
DOSIS ERITÉMICAS, SOBRESPOSICIÓN A LA RADIACIÓN SOLAR ULTRAVIOLETA Y SU RELACIÓN CON EL CÁNCER DE PIEL EN ARICA, CHILE

Miguel Rivas A., Elisa Rojas E., Joaquín Méndez C. y Gabriel Contreras A.

RESUMEN

En este trabajo se analizan las dosis eritémicas que se reciben en Arica, norte de Chile, y la posible relación entre éstas y las tasas de cáncer de piel registrados en la población local. Se realizaron mediciones experimentales de irradianza solar ultravioleta (UV), desde enero 2005 a diciembre 2012 con un biómetro GUV-2511 y el cálculo del índice solar ultravioleta (IUV) se realizó con las bandas de 305, 313, 320, 340nm. A partir del IUV se calcularon las dosis eritémicas. El 65% de los días el promedio anual durante los años 2005 a 2012 presentó valores $\geq 4\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$, los cuales están por encima de las dosis

eritémicas mínimas (MED) correspondientes a los tipos de piel más frecuentemente encontrados en Chile, que son III y IV. Las MED para pieles tipo III y IV corresponden a 0,30-0,50 y 0,40-0,60 $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}/\text{día}$, respectivamente. Las altas dosis eritémicas medidas son concordantes con los aumentos en las tasas de cáncer de piel registrados en Arica por cada 100.000 habitantes, de 6,9 a 23,8 entre los años 2001 y 2011, posiblemente debidos a que la población que vive en este lugar se encuentra expuesta a recibir varias veces la cantidad MED en relación a su tipo de piel durante gran parte del año.

Introducción

El alto número de patologías relacionadas con la sobreexposición a la radiación solar ultravioleta ha centrado nuestro interés en el estudio de la cantidad de radiación solar UV a la que se exponen los habitantes que viven en la región de Arica, Chile, la cual debida a sus altos valores representa un riesgo durante todo el año.

Estudios epidemiológicos acerca del cáncer cutáneo en Chile (Roco, 2013) revelan que entre los años 2000 y 2010, el promedio de las tasas de mortalidad por 100.000 habitantes debidas a tumores malignos de piel no melanoma (CNM) fue de $0,93 \pm 0,22$ y para melanoma maligno (CMM) de piel fue de $0,93 \pm 0,11$. Para el último año de ese período (2010) el promedio de las tasas de mortalidad para CNM obser-

vadas por cada Región en Chile es de 1,9 y para CMM es de 1,0, destacando el valor de 7,8 en la tasa correspondientes a CNM observada en Antofagasta, lo cual se debe fundamentalmente a la sinergia para algunos tipos de tumores de piel entre radiación solar UV y los altos contenidos de arsénico presentes en el agua potable.

Por otra parte, estudios del Ministerio de Salud (MINSAL, 2012) revelan que entre los años 2003 y 2007 para las mujeres los promedio de las tasas de incidencia por 100.000 habitantes de tumores malignos de piel no melanoma (CNM) fueron de $23,9 \pm 2,3$ y para melanoma maligno (CMM) de piel de $2,2 \pm 0,6$. Por su parte, para hombres dichas tasas fueron de $31,3 \pm 16,5$ en el caso de las tasas de tumores malignos de piel no melanoma (CNM) y de

$2,61 \pm 1,25$ para melanoma maligno (CMM) de piel.

En la ciudad de Arica, situada al norte del país, la población se ve expuesta a una gran cantidad de radiación solar ultravioleta (UV), debido principalmente a los siguientes factores: poca vegetación y grandes superficies constituidas por materiales muy reflectantes (arena y mar), lo cual implica un mayor albedo; cercanía de esta zona al ecuador; y mayor altura sobre el nivel del mar en el altiplano cercano a la ciudad. Todos estos factores inciden en que las personas que viven en esta región tengan una mayor exposición a la radiación solar UV, debido a que sus niveles son más altos en comparación a otras regiones del país, lo cual se puede observar en los datos experimentales proporcionados por la red de radiación solar UV de la Dirección Meteorológica de

Chile, la cual posee instrumentos calibrados a lo largo de todo el país, y las mediciones diarias se informan en su página web (Meteochile, 2014).

