

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Posgrados

Potencial asociación entre meningiomas, altitud y grado de exposición solar en pacientes ecuatorianos: una nueva hipótesis de probable causalidad.

Mónica Nathalie Cevallos Navia, MD

**Fabricio González-Andrade, MD, PhD
Director de Trabajo de Titulación**

Trabajo de titulación de posgrado presentado como requisito para la obtención del título de especialista en Neurocirugía

Quito, 07 de diciembre del 2023

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO DE POSGRADOS

HOJA DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Potencial asociación entre meningiomas, altitud y grado de exposición solar en pacientes ecuatorianos: una nueva hipótesis de probable causalidad.

Mónica Nathalie Cevallos Navia

Nombre del Director del Programa: Julio César Enríquez Viteri, MD
Título académico: Neurocirujano
Director del programa de: Especialidad en Neurocirugía

Nombre del Decano del colegio Académico: Edison Iván Cevallos Miranda, MD
Título académico: Cirujano General
Decano del Colegio: Escuela de Especialidades Médicas

Nombre del Decano del Colegio de Posgrados: Hugo Burgos Yáñez
Título académico: Profesor Escuela de Empresas

Quito, 07 de diciembre 2023

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombre del estudiante: Mónica Nathalie Cevallos Navia

Código de estudiante: 00209596

C.I.: 1718172933

Lugar y fecha: Quito, 07 de diciembre de 2023

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following graduation project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

DEDICATORIA

A mi amada hermana *Gila*, dedico este trabajo con amor y admiración profunda. A cada paso transitando este camino llamado vida, siempre has sido el pilar, soporte incondicional y la mayor fuerza que me impulsó a culminar este e innumerables otros proyectos. A ti, confidente y cómplice de tantos sueños, mi infinita gratitud por tu apoyo y sacrificio pero principalmente por ser la gestora fundamental de este logro que también es tuyo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Santiago Gangotena, PhD (+), Fundador, Canciller y Miembro del Consejo de Regentes; a Diego Quiroga Ferri, PhD, Rector; a Andrea Encalada Romero, PhD, Vicerrectora; a Gonzalo Mantilla Cabeza de Vaca, MD, fundador y exdecano de la Escuela de Medicina y Decano del Colegio de Ciencias de la Salud; a Henry Vásquez, MD, actual Decano de la Escuela de Medicina; a Iván Cevallos Miranda, MD, Decano de la Escuela de Especialidades Médicas; a Julio Enriquez, MD, Coordinador del Programa de la Especialidad de Neurocirugía correspondiente a la cohorte 2018-2023; a Fabricio González-Andrade, MD, PhD, tutor de investigación y director del trabajo de investigación con fines de titulación; a la Coordinadora de Posgrados, Lic. Consuelo Santamaría, MSc.

También agradezco a mis profesores Julio Enriquez MD, Laura Botani MD, Fabricio González-Andrade MD, Iván Cevallos MD, Byron Salazar MD, Ricardo Arroyo MD, Carlos Montalvo MD, Carlos Heredia MD, Carlos Llumiguano MD, Juan Guerra MD, Henin Mora MD, Wilson Vargas MD, Felipe Egas MD, Enrique Terán MD, Mónica Pérez MD, Gissela Sánchez MD, Andrea Moreno MD, Débora Martineau MD, Germán Abdo MD, Franz Durán MD, Daniela DiCapua MD, Diego Barahona MD, Gladys Alarcón MD, Ana Paulina Celi MD (+) y todos aquellos profesores que fueron parte constante de este sacrificado y maravilloso camino de formación durante la especialidad, gracias por su paciencia y generosidad al compartir su conocimiento; a mis tutores hospitalarios, hoy también colegas y amigos Fred Sigcha MD, Christian Valencia MD, Fidel Poveda MD, Adolfo Bernal MD, Alba Cortes MD, Gustavo Calderón MD, Christian Diez MD, Julio Palacios MD, Judith Castañeda MD, Marlin Puente MD, Karina Plaza MD, Natalia Cuenca MD, Carlos León MD, Javier Leiva MD, Jorge Chasipanta MD, Jesús Castro MD, Andrés Herrera MD, John Escobar MD; a todo el personal de los establecimientos donde realicé mis rotaciones Hospital Carlos Andrade Marín, Hospital

Eugenio Espejo, Hospital Baca Ortiz, con una mención especial al equipo CENEPE (Centro de Neurocirugía Pediátrica) en Sao Paulo – Brasil, especialmente a la Prof. Nelci Zanon Collange MD quienes me acogieron tanto profesional como académicamente en mi pasantía internacional; a mis compañeros del posgrado Estefanía Bayas, Sebastián Salvador, Frank Chamba; a las asistentes administrativas de la Escuela de Especialidades Médicas Alexandra Huertas y Consuelo Santamaría por su apoyo constante.

