diaria en la provincia de Granada (18 de julio de 2002).

Se observa una tendencia al aumento en la prevalencia de melanoma a medida que ascendemos en altitud, siendo más intenso a partir de los 700 m a.s.l. No obstante, encontramos una elevada prevalencia en las poblaciones cercanas a la costa (primeros 100 m a.s.l.). La prevalencia de melanoma más alta está situada en el intervalo comprendido entre los 1.400-1.499 m a.s.l (intervalo con núcleos de población situados a mayor altitud) con 2,36 por 1.000 habitantes, IC al 95% (0,64-6,03) por 1.000 habitantes (tabla 2) (fig. 1). La correlación observada entre la altitud y la prevalencia de melanoma es de tipo exponencial (fig. 3).

## Discusión

En este trabajo, a medida que ascendemos en altura, se observa una tendencia al aumento en la prevalencia

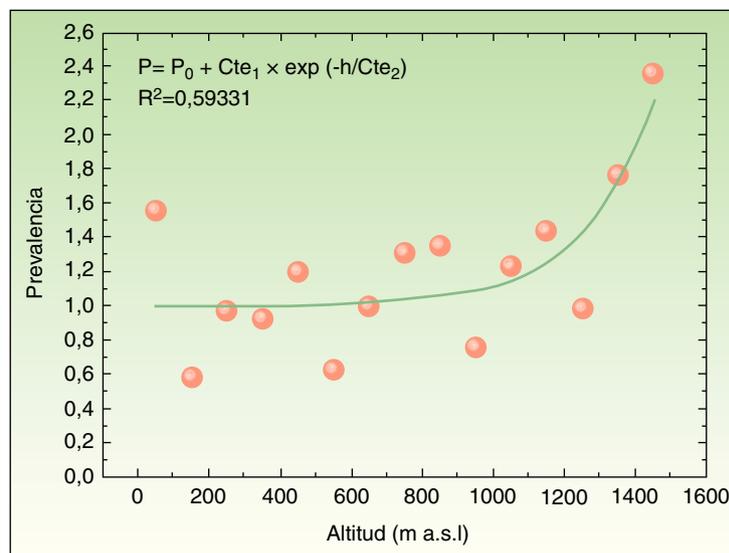
de melanoma, siendo más intenso a partir de los 700 m a.s.l. De forma paralela se observa un aumento de la dosis eritemática diaria con la altitud, siendo este incremento exponencial a partir de los 700 m a.s.l. La prevalencia de melanoma más alta se encuentra en el intervalo 1.400-1.499 m a.s.l (por encima de esta altitud no existen más núcleos de población). No obstante, en los primeros 100 m a.s.l (donde están situadas las poblaciones de costa) también se encuentra una elevada prevalencia (tabla 2) (fig. 1).

La tendencia al aumento en la prevalencia de melanoma con la altitud puede deberse a unos mayores valores de dosis eritemática diaria a medida que ascendemos en altura. El aumento de tipo exponencial de la dosis eritemática diaria a partir de los 700 m a.s.l puede deberse a la ubicación de la capa límite atmosférica, que suele situarse en esta zona entre los 1.000-1.200 m a.s.l, rompiéndose y ascendiendo en algunos casos a partir del mediodía solar debido

**Tabla 2** Número total de casos de melanoma agrupados en intervalos de 100 m de altitud por lugar de residencia, población que reside a ese intervalo de altura, prevalencia de melanoma por 1.000 habitantes, intervalo de confianza (IC) al 95% para la prevalencia de melanoma

Altitud	N.º casos	N.º habitantes*	Prevalencia (x 1.000 habitantes)	IC 95% (x 1.000 habitantes)
0-99	138	88.701	1,55	(1,29-1,82)
100-199	2	3.442	0,58	(0,07-2,1)
200-299	8	8.206	0,97	(0,24-1,71)
300-399	2	2.160	0,92	(0,11-3,34)
400-499	40	33.350	1,20	(0,81-1,59)
500-599	35	55.459	0,63	(0,41-0,85)
600-699	81	81.197	1,00	(0,77-1,22)
700-799	431	329.453	1,31	(1,18-1,43)
800-899	87	64.103	1,36	(1,06-1,65)
900-999	37	48.309	0,76	(0,51-1,02)
1.000-1.099	17	13.690	1,24	(0,62-1,87)
1.100-1.199	14	9.749	1,44	(0,63-2,24)
1.200-1.299	4	4.066	0,98	(0,27-2,52)
1.300-1.399	3	1.704	1,76	(0,36-5,14)
1.400-1.499	4	1.696	2,36	(0,64-6,03)

\* Población media a mitad de periodo (1982-2007).