La sobreexposición a la radiación solar ultravioleta B (UVB; 280-320nm) que recibe la población tiene importantes consecuencias sobre la salud de quienes habitan en esta región. Existen evidencias de que la sobre exposición a la radiación solar ultravioleta está relacionada en el corto plazo con el enrojecimiento de la piel (eritema) y puede ocasionar distintos tipos de cáncer a la piel, cataratas a la vista y disminución del sistema inmune (Madronich, 1997).

De la radiación solar ultravioleta que llega a nuestro planeta, el 95% es radiación de tipo A (UVA) y el resto B (UVB). Solo el 5% de la radiación solar UV que incide en la piel es difusamente refle-

PALABRAS CLAVE / Arica / Cáncer de Piel / Chile / Dosis Eritémica Mínima / Eritema / Radiación Ultravioleta /

Recibido: 21/01/2014. Modificado: 21/04/2014. Aceptado: 25/04/2014.

Miguel Rivas A. Magister en Física, Universidad de Chile. Profesor, Universidad de Tarapacá (UTA), Chile. Dirección: Laboratorio de Radiación Solar UV, Departamento de Física Facultad de Ciencias, UTA. Calle

General Velásquez N° 1775, Arica, Chile. e-mail: mrvivas@uta.cl

Elisa Rojas E. Magister en Didáctica para la Educación Superior, UTA, Chile. Profesora, UTA, Chile.

Joaquín Méndez C. Tesista en Tecnología Nuclear, UTA, Chile.

Gabriel Contreras A. Tesista en Tecnología Nuclear, UTA, Chile.

ERYTHEMICAL DOSES, OVEREXPOSURE TO ULTRAVIOLET SOLAR RADIATION AND IT RELATION WITH SKIN CANCER IN ARICA, CHILE

Miguel Rivas A., Elisa Rojas E., Joaquín Méndez C. and Gabriel Contreras A.

SUMMARY

In this work the erythemal dose received in Arica, Northern Chile, and its possible relationship to the rates of skin cancer registered in the local population are analyzed. Experimental measurements of solar UV irradiance were performed from January 2005 to December 2012 with a GUV-2511 biometer. The solar ultraviolet index (IUV) was calculated in the 305, 313, 320, 340nm bands. Erythemal doses were calculated from the IUV obtained. In 65% of the days the daily mean values during the observation period were $\geq 4\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$, which are above

the minimal erythemal dose (MED) for skin types III and IV, the skin types most frequently found in Chile. The MED for skin type III is $0.30\text{-}0.50\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}/\text{day}$ and for skin type IV it is $0.40\text{-}0.60\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}/\text{day}$. The high erythemal doses received are consistent with the increase in the rates of skin cancer per 100,000 inhabitants reported in Arica, from 6.9 to 23.8 between 2001 and 2011. This increase is possibly due to the high erythemal doses that people living in this region are exposed to, which are several times the MED of their skin phototype.

DOSES ERITÉMICAS, SOBEXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO SOLAR ULTRAVIOLETA E SUA RELAÇÃO COM O CÂNCER DE PELE EM ARICA, CHILE

Miguel Rivas A., Elisa Rojas E., Joaquín Méndez C. e Gabriel Contreras A.