A mi familia, principalmente mis padres Darwin Cevallos Granda y Mónica Navia Espín por y para quienes he logrado alcanzar esta meta, a mi abnegada hermana Gila Cevallos Navia compañera de vida a quien le dedico este trabajo; y a mi novio Paúl Noboa por su paciencia y apoyo. Y a todos aquellos que han contribuido antes y durante el tránsito de este arduo, largo y hermoso camino en la Neurocirugía.

Este trabajo es el resultado de la contribución invaluable de cada uno de ustedes.
¡Gracias por formar parte de este logro!

RESUMEN

Título

Potencial asociación entre meningiomas, altitud y grado de exposición solar en pacientes ecuatorianos: una nueva hipótesis de probable causalidad.

Introducción

La asociación de la exposición a diferentes fuentes de radiación ionizante con la presentación de meningiomas está documentada, sin embargo, destaca la falta de estudios concluyentes sobre los efectos de la radiación no ionizante en su aparición. En Ecuador, factores ambientales como la radiación solar exponenciada por la altitud, la dirección de ingreso terrestre de los rayos UV y la nubosidad frecuente podrían influir en daños sistémicos, planteando una posible relación entre la exposición prolongada en estas condiciones características y la prevalencia de meningiomas.

Objetivos

Determinar una posible relación entre la prevalencia de meningiomas y la exposición prolongada a radiación no ionizante -solar- (ultravioleta) en población ecuatoriana.

Métodos

Se realizó un análisis epidemiológico retrospectivo que evaluó 405 pacientes con diagnóstico de meningioma en dos hospitales de referencia en Quito, Ecuador, entre junio de 2018 y junio de 2023. Los participantes se dividieron en dos grupos según su ubicación en altitud geográfica y tiempo acumulativo de exposición a radiación solar no ionizante. Se excluyeron pacientes con antecedentes de radiación ionizante, meningiomatosis, condiciones

genéticas concomitantes y edad pediátrica. Se recopilaron datos demográficos, exposición solar, características tumorales y clínicas mediante registros médicos y cuestionarios. La recolección de datos se estandarizó y llevó a cabo de forma controlada, utilizando herramientas estadísticas como Rstudio y IBM SPSS para análisis descriptivos y pruebas de asociación, estableciendo una significancia estadística de $p < 0,05$ y, empleando regresión logística ordinal para determinar la relación entre el grado de meningioma, la altitud y la exposición solar acumulativa.

Resultados

Se encontró una relación estadísticamente significativa entre el tiempo de exposición solar mayor a dos horas y la severidad del meningioma, mientras que otras variables como tipo de exposición solar, horarios específicos, altitud geográfica o uso de protección conllevan gran relevancia clínica por las características demográficas propias de la población estudiada.

Conclusión

Se sugiere una relación entre la exposición prolongada a la radiación solar en zona ecuatorial, (relacionada con la altitud geográfica y características intrínsecas), con la prevalencia de meningiomas más graves (grado II - III). Se destaca la necesidad de más estudios para determinar el papel exacto de la radiación solar en la aparición de esta patología en regiones ecuatoriales.

Palabras clave: meningioma, factores de riesgo, radiación solar, ultravioleta, radiación no ionizante, zona ecuatorial, latitud, altitud geográfica.

ABSTRACT

Title

Potential association between meningiomas, altitude and degree of sun exposure in ecuadorian patients: a novel hypothesis of likely causality.

Introduction

While the association between exposure to various sources of ionizing radiation and the onset of meningiomas is documented, there remains a lack of conclusive studies on the effects of non-ionizing radiation in their occurrence. In Ecuador, environmental factors such as solar radiation amplified by altitude, the direction of UV rays' terrestrial ingress, and frequent cloud cover might influence systemic damage, suggesting a possible link between prolonged exposure under these distinct conditions and the prevalence of meningiomas.

Objectives

To determine a potential relationship between meningioma prevalence and prolonged exposure to non-ionizing - solar - (ultraviolet) radiation in the Ecuadorian population.