**Figura 3** Regresión exponencial para la altitud y la prevalencia de melanoma en el periodo (1982-2007) a intervalos de 100 m de altitud en la provincia de Granada.

al calentamiento radiativo de las superficies. Por encima de la capa límite atmosférica se encuentra muy poca concentración de aerosoles, disminuyendo la absorción y dispersión de la radiación UV debida a las partículas. Así, a medida que ascendemos en altitud encontramos unos mayores valores de dosis eritemática diaria. La elevada prevalencia observada en los primeros 100 m puede deberse a una mayor exposición solar durante las actividades recreativas debido a la cercanía de la playa.

El aumento en la incidencia de melanoma es evidente a medida que disminuye la latitud en EE. UU. y Australia<sup>18-21</sup>. Esta asociación negativa parece no cumplirse en Europa, donde las menores incidencias las encontramos en los países situados más próximos al Ecuador, fenómeno atribuido a la mayor pigmentación de la población mediterránea<sup>22-25</sup>. Al disminuir la latitud, la dosis eritemática es mayor debido al menor ángulo cenital.

Rigel et al<sup>9</sup>, en EE. UU., midieron el aumento de la irradiación UV recibida ( $J/cm^2$ ) a medida que se incrementa la altitud. Estos autores establecieron una relación exponencial entre la irradiancia UVB ( $mW/cm^2$ ) y la altitud, concluyendo que aquellas regiones situadas a altitudes elevadas deberían presentar un aumento en la incidencia de melanoma. Sin embargo, no acompañaron sus datos de una casuística clínica como refuerzo a dicha hipótesis. Además, en este trabajo los autores no informan del intervalo de integración para el cálculo de la dosis eritemática, que expresan en  $J/cm^2$ , por lo que es difícil poder comparar sus resultados con otros semejantes. Para comparar sus medidas de dosis eritemática con las del presente trabajo se han empleado razones de cambio. Estas razones de cambio con la altura de la dosis eritemática en la provincia de Granada son semejantes a las encontradas por estos autores en EE. UU. De acuerdo con la hipótesis de Rigel (1999) se encontró una tendencia al aumento en la prevalencia de melanoma a medida que ascendemos en altitud en la provincia de Granada.

Richtig et al<sup>8</sup> observaron en la provincia de Styria (Austria) una menor incidencia de melanoma en aquellos lugares que estaban situados a mayor altitud y en aquellos con un

mayor número medio de horas de sol. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que en su estudio la mayor altitud media considerada es de 957 m a.s.l, límite que puede verse muy afectado por la altura de la capa límite atmosférica en cada población. Además, solo tuvieron en cuenta regiones cuyas altitudes medias oscilaban entre los 285-957 m a.s.l, lo que dificulta poder establecer un gradiente vertical de cambio, como se puede observar en la figura 1. En este trabajo se han tenido en cuenta poblaciones desde el nivel del mar hasta los 1.476 m a.s.l, considerando situaciones tanto dentro como fuera de la capa límite atmosférica.

Hasta hace pocos años únicamente se utilizaban encuestas de carácter retrospectivo para hacer una estimación de la radiación UV y su relación con el melanoma, mientras que solo de forma reciente se han empleado piranómetros como método objetivo para medir la radiación UV acumulada<sup>4,26-30</sup>.

El metaanálisis realizado por Gandini et al<sup>31</sup> revela la existencia de una asociación positiva entre la exposición total a la radiación UV y la incidencia de melanoma. La dosis eritemática media anual ( $mJ/cm^2$ ) se correlaciona positivamente con la incidencia de melanoma<sup>32</sup>. En la misma línea este trabajo ha encontrado un incremento de la prevalencia de melanoma a medida que aumenta la dosis eritemática diaria.

Se ha asociado el aumento del flujo medio anual de UVB con un mayor riesgo de desarrollar melanoma en ambos sexos<sup>29</sup>. Cuando se relaciona el lugar de residencia del individuo con el tiempo medio pasado al aire libre para calcular la dosis eritemática acumulada, se encuentra en mujeres un aumento del riesgo de melanoma en el grupo de mayor exposición solar<sup>33</sup>. Estudios recientes apuntan hacia una relación de tipo lineal entre la radiación UVB acumulada y el riesgo de melanoma<sup>30</sup>.

Si se compara la incidencia de melanoma ajustada por superficie relativa corporal se encuentra en individuos mayores de 60 años la mayor incidencia de melanoma en la cabeza y el cuello, donde la radiación UV acumulada es mayor<sup>34</sup>. Además, el melanoma es más frecuente en las pier-

nas de las mujeres, donde la radiación UV acumulada es mayor que en las piernas de los hombres<sup>35</sup>.