RESUMO

Neste trabalho se analisam as doses eritêmicas que se recebem em Arica, norte do Chile, e a possível relação entre estas e as taxas de câncer de pele registradas na população local. Realizaram-se medições experimentais de irradiância solar ultravioleta (UV), desde janeiro de 2005 a dezembro de 2012 com um biômetro GUV-2511 e o cálculo do índice solar ultravioleta (IUV) se realizou com as bandas de 305, 313, 320, 340nm. A partir de IUV se calcularam as doses eritêmicas. Em 65% dos dias a média anual durante os anos 2005 a 2012 apresentou valores $\geq 4\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$, os quais estão acima das doses eritêmicas

mínimas (MED) correspondentes aos tipos de pele mais frequentemente encontrados no Chile, que são III e IV. As MED para peles tipo III y IV correspondem a $0,30\text{-}0,50$ e $0,40\text{-}0,60\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}/\text{dia}$, respectivamente. As altas doses eritêmicas medidas são concordantes com os aumentos nas taxas de câncer de pele registrados em Arica por cada 100.000 habitantes, de 6,9 a 23,8 entre os anos 2001 e 2011, possivelmente devido a que a população, que vive neste lugar, se encontra exposta a receber várias vezes a quantidade MED em relação a seu tipo de pele durante grande parte do ano.

jada, el resto se transmite, se dispersa o se absorbe en ella (Hawk, 1998).

Los efectos de la radiación solar UV en la salud de las personas pueden clasificarse en efectos tempranos y tardíos. Dentro de los efectos tempranos se encuentra el enrojecimiento de la piel o eritema, que la mayoría de las personas han presentado en algún momento de su vida debido a la sobreexposición a la radiación solar. El tiempo que toma el eritema en aparecer depende del fototipo de piel que presente cada persona, de acuerdo con la clasificación de Fitzpatrick (2009; Tabla I). El fototipo es la capacidad de adaptación al sol que tiene cada persona desde que nace, es decir el conjunto de características que determinan si una piel se broncea o no. Cuanto más baja sea esta capacidad, menos se contrarrestarán los

TABLA I
CLASIFICACIÓN DE TIPOS DE PIEL Y MED RESPECTIVOS, SEGÚN CLASIFICACIÓN DE FOTO TIPOS DE PIEL DE FITZPATRICK (2009)

Enrojece		Broncea	MED UVB ($\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$)
I Siempre	Nunca		150-300
II Casi siempre	Poco y con dificultad		250-400
III Moderadamente	Moderadamente y con uniformidad		300-500
IV Mínimamente	Moderadamente y fácilmente		400-600
V Raramente	Profundamente		600-900
VI Nunca	Profundamente		900-1500

efectos de la radiación solar en la piel (Marín, 2005).

Para cada fototipo de piel existe una cantidad de radiación mínima capaz de producir eritema (MED, por sus siglas en inglés), la cual se define como la dosis mínima de radiación solar ultravioleta UV que produce eritema claramente marcado en el sitio irradiado, administrada con una única exposición. La MED se expresa como ener-

gía por unidad de superficie ($\text{J}\cdot\text{cm}^{-2}$ o $\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$).

Entre los efectos tardíos se halla la fotocarcinogénesis, la cual es producida por diversos eventos cutáneos resultantes de la radiación solar UV, tales como la incompleta reparación del daño celular, mutación de la proteína p53 y posibles trastornos de la acción vigilante en el sistema inmune, los cuales parecen tener directa

relación con la aparición del cáncer de piel de tipo melanoma y no melanoma (Langley *et al.*, 1997).

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos a partir de los cálculos de dosis eritémicas acumuladas diarias, con la finalidad de poder comparar con las dosis eritémicas máximas recomendadas según los tipos de piel más comunes en Chile, lo que permitirá establecer una relación entre las altas tasas de cáncer de piel reportadas en la ciudad de Arica (Rivas *et al.*, 2009) y las dosis eritémicas acumuladas diarias recibidas en la ciudad. También estos resultados constituyen una información relevante para la población de Arica respecto a los niveles de radiación solar UV a los que se encuentran expuestos durante todo el año, y la forma en que estos pueden influir en su salud.