Methods

A retrospective epidemiological analysis was conducted, evaluating 405 patients diagnosed with meningioma at two reference hospitals in Quito, Ecuador, between June 2018 and June 2023. Participants were categorized into two groups based on their geographical altitude and cumulative time of non-ionizing solar radiation exposure. Patients with a history of ionizing radiation, meningiomatosis, concurrent genetic conditions, and pediatric age were excluded. Demographic data, sun exposure, tumor characteristics, and clinical features were

collected through medical records and questionnaires. Data collection was standardized and conducted in a controlled manner, employing statistical tools like Rstudio and IBM SPSS for descriptive analysis, association testing (with statistical significance set at $p < 0.05$), and using ordinal logistic regression to determine the relationship between meningioma grade, altitude, and cumulative solar exposure.

Results

A statistically significant relationship was found between exposure time exceeding two hours to solar radiation and meningioma severity. Other variables such as the type of solar exposure, specific timings, geographical altitude, or use of protection were clinically relevant due to demographic characteristics inherent in the studied population.

Conclusion

A potential association is suggested between prolonged exposure to solar radiation in the equatorial zone (related to geographical altitude and intrinsic characteristics) and the prevalence of more severe meningiomas (grade II - III). The necessity for further studies to elucidate the precise role of solar radiation in the onset of this pathology in Ecuadorian regions is emphasized.

Keywords: meningioma, risk factors, solar radiation, ultraviolet, non-ionizing radiation, equatorial zone, latitude, geographical altitude.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	8
Abstract	10
Abreviaciones.....	13
Índice de tablas.....	15
Introducción	16
Revisión de la literatura.....	24
Metodología y diseño de la investigación	25
Resultados	29
Discusión.....	38
Conclusiones	42
Referencias	43
Índice de anexos	48
Anexos.....	49

ABREVIACIONES

ADN: Ácido desoxirribonucleico

CEISH: Comité de ética e investigación en seres humanos

C.I.: Confidence interval (intervalo de confianza)

EMA: Estación de medición atmosférica

Etc.: etcétera

HCAM: Hospital Carlos Andrade Marin

HEE: Hospital Eugenio Espejo

IARC: Agencia internacional para la investigación del cáncer

IBM SPSS: Statistical Package for the Social Sciences

INAMHI: Instituto nacional de meteorología e hidrología de Ecuador

IQR: Rango intercuartílico

m.s.n.m.: metros sobre el nivel del mar

MDPI: Multidisciplinary Digital Publishing Institute

nm: nanómetros

n= número

NASA: National Aeronautics and Space Administration

OMS: Organización Mundial de la Salud

OMI: Instrumento holandés de monitoreo de ozono

OR: Odds Ratio

O3: ozono

SENESCYT: Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación

USFQ: Universidad San Francisco de Quito

UV: Ultravioleta

UVA: Longitud de onda tipo A de radiación ultravioleta

UVB: Longitud de onda tipo B de radiación ultravioleta

UVC: Longitud de onda tipo C de radiación ultravioleta

UVI: Índice de radiación ultravioleta

°S: South (sur)

°W: West (oeste)

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA # 1: Distribución de los pacientes por altitud donde desempeñan sus actividades según características sociodemográficas.

TABLA # 2: Distribución de pacientes por altitud geográfica de desenvolvimiento según sus características clínicas y de exposición a radiación solar (no ionizante).

TABLA # 3: Distribución de pacientes de acuerdo con el grado OMS de meningioma y características sociodemográficas.

TABLA # 4: Distribución de pacientes respecto al grado de meningioma (clasificación OMS) y factores de exposición solar.

TABLA # 5: Relación multivariante para predecir el grado de meningioma.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Los meningiomas representan el tipo de tumor primario intracraneal más común del sistema nervioso central (37,6 % [1] de todos los casos). Se originan en las células aracnoides que se encuentran en la capa interna de la duramadre, mismas que derivan de precursores meníngeos provenientes del mesodermo y la cresta neural [6]. Se ha observado que la incidencia de meningiomas aumenta proporcionalmente con la edad, siendo más alta en personas mayores de 65 años [1], además de una mayor prevalencia en la población afrodescendiente y predominio femenino en los casos de meningiomas benignos [6]. A pesar de considerarse comúnmente como una patología de naturaleza benigna, la morbilidad de los meningiomas está frecuentemente asociada a déficits neurológicos localizados, episodios convulsivos y por ende una disminución en la calidad de vida del paciente [7].