Como limitaciones del estudio se debe tener en cuenta que la dosis eritemática diaria en función de la altitud en este trabajo es una medida ambiental, y no se ha podido medir la exposición solar individual. Además, de forma ideal debería haber recogido los diferentes lugares de residencia, ya que un individuo ha podido vivir en diferentes puntos geográficos y por tanto recibir una dosis eritemática diaria variable, pero se carecía de ese dato. También se debe tener en cuenta que el lugar de residencia puede ser diferente al lugar de trabajo. No se han recogido las variantes clínico-patológicas de melanoma relacionándolas con la altitud y la dosis eritemática diaria. Al ser un estudio ecológico, y por la información disponible, no se han podido considerar otros factores de riesgo de melanoma. La falta de significación estadística puede ser atribuible al pequeño número de casos a elevadas altitudes. Este pequeño número de casos nos ha impedido calcular tasas anuales de incidencia de melanoma.

En este trabajo observamos una tendencia al aumento en la prevalencia de melanoma con la altitud, siendo más intenso a partir de los 700 m a.s.l. Son necesarios más estudios que tengan en cuenta otros factores y marcadores de riesgo de melanoma (exposición solar individual, patrón de exposición, fototipo) y el tipo histológico de melanoma para poder confirmar esta posible asociación positiva melanoma-altitud.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Financiación

La campaña VELETA-2002 fue financiada por el Ministerio de Educación y Ciencia de España a través del proyecto coordinado REN2000-0903/CLI.

## Agradecimientos

A los investigadores de la Campaña VELETA-2002, al Ministerio de Educación y Ciencia español, que contribuyó a la financiación de dicha campaña, y a todos los dermatólogos que han trabajado y trabajan en la Unidad de melanomas del hospital universitario San Cecilio por contribuir a la recogida de datos del Registro de melanomas. Al proyecto de excelencia de la Junta de Andalucía P08-RNM-3568.

## Bibliografía

- Ko CB, Walton S, Keczek K, Bury HP, Nicholson C. The emerging epidemic of skin cancer. *Br J Dermatol*. 1994;130:269–72.
- Gloster Jr HM, Brodland DG. The epidemiology of skin cancer. *Dermatol Surg*. 1996;22:217–26.
- Sáenz S, Conejo-Mir J, Cayuela A. Epidemiología del melanoma en España. *Actas Dermosifiliogr*. 2005;96:411–8.
- Elwood JM, Jopson J. Melanoma and sun exposure: an overview of published studies. *Int J Cancer*. 1997;73:198–203.
- Tucker MA, Goldstein AM. Melanoma etiology: where are we? *Oncogene*. 2003;22:3042–52.
- Curado MP, Edwards B, Shin HR, Storm H, Ferlay J, Heanue M, et al. *Cancer Incidence in Five Continents*. Vol. IX. N.º 160. Lyon: IARC Scientific Publications; 2007.
- Moehrle M, Garbe C. Does mountaineering increase the incidence of cutaneous melanoma? *Dermatology*. 1999;199:201–3.
- Richtig E, Berghold A, Schwantzer G, Ott A, Wolfelmaier F, Karner B, et al. Clinical epidemiology of invasive cutaneous malignant melanoma in the Austrian province Styria in the years 2001-2003 and its relationship with local geographical, meteorological and economic data. *Dermatology*. 2007;214:246–52.
- Rigel DS, Rigel GE, Rigel AC. Effects of altitude and latitude on ambient UVB radiation. *J Am Acad Dermatol*. 1999;40:114–6.
- Buendía A, Feriche E, Muñoz JE, Cabrera A, Serrano S. Evaluation of a school intervention program to modify sun exposure behaviour. *Actas Dermosifiliogr*. 2007;98:332–44.
- Greenland S, Rothman KJ. Measures of occurrence. En: Rothman KJ, Greenland S, Lash TL, editores. *Modern epidemiology*. 3.ª ed. Filadelfia: Lippincott Williams & Wilkins; 2008. p. 32–50.
- Sistema de información multiterritorial de Andalucía. Instituto Andaluz de Estadística [consultado 18/11/2008]. Disponible en: <http://www.juntadeandalucia.es/9002/sima/smind18.htm>.
- Cifras oficiales de población. Instituto Nacional de Estadística [consultado 18/11/2008]. Disponible en: <http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=%2Ft20%2Fe260&file=inebase&L=>.
- Sola Y, Lorente J, Campmany E, De Cabo X, Bech J, Redaño A, et al. Altitude effect in UV radiation during the Evaluation of the Effects of Elevation and Aerosols on the Ultraviolet Radiation 2002 (VELETA 2002) field campaign. *J Geophys Res*. 2008;113:D23202, doi:10.1029/2007JD009742.
- Díaz AM, García OE, Díaz JP, Exposito FJ, Utrillas MP, Martínez JA, et al. Aerosol radiative forcing efficiency in the UV region over southeastern Mediterranean: VELETA 2002 campaign. *J Geophys Res*. 2007;112:1–13.
- Alados-Arboledas L, Alcántara A, Olmo FJ, Martínez-Lozano JA, Estellés V, Cacerro V, et al. *Atmos Environ*. 2006;42:2654–67.
- Liou KN. *An introduction to Atmospheric Radiation*. 2.ª ed. San Diego, EE.UU.: Elsevier Science and Technology; 2002.
- Lee JAH, Scotto J. Melanoma: linked temporal and latitude changes in the United States. *Cancer Causes Control*. 1993;4:413–8.
- Bulliard JL, Cox B, Elwood JM. Latitude gradients in melanoma incidence and mortality in the non-Maori population of New Zealand. *Cancer Causes Control*. 1994;5:234–40.
- Eide MJ, Weinstock MA. Association of UV index, latitude, and melanoma incidence in nonwhite populations-US Surveillance, Epidemiology, and End Results (SEER) Program, 1992 to 2001. *Arch Dermatol*. 2005;141:477–81.
- Hu S, Ma F, Collado-Mesa F, Kirsner RS. UV radiation, latitude, and melanoma in US Hispanics and blacks. *Arch Dermatol*. 2004;140:819–24.
- Dore JF, Boniol M. Environment influences on cutaneous melanoma. En: Thompson JF, Morton DL, Kroon BBR, editores. *Textbook of Melanoma*. Londres: Dunitz; 2004. p. 43–55.
- Jemal A, Devesa SS, Fears TR, Hartge P. Cancer surveillance series: changing patterns of cutaneous malignant melanoma mortality rates among whites in the United States. *J Natl Cancer Inst*. 2000;92:811–8.
- Sinha T, Benedict R. Relationship between latitude and melanoma incidence: international evidence. *Cancer Letters*. 1996;99:225–31.
- Katsambas A, Nicolaidou E. Cutaneous melanoma and sun exposure: recent developments in epidemiology. *Arch Dermatol*. 1996;132:440–50.
- Elwood JM, Gallagher RP, Hill GB, Pearson JC. Cutaneous melanoma in relation to intermittent and constant sun