Materiales y Métodos

Las mediciones de dosis eritémicas fueron realizadas en el laboratorio de radiación solar UV del Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad de Tarapacá, en Arica (18°29'S, 70°19'O, 23msnm), mediante un instrumento GUV-2511 de Biospherical Instruments, que permite medir seis longitudes de onda (305, 313, 320, 340, 380, 395nm) y la función PAR. Esta última corresponde a la radiación fotosintéticamente activa con longitudes de onda entre 400 y 700nm. El sensor se encuentra estabilizado a una temperatura de 40°C, ya que la corriente oscura y la sensibilidad de los radiómetros GUV dependen en cierta medida de la temperatura ambiente máxima del lugar, la cual según el fabricante debe estar por debajo de la temperatura del sensor, que debe ser controlada para una mayor estabilidad. Su calibración es a 40°C en este caso, ya que la temperatura ambiente máxima en Arica es menor.

Los cálculos fueron realizados para datos experimentales obtenidos durante los años 2005-2012 entre los días 1 de enero (día juliano 1) y el día 31 de diciembre (día juliano 365). La calibración del equipo GUV se llevó a cabo calculando a partir de sus mediciones el índice solar ultravioleta (IUV) y comparando con los valores de IUV obtenidos por el Biómetro YES, el cual se calibra cada dos años mediante un convenio de cooperación con la Dirección Meteorológica de Chile.

A partir de los datos experimentales obtenidos con el instrumento, éstos se calibraron con el Software LOGGER que contiene las constantes de calibración respectivas. Luego los datos son exportados a una planilla Excel en la cual se encuentran separadas las bandas en columnas, a partir de lo cual se puede calcular el IUV. Las ban-

das utilizadas para calcular el IUV vienen indicadas por el fabricante del equipo Biospherical a partir de una combinación lineal de las mediciones de las bandas 305, 313, 320, y 340nm:

$$IUV = a_1 \times E_{305} + a_2 \times E_{312} + a_3 \times E_{320} + a_4 \times E_{340}$$

donde $a_1 = 0,805$; $a_2 = 0,0887$; $a_3 = 0,0324$; $a_4 = 0,0131$; y E_{305} , E_{312} , E_{320} y E_{340} : irradianzas espectrales medidas por el instrumento (Biospherical, 2005). Luego de obtenidos los índices IUV minuto a minuto se procede a calcular las dosis eritémicas, para lo cual se realiza la integración numérica para poder obtener la dosis diaria acumulada:

$$Dosis\ Eritémicas_{acumuladas} = \frac{60 \times IUV}{40}$$

Resultados

Se obtuvieron mediciones de las dosis eritémicas diarias acumuladas en Arica mediante el instrumento GUV 2511 entre los años 2005-2012, exis-

Promedio del índice UV máximo mensual - Años 2005-2012

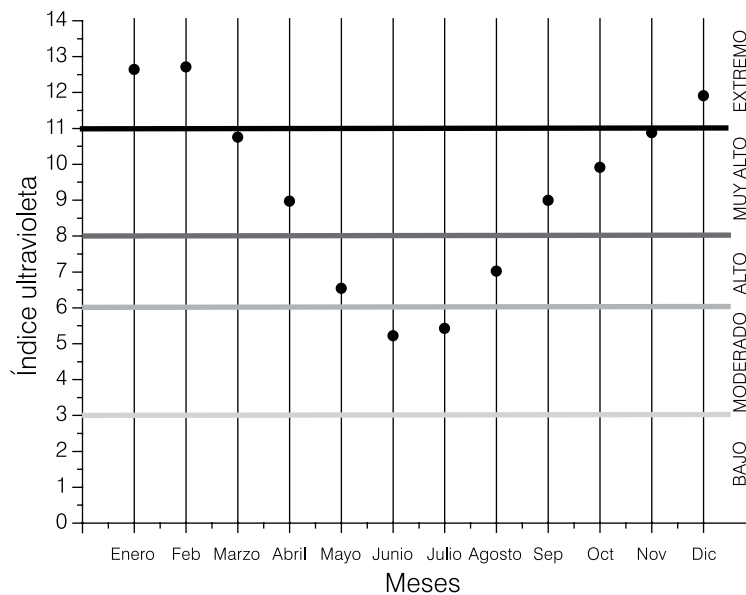


Figura 1: Promedios mensuales del índice UV máximo, medidos en Arica 2005-2012.

tiendo información para 2920 días, que representa el 100% del total.