Se ha documentado que la exposición a radiación ionizante a nivel craneal aumenta la posibilidad de desarrollar meningiomas, con un riesgo relativo de seis a diez veces mayor luego de un período de latencia variable [8]. Otros factores epidemiológicos como historial de traumatismo craneal, tabaquismo y uso de teléfonos celulares (radiación no ionizante) han sido estudiados sin haber demostrado consistentemente una asociación significativa con un mayor riesgo de presentación de meningiomas [7]. Por otro lado, no se encontró en la literatura mundial estudios específicos que investiguen la posible asociación entre la exposición prolongada a radiación solar (ultravioleta) y el desarrollo de meningiomas.

Problema de investigación

El estudio que proponemos plantea como hipótesis médica la posible asociación causal indirecta de la exposición prolongada - acumulativa a radiación solar con la prevalencia de

meningiomas en la población ecuatoriana, tomando en cuenta que nos encontramos en una zona geográfica caracterizada por recibir una intensa radiación solar debido a su geolocalización cercana al ecuador terrestre (latitud 0°0'0") determinadas por intensidad solar, poca variación estacional, temperaturas elevadas, estaciones húmedas y secas condicionando que el índice de radiación ultravioleta sea más frecuente e intenso durante varias horas del día, comparativamente con otras regiones geográficas a nivel mundial.

Justificación

La presentación de meningiomas se ha asociado ampliamente con la exposición a radiación ionizante entre una de sus muchas variables desencadenantes; sin embargo, a la fecha, no existen estudios concluyentes respecto a los efectos sobre su aparición tras la exposición a otras fuentes de radiación, como las no ionizantes.

En este contexto, y tras la observación documentada de encontrarnos en una zona geográfica donde diversos factores climáticos y ambientales (en Ecuador la radiación ultravioleta incrementa aproximadamente 10% por cada 1,000 metros de elevación en la altitud sobre el nivel del mar [4]; además, está travesado por la latitud 0°0'0", lo cual condiciona que la dirección de los rayos ultravioleta ingresen de forma perpendicular a la superficie terrestre de nuestro territorio; la nubosidad frecuente, entre otras características particulares de nuestro entorno) potencian los efectos sistémicos nocivos de la exposición acumulativa a dicha radiación en esta población; por lo que surge la necesidad de documentar su posible asociación indirecta del desarrollo de meningiomas intracraneales en la población ecuatoriana.

Objetivos

General.

Determinar una posible relación causal entre la prevalencia de meningiomas y la exposición prolongada, acumulativa a radiación no ionizante -solar- (ultravioleta) en población ecuatoriana.

Específicos.

1. Recolección de datos estadísticos en cuanto a la posible relación causal entre factores medioambientales (radiación no ionizante – solar) y la presentación de meningiomas en dos instituciones de tercer nivel y referencia nacional en Quito - Ecuador.

2. Elaboración de base de datos inicial para recolección de información epidemiológica específica en cuanto a la prevalencia de meningiomas y factores sociodemográficos con la finalidad de alcanzar una mayor comprensión del comportamiento de este tipo de tumores y así dirigir estrategias de abordaje ajustadas a la población ecuatoriana étnicamente distintiva.

Marco teórico

Los meningiomas comprenden alrededor del 37% [1] de todos los tumores primarios del sistema nervioso central; con una incidencia general de 8,3 por 100 000 personas [1], dependiendo de la edad aumentando de 0,14 por 100 000 en niños de 0 a 19 años [1], hasta 37,75 por 100 000 en el grupo de 75 a 84 años [1]; además, se ha observado mayor prevalencia en afroamericanos en comparación con caucásicos y, un predominio preponderante en el sexo femenino (2,27:1) [2]. De acuerdo con la clasificación histopatológica de la OMS, el 81,1% son grado I (típicos), el 16,9 % son grado II (atípicos) y el 1,7 % son grado III (anaplásicos) [4], es decir, alrededor del 20% de estos tumores son de grado II y III, considerados meningiomas de alto grado [6]. Tienden a experimentar un crecimiento lineal con una tasa de incremento tumoral de 2 a 4 milímetros por año [6].

Existen varios factores de riesgo tanto intrínsecos como extrínsecos (factores medioambientales) asociados a la presentación de meningiomas, siendo la exposición a

radiación ionizante el principal factor de riesgo ambiental identificado, con informes que indican un riesgo relativo de 6 a 10 veces mayor, esto documentado en individuos expuestos a niveles altos de radiación (como los sobrevivientes de la bomba atómica que muestran un riesgo considerablemente mayor de presentar meningiomas) como también la exposición a niveles más bajos de radiación (niños que recibieron radioterapia para tratar la *tinea capitis* en Israel entre 1948 y 1960, quienes presentaron un riesgo relativo de casi 10 para el desarrollo de meningioma) [9]. Otras formas de radiación, como la no ionizante, constituyen un campo de exploración aún no abordado.