- exposure—the Western Canada Melanoma Study. *Int J Cancer*. 1985;35:427–33.
27. Holman CD, Armstrong BK, Heenan PJ. Relationship of cutaneous malignant melanoma to individual sunlight-exposure habits. *J Natl Cancer Inst*. 1986;76:403–14.
  28. Ródenas JM, Delgado-Rodríguez M, Herranz MT, Tercedor J, Serrano S. Sun exposure, pigmentary traits, and risk of cutaneous malignant melanoma: A case-control study in a Mediterranean population. *Cancer Causes Control*. 1996;7:275–83.
  29. Fears TR, Bird CC, Guerry IV D, Sagebiel RW, Gail MH, Elder DE, et al. Average midrange ultraviolet radiation flux and time outdoors predict melanoma risk. *Cancer Res*. 2002;62:3992–6.
  30. Lea CS, Scotto JA, Buffler PA, Fine J, Barnhil FL, Berwick M. Ambient UVB and Melanoma Risk in the United States: A Case-Control Analysis. *Ann Epidemiol*. 2007;17:447–53.
  31. Gandini S, Sera F, Cattaruzza MF, Pasquini P, Picconi O, Boyle P, et al. Meta-analysis of risk factors for cutaneous melanoma: II. Sun exposure. *Eur J Cancer*. 2005;41:45–60.
  32. Armstrong BK, Kricger A. Epidemiology of skin cancer. *Photochem Photobiol*. 2001;63:8–18.
  33. Solomon CC, White E, Kristal AR, Vaughn T. Melanoma and lifetime UV radiation. *Cancer Causes Control*. 2004;15:893–902.
  34. Whiteman DC, Bray CA, Siskind V, Hole D, MacKie RM, Green AC. A comparison of the anatomic distribution of cutaneous melanoma in two populations with different levels of sunlight: the west of Scotland and Queensland, Australia 1982-2001. *Cancer Causes Control*. 2007;18:485–91.
  35. Parisi AV, Kimlin MG, Lester R, Turnbull D. Lower body anatomical distribution of solar ultraviolet radiation on the human form in standing and sitting postures. *J Photochem Photobiol*. 2003;69:1–6.