En la Figura 1 se puede observar el promedio mensual del índice IUV máximo entre 2005 y 2012. En la derecha se ha colocado la clasificación del IUV, que es una medida de la intensidad de radiación ultravioleta sobre la superficie de la tierra durante

la hora de máxima radiación, esto es, alrededor del medio día solar. El IUV es un número en una escala de 0 a 11 según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2003). En Arica anualmente el 70% de los meses presentan IUV >9 (Muy Alto).

La Figura 2 muestra el promedio de la dosis eritémicas acumuladas diarias, obtenidas en 2005-2012 en Arica, con un promedio anual de 4000J·m⁻². Durante el periodo comprendido entre las estaciones primavera-verano un 6% de los días presentaron valores ≥6000J·m⁻², lo cual representa una dosis diaria de más de 10 MED para el fototipo IV. Durante las estaciones de otoño-invierno el promedio diario es 2710J·m⁻², que representa una dosis diaria mayor que 4 MED para el foto tipo IV.

El valor máximo promedio durante el periodo otoño-invierno es significativamente menor al del promedio de las

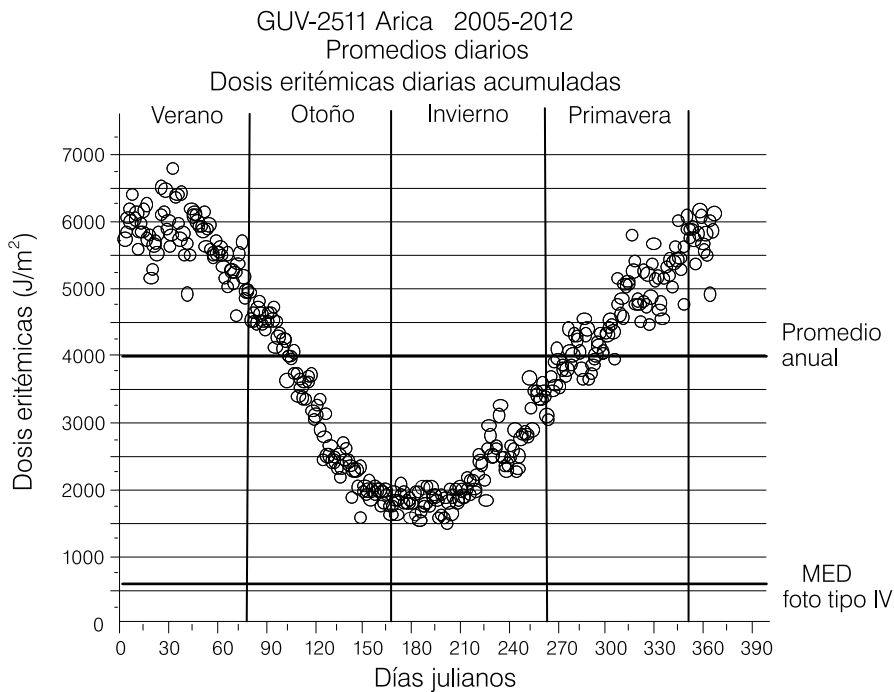


Figura 2: Variación de las dosis eritémicas diarias (J/m²) años 2005-2012, Arica. Cada punto representa el promedio diario.

estaciones de primavera-verano, lo que se debe principalmente a la disminución de la radiación solar debido a cambios estacionales (geometría solar). Las dosis acumuladas diarias para cada día dan un promedio seis veces más que el MED para el fototipo IV.

En la Figura 3 se muestran las tasas de cáncer de piel por 100.000 habitantes en Arica entre los años 2001-2011. Durante este período las tasas aumentan entre 7,6 a 32,4 en ese período, siendo el máximo 32,4 el año 2009. La tendencia es un aumento constante en las tasas durante todo el período.