En este sentido, la radiación consiste en una emisión de energía [12] procedente de cualquier tipo de fuente. Existen dos tipos de radiación: ionizante y no ionizante [13]. La radiación ionizante tiene tanta energía que destruye los electrones de los átomos, proceso que se conoce como ionización, pudiendo afectar a los átomos en seres vivos (daña el tejido y el ADN de los genes), sus fuentes de origen comprenden, por ejemplo, máquinas de rayos X, partículas cósmicas del espacio exterior, elementos radiactivos [12]. La radiación no ionizante actúa eliminando electrones de átomos y moléculas de materiales que incluyen aire, agua y tejido vivo; dentro de este tipo de radiación están las ondas de radio, la luz visible y microondas [18].

La radiación ultravioleta (UV) constituye parte del espectro electromagnético que se extiende entre 100 y 400 nanómetros (nm) en términos de longitud de onda, siendo el sol la principal fuente natural de exposición humana; se ha visto que ciertas dosis estándar de UV resultan beneficiosas para la salud humana, ya que estimulan la circulación sanguínea, poseen propiedades antisépticas y fomentan la producción de vitamina D en la piel [14]. La OMS recomienda alrededor de 5 a 15 minutos de exposición al sol de 2 a 3 veces por semana para obtener suficiente vitamina D de forma segura [13].

No obstante, la sobreexposición a esta radiación se ha asociado a riesgos para la salud; entre los efectos más comunes a corto plazo se incluyen quemaduras solares en piel (eritema solar) [15]; Por otro lado, la exposición prolongada puede conllevar al envejecimiento prematuro de la piel (fotoenvejecimiento) y el desarrollo de cáncer (fotocarcinogénesis) [15], así como cataratas y otras afecciones oculares [4]. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha clasificado la exposición excesiva a los rayos UV como cancerígena para los seres humanos [16].

La radiación UV abarca tres bandas de longitud de onda: UVA (315–400 nm, 3.94–3.10 eV), UVB (280–315 nm, 4.43–3.94 eV) y UVC (100–280 nm, 12.4–4.43 eV) [5]. Durante su trayectoria a través de la atmósfera, los rayos UV pueden ser absorbidos, reflejados y dispersados; la absorción de la radiación UVB se ve fuertemente influenciada por la cantidad de ozono (O₃) presente en la atmósfera, además, los rayos UV suelen ser reflejados y dispersados principalmente por el nitrógeno atmosférico y el oxígeno; en condiciones de cielo despejado (sin nubes), la exposición máxima a los rayos UV ocurre durante el mediodía solar, momento en el cual el sol alcanza su punto más alto en el cielo y atraviesa el meridiano de una longitud geográfica específica [5].

El efecto de las nubes es complejo, ya que pueden absorber, reflejar y dispersar los rayos UV; es así como durante días nublados, pueden reducir significativamente la cantidad de estos rayos solares que alcanzan la superficie terrestre (compuestos aproximadamente en un 95% por UVA y en un 5% por UVB), sin embargo, en días con presencia parcial de nubes la radiación UV puede ser mayor que en condiciones de cielo claro [18]. La radiación UVA puede afectar el ADN favoreciendo la formación de dímeros de timina [19]. A pesar de que el ozono absorbe la mayor parte de la radiación UVB (95%), este tipo tiene un mayor potencial para causar quemaduras solares y efectos fotocarcinogénicos (riesgo incrementado de afectación de ADN

y otros daños celulares en los organismos vivos; los rayos UVC son los más dañinos y son absorbidos casi por completo por nuestra atmósfera [20].

Los procesos químicos en la atmósfera superior tienen un impacto significativo en la preservación del ozono atmosférico. Anualmente se forma un "agujero" de adelgazamiento de esta capa sobre la región de la Antártida, en ocasiones extendiéndose hacia áreas habitadas de América del Sur, lo que incrementa los niveles de radiación UV perjudicial como se ha mencionado anteriormente. El Instrumento Holandés de Monitoreo de Ozono (OMI), a bordo del satélite Aura de la NASA, realiza mediciones de gases cruciales para entender la química del ozono y la calidad del aire. La representación visual refleja la cantidad de ozono atmosférico en unidades Dobson (medida estándar para evaluar la concentración de ozono). Estos datos facilitan a los científicos estimar la intensidad de la radiación UV que alcanza la superficie terrestre, así como prever días con índices UV elevados [21].

Resaltando el gran impacto del cambio climático en nuestra actualidad, nos encontramos ante el aumento de niveles de radiación UV en la superficie terrestre al estar influenciado directamente por la recuperación esperada del agotamiento del ozono estratosférico (causado por algunos gases de efecto invernadero) o al modificar gases troposféricos (comprenden aquellos que se encuentran en la tropósfera, la capa más baja de la atmósfera terrestre que se extiende desde la superficie de la Tierra hasta aproximadamente 10-15 kilómetros de altura; crucial para la vida ya que contiene la mayor parte del oxígeno que respiramos y regula en gran medida los fenómenos meteorológicos) y nubes que absorben la radiación UV. Además, se sabe que la exposición a los diferentes tipos de radiación ultravioleta (UVA, UVB y UVC) incrementa a medida que disminuye la distancia al ecuador y con cada aumento de 300 metros en la altitud sobre el nivel del mar, se incrementa la radiación UV en un 4% (por ejemplo, Quito y la región interandina de Ecuador, ubicadas a unos 2800-3000 metros sobre el nivel del mar,

están expuestas a niveles de radiación UV aproximadamente un 40% más altos que las regiones de menor altitud) [22].

Por estos motivos surge el Índice Global de Radiación Ultravioleta (UVI) como una herramienta utilizada por la Organización Mundial de la Salud [4], la Organización Meteorológica Mundial, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante, para describir la radiación solar UV en la superficie terrestre. Clasifica los niveles de UV en 5 categorías (de 0 a >11) [5]. La zona urbana de Quito está situada en las proximidades de la línea ecuatorial a una altitud de 2850 m.s.n.m., por lo que se encuentra expuesta a niveles elevados de UVI, con variaciones a lo largo del año influenciadas por varios factores: presencia de ozono en la atmósfera, la inclinación directa de la radiación solar en la región ecuatorial, las pautas climáticas locales relacionadas con la nubosidad y las precipitaciones, además de los efectos de los aerosoles atmosféricos [22] ya mencionados.

Un estudio que enfoca el análisis de datos de ozono en territorio ecuatoriano específicamente en la Estación de Medición Atmosférica de la Universidad San Francisco de Quito -EMA USFQ- (sitio de importante altitud en los Andes latitud 0.19°S , 78.4°W y 2391 m.s.n.m.) reportó que los niveles de ozono troposférico en el sitio de EMA eran generalmente bajos en comparación con otros lugares de observación cercanos al nivel del mar en el Pacífico y Atlántico, lo cual sugirió una concentración relativamente menor de ozono en la tropósfera de la región [26]. Otro estudio que monitorizó la radiación UV mediante estaciones meteorológicas instaladas por el proyecto de INAMHI y SENESCYT en Ecuador, registraron un aumento en los niveles de UVI (superaron el corte "extremo" estandarizado por OMS, indicando una mayor exposición de radiación UV) [22].

Un trabajo [5] que recogió información de varias instituciones que se encargan de la monitorización de UVI en Quito, documentó que niveles superiores a 11,0 son típicos en esta

área, incluso llegando a ser mayores a 16,0 (fluctuando de acuerdo al mes y semestre anual en función de varios factores físicos que condicionan la entrada de los rayos ultravioleta); por lo tanto, se observó que los niveles máximos de radiación ultravioleta en Quito no necesariamente ocurrían alrededor del mediodía solar local [5]. En días con presencia parcial de nubes, la radiación ultravioleta puede ser mayor que en condiciones de cielo despejado [28]; por otro lado, en otra investigación se plantearon tiempos de exposición a los rayos UV específicos, asociados netamente a daño cutáneo entre el horario de 11:00 a 14:00 horas [30].

En este sentido, se observó además que el porcentaje de días al mes con valores extremos de UVI (mayor a 16 de acuerdo a OMS) varió entre 40,0% y 76,1% [5]; observando que un tiempo de exposición de 30 minutos tendría un impacto en términos de daño cutáneo en personas con piel sudamericana, 10 a 13 min para piel pálida (celta, anglosajona), 17 min para piel caucásica, 20 min para piel mediterránea y 63 min para piel negra [30].

En las últimas décadas se ha reportado un aumento notable en la incidencia de tumores cerebrales primarios, especialmente meningiomas, en varios países, en probable relación a múltiples factores como el envejecimiento demográfico, mejor acceso a la atención médica, avances en métodos diagnósticos, cambios en la clasificación de los tumores en registros y un mayor índice de confirmación histológica; con influencia de factores intrínsecos de riesgo como género, etnia, historial médico y antecedentes familiares, además de factores externos (campos electromagnéticos, nutrición, pesticidas, factores hormonales, etc.) que a lo largo del tiempo pueden impactar hipotéticamente las tendencias de incidencia de meningiomas [33].