En la Figura 4 se muestra el promedio de dosis eritémicas anuales acumuladas y las tasas de cáncer de piel durante los años 2005 al 2011 (Araya *et al.*, 2011). Se puede observar que las variaciones en las tasas de cáncer de piel en los habitantes de la ciudad a través de los años, lo cual es concordante con las variaciones en los promedios anuales de las dosis eritémicas acumuladas.

Discusión

En este trabajo se consideraron mediciones de dosis eritémicas acumuladas diarias en Arica, siendo el promedio anual de $4000\text{J}/\text{m}^2$, con máximos durante el período de primavera-verano de $6828\text{J}/\text{m}^2$ en promedio (11 MED) y mínimos durante el período de otoño-invierno de $1540\text{J}/\text{m}^2$ en promedio (2,5 MED). Se tomaron las MED como referencia para el fototipo IV, que es el más común en Chile. A pesar de que la población chilena se encuentra en su mayor parte consciente del daño perjudicial que puede provocar la sobreexposición al sol, acuden a asolearse en el período estival la mayoría de los días de la semana y en el horario de mayor radiación solar UV, debido a que gran parte de las personas consideran al bronceado solar como signo de estatus social (Molgo, 2005). El período primavera-verano, como se señaló anteriormente,

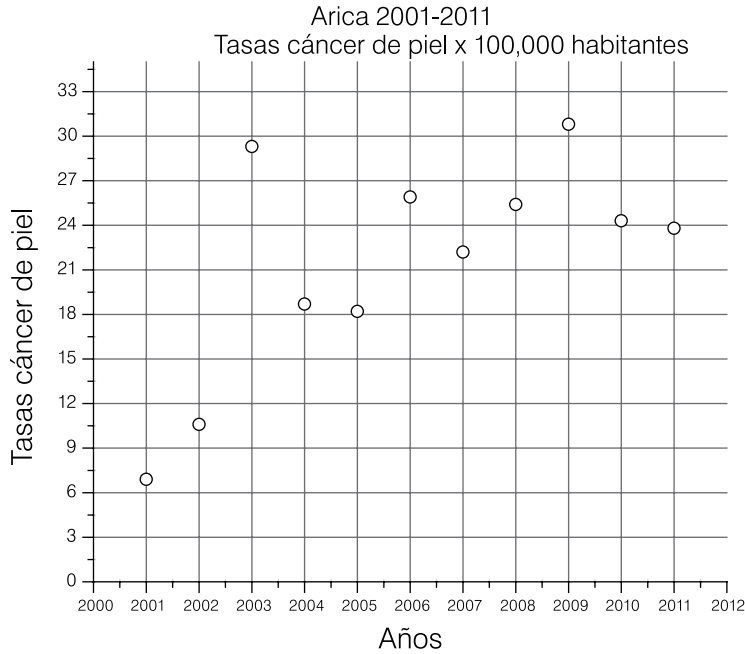


Figura 3: Tasas de cáncer de piel por 100.000 habitantes, Arica 2005-2011. Fuente: Araya *et al.* (2011).

es el más peligroso para exposiciones al sol en la zona norte del país y la población ariqueña visita los balnearios y practica actividades al aire libre durante gran parte de este período, exponiéndose a recibir muchas veces más la dosis eritémica que su fototipo de piel tolera sin dañarse.

Durante el período enero 2005 - diciembre 2012 un 65% de los días presentaron dosis $>3000\text{J}/\text{m}^2$, equivalente a 5 MED para piel fototipo IV. Las dosis diarias acumuladas en este período son 6 MED para piel fototipo IV. Esta situación de sobreexposición a la radiación solar UV puede explicar los aumentos en las tasas de cáncer de piel observa-

das en la ciudad de Arica, en concordancia con lo expresado por Aceituno (2010), quien señala a la radiación UV como el principal factor ambiental causante del desarrollo del cáncer de piel, teniendo como causa la exposición solar crónica como principal motivo del carcinoma espino celular y en el caso del baso celular y el melanoma cutáneo la exposición solar intermitente y un historial personal de quemaduras, especialmente en la infancia y la adolescencia. Según Williams (2014) la radiación solar UV está establecida como factor cancerígeno ambiental y la incidencia del cáncer de piel no melanoma está directamente relacionada con