REVISIÓN DE LA LITERATURA

Se presenta una revisión detallada de la literatura respecto a todos los estudios que investigan la exposición a la radiación solar (ultravioleta) y la presentación de meningiomas intracraneales, realizando una búsqueda organizada en las distintas bases de datos disponibles: Medline, Pubmed, Cochrane, Embase, ResearchGate y science citation index, utilizando las palabras clave definidas para este proyecto de investigación. Se consideraron todos los tipos de artículos publicados a la fecha.

Para recopilar datos relevantes sobre la radiación solar y su distribución geográfica, además se llevó a cabo una búsqueda de información a través de las plataformas web: Global Solar Atlas, INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología de Ecuador), OMS, Geodatos, MDPI open access journals; mismas que proporcionaron información precisa y actualizada sobre la radiación solar a nivel local y mundial, constituyendo una herramienta fundamental para comprender la variabilidad y la distribución geográfica de la radiación solar en diferentes regiones del mundo.

METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Diseño del estudio

Se trata de un estudio epidemiológico, observacional, retrospectivo con dos grupos de pacientes.

Número de participantes

n = 405

Escenarios

Investigación realizada en dos centros hospitalarios de referencia nacional (Hospital Carlos Andrade Marín –HCAM- y Hospital Eugenio Espejo –HEE-) localizados en Quito (capital de Ecuador), recopilando una muestra total de 405 pacientes con diagnóstico histopatológico de meningioma distribuidos en dos grupos demográficos caracterizados por su ubicación geográfica y tiempo acumulativo de exposición a radiación solar (no ionizante - ultravioleta), atendidos entre junio de 2018 y junio de 2023.

Participantes

Se incluyeron pacientes con diagnóstico histopatológico de meningioma, de nacionalidad ecuatoriana, con edades entre 18 a 85 años, ambos sexos y de cualquier grupo étnico, asistidos tanto en HCAM como HEE; en este sentido, se conformaron dos grupos de pacientes quienes se categorizaron de acuerdo a su ubicación geográfica de desempeño (residencia y/o lugar de trabajo por un periodo mayor a 5 años) determinada en metros de altura sobre el nivel del mar (grupo 1 < 2000 y grupo 2 ≥ 2000 m.s.n.m.) y, el tiempo acumulativo de exposición a radiación solar (no ionizante o ultravioleta) subcategorizado en horario promedio

de exposición diaria. Fueron excluidos de este estudio aquellos pacientes con dos o más meningiomas y/o meningiomatosis, antecedentes de radiación ionizante por cualquier causa, afecciones genéticas concomitantes (ejemplo: neurofibromatosis, síndromes hereditarios, etc.), edad pediátrica.

Variables

Las características demográficas comprendían sexo, nacionalidad, edad al momento del diagnóstico, grupo de edad, etnia, procedencia (urbano o rural), lugar de nacimiento (determinada por la región costa, sierra, oriente o insular), lugar de residencia (mayor a 5 años), nivel de escolaridad, tipo de ocupación (trabajo de campo o en interior), localidad de desempeño (mayor a 5 años), zona de trabajo (determinada en altitud geográfica -m.s.n.m.-), tipo de exposición solar (laboral o cotidiano), horario de mayor exposición solar, tiempo de exposición solar acumulada (al día), uso de protección solar (gorros, cascos, sombreros), tiempo acumulativo estimado de exposición solar, diagnóstico histopatológico (grado de meningioma de acuerdo a clasificación OMS), ubicación tumoral (craneal).

Fuente de datos

La información relevante se obtuvo a través de registros electrónicos y del expediente médico de cada paciente en el archivo de los departamentos de Neurocirugía de cada hospital participante. Estos datos se registraron de forma anonimizada, anulando su identificación individualmente previa al análisis estadístico respectivo.

Mediciones

Se realizó de forma complementaria un cuestionario puntual respecto a la exposición solar completando las variables cuantitativas antes descritas.

Control del sesgo

Una sola persona recopiló la información. Se utilizó una hoja de recolección de datos estandarizada para su efecto.

Tamaño del estudio

Este estudio comprende 405 pacientes con diagnóstico histopatológico de meningioma documentado tras intervención neuroquirúrgica comparando entre los distintos grupos de altitud geográfica de desenvolvimiento determinada bajo o sobre los 2000 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).