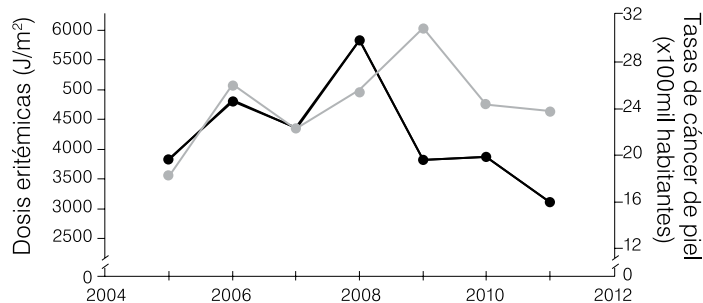


Figura 4: Tasa de cáncer a la piel por 100.000 habitantes en la ciudad de Arica y dosis eritémica diaria promediada anualmente durante 2005-2012. Fuente: Araya *et al.* (2011).

la sobre exposición a la radiación solar UV.

La incidencia del cáncer de piel, tanto melanoma (CMM) como no melanoma (CNM) ha presentado un aumento de casos a lo largo de los años en la ciudad de Arica, tendencia que se puede explicar principalmente por una mayor exposición de la población a la radiación solar UV. Esta tendencia al aumento del cáncer de piel se correlaciona con la tendencia a nivel mundial (Aceituno, 2010), debido a que los aumentos en nuevos casos de cáncer de piel a nivel mundial se encuentran relacionados con una mayor exposición a la radiación UV, aumento de actividades al aire libre, cambios en la forma de vestirse, mayor esperanza de vida y a la destrucción de la capa de ozono estratosférico.

El aumento de nuevos casos de cáncer de piel no melanoma (CNM) también se puede originar en una mayor eficacia en la información recolectada por parte de los sistemas de registro de cáncer gracias al uso de informes histológicos electrónicos (Aceituno, 2010), lo cual no explica los aumentos en las tasas de cáncer de piel registrados en Arica, ya que los servicios de salud de la ciudad no cuentan con dicha tecnología.

En la actualidad este es un problema en otras zonas del planeta debido a que aún son pocos los registros de cáncer a nivel mundial que recogen en forma completa y sistemática los datos epidemiológicos de cáncer de piel no melanoma (Diepgen 2002).

Arica presenta el mayor número de casos a nivel nacional de CNM y CMM, tanto en hombres como en mujeres (Minsal, 2012), lo que tiene directa relación con las dosis de radiación solar ultravioleta que reciben las personas que habitan la ciudad durante todo el año.

Existen datos epidemiológicos y moleculares que sugieren la existencia de una estrecha relación entre el desarrollo de tumores de piel no-melanoma y

una excesiva exposición a la radiación solar ultravioleta. Sin embargo, esta asociación tan directa no está totalmente clara con respecto al origen del melanoma, en el cual múltiples factores parecen intervenir: predisposición genética, exposición a la luz UV (sol, fuentes artificiales) y exposición ambiental a mutágenos (sustancias químicas virus, radiaciones) entre otros (Cabrera, 2006).

Esto se encuentra en concordancia con el número de casos de CNM en piel que se presenta en la región, ya que son mucho mayores a los de melanoma, por lo que la relación directa entre CNM y exposición a la radiación solar ultravioleta estaría justificada.

Del análisis de los datos se puede observar en general que la población de la ciudad de Arica se encuentra expuesta a recibir mucha más radiación que la recomendada según su fototipo de piel, lo que sumado a los hábitos presentes en la población, tales como actividades al aire libre, visitas a balnearios en periodo estival en horarios de alta radiación, sumado a otras conductas, hacen

concluir que el aumento de nuevos casos de cáncer de la piel en la ciudad están asociados directamente a la cantidad de radiación solar UV a la que se sobreexponen su población.

Se sugiere la difusión de estos resultados para educar a los habitantes de Arica para generar conciencia sobre la sobreexposición a la radiación solar UV a la que se encuentra expuesta la población que habita en estas latitudes.

AGRADECIMIENTOS

Miguel Rivas y Elisa Rojas agradecen el financiamiento a través del proyecto UTA-Mayor 4722 (2014).

REFERENCIAS

Aceituno MP, Buendía A, Arias S, Serrano S (2010) Evolución de la incidencia del cáncer de piel en el periodo 1978-2002. *Actas Dermo-Sifiliográf.* 101: 39-46.

Araya MC, Durán V (2011) Revisión tumores cutáneos 2007-2011 Comunicación interna. Archivo Histopatológico Hospital Dr. Juan Noé Crevani. Arica, Chile.

Biospherical (2005) *GUV-2511. User's Manual High Speed Ground-*

Based Ultraviolet Radiometer. Biospherical Instruments Inc. San Diego, CA, EEUU. [ftp://ftp.biospherical.com/pub/manuals/PDF_instrument/GUV2511_Manual.pdf](http://ftp.biospherical.com/pub/manuals/PDF_instrument/GUV2511_Manual.pdf)

Cabrera M, López-Nevot A (2006) Efectos de la radiación ultravioleta (UV) en La inducción de mutaciones de p53 en tumores de piel. *Oncología* 29: 25-32.

Diegpen TLV (2002) The epidemiology of skin cancer. *Br. J. Dermatol.* 146: 1-6.

Fitzpatrick TB (2009) Fitzpatrick skin typing. Applications. *Ind. J. Dermatol. Venereol. Leprol.* 75: 93-96.

Hawk JLM (1998) Cutaneous photobiology. En Rook N, Wilkinson J, Ebling P (Eds.) *Textbook of Dermatology.* Champion, Burton & Ebling. Oxford, RU. pp. 973-993.

Langley RG, Sober AJ (1997) A clinical review of the evidence for the role of ultraviolet radiation in the etiology of cutaneous melanoma. *Cancer Inv.* 15: 561-567.

Madronich S, Flocke S (1997) Theoretical estimation of biologically effective UV radiation at the earth's surface. En Zerefos CS, Bais AF (Eds.) *Solar Ultraviolet Radiation: Modelling, Measurements and Effects.* NATO ASI Series, Vol. 152. Springer. Berlin, Alemania. pp. 23-48.

Marín D, Del Pozo A (2005). Fototipos Cutáneos, Conceptos Generales. *OFFARM* 24: 136-137.

Meteochile (2014) http://www.meteochile.gob.cl/radiación_uv.php

MINSAL (2012). *Primer Informe de Registro Poblacional de Cáncer de Chile, Quinquenio 2003-2007.* Unidad de Vigilancia de Enfermedades No Transmisibles. Ministerio de Salud. Santiago Chile.

Molgó M, Castillo C, Valdés R, Romero W, Valére J, Cevo T, Torres M, Silva P, Flores L, Riquelme A, Ayala M, González F, Hasbún M, Baladrón M (2005) Sun exposure behaviours and knowledge among Chileans. *Rev. Med. Chile* 133: 662-666.

OMS (2003) *Índice UV Solar Mundial: Guía Práctica.* Organización Mundial de la Salud. Ginebra, Suiza. 34 pp.

Rivas M, Araya MC, Durán V, Rojas E, Cortes J, Calaf G (2009). Ultraviolet light exposure and skin cancer in the city of Arica, Chile. *Molec. Med. Rep.* 2: 567-572.

Roco A, Quiñones L, Acevedo C, Zagmutt O (2013) Situación del cáncer en Chile 2000-2010. *Cuad. Méd. Soc.* 53: 83-94.

Williams JD, Bermudez Y, Park SL, Stratton SP, Uchida K, Hurst CA, Wondrağ GT (2014) Malondialdehyde-derived epitopes in human skin result from acute exposure to solar uv and occur in nonmelanoma skin cancer tissue. *J. Photochem. Photobiol. B* 132: 56-65.