VARIABLES CUANTITATIVAS

Estas comprenden la edad, etnia, procedencia (urbano o rural), lugar de nacimiento (determinada por la región costa, sierra, oriente o insular), lugar de residencia (mayor a 5 años), nivel de escolaridad, tipo de ocupación (trabajo de campo o en interior), localidad de desempeño (mayor a 5 años), zona de trabajo (determinada en altitud geográfica -m.s.n.m.-), diagnóstico histopatológico (grado de meningioma de acuerdo a clasificación OMS y subagrupados de acuerdo a agresividad), ubicación tumoral.

Métodos estadísticos

El análisis se realizó mediante los paquetes estadísticos Rstudio e IBM SPSS versión 29 para lo cual se empleó estadística descriptiva utilizando tablas para representar los valores absolutos y relativos de las variables cualitativas, además de medidas de posición para las variables cuantitativas. Se verificó el supuesto de normalidad de la variable edad mediante Kolmogorov Smirnov, donde se utilizó la prueba de Mann Whitney para comparar entre los grupos de altitud, así como para el grado de meningioma. Se relacionaron las características

demográficas, clínicas y exposición entre los grupos altitud (ubicación geográfica) y el grado de meningioma mediante la prueba chi-cuadrado o el estadístico exacto de Fisher. Además, se empleó regresión logística ordinal para determinar la relación entre el grado de meningioma, la altitud (ubicación geográfica) y el tiempo acumulativo de exposición a radiación solar. La significancia estadística se estableció para $p\text{-valor} < 0,05$.

Aspectos éticos

Toda la información se obtuvo de manera confidencial y fueron anónimos todos los datos individuales recaudados. La autora principal de esta investigación conserva los estos datos en un solo dispositivo electrónico de acuerdo a la normativa de custodia de información por un lapso aproximado de 10 años.

RESULTADOS

Para determinar una posible relación indirecta entre la prevalencia de meningiomas y la exposición acumulativa a radiación no ionizante ultravioleta -solar-, la muestra estuvo conformada por 405 pacientes atendidos en el Hospital Carlos Andrade Marín y Hospital Eugenio Espejo de Quito - Ecuador, en el periodo de junio 2018 a junio 2023.

Tabla 1. Distribución de los pacientes por altitud donde desempeñan sus actividades según características sociodemográficas.

Características sociodemográficas	Total	Altitud de desempeño		p-valor
		< 2000 m.s.n.m.	≥ 2000 m.s.n.m.	
<i>Edad</i> (mediana (IQR)) ^{1/}	51 (43-62)	50 (43-59)	52 (42-62)	0,590
<i>Sexo</i> n (%) ^{2/}				
Hombre	123 (30,37)	27 (32,14)	96 (29,91)	0,692
Mujer	282 (69,63)	57 (67,86)	225 (70,09)	
<i>Etnia</i> n (%) ^{2/}				
Afroamericano	19 (4,69)	15 (17,86)	4 (1,25)	<0,001*
Nativo	1 (0,25)	1 (1,19)	0 (0)	
Mestizo	385 (95,06)	68 (80,95)	317 (98,75)	
<i>Procedencia</i> n (%) ^{2/}				
Urbano	183 (45,19)	17 (20,24)	166 (51,71)	<0,001*
Rural	222 (54,81)	67 (79,76)	155 (48,29)	
<i>Nivel de escolaridad</i> n (%) ^{2/}				
Ninguna	3 (0,74)	2 (2,38)	1 (0,31)	<0,001*
Primaria	193 (47,65)	59 (70,24)	134 (41,74)	
Secundaria	178 (43,95)	17 (20,24)	161 (50,16)	
Superior	31 (7,65)	6 (7,14)	25 (7,79)	
<i>Tipo de ocupación</i> n (%) ^{2/}				
Trabajo de campo ⁺	125 (30,86)	33 (39,29)	92 (28,66)	0,061
Trabajo en interior [°]	280 (69,14)	51 (60,71)	229 (71,34)	

Localidad de desempeño n (%)^{2/}

Costa	56 (13,83)	56 (65,88)	0 (0)	
Sierra	327 (80,74)	7 (8,24)	320 (100)	<0,001*
Oriente	22 (5,43)	22 (25,88)	0 (0)	

Nota: 1/ prueba Mann Whitney, IQR=Rango Intercuartílico, 2/ Prueba Chi cuadrado, * significancia estadística, + trabajo de campo: actividades realizadas fuera de un entorno cubierto, ° trabajo en interior: actividades desarrolladas en escenarios cubiertos (techados).

Fuente: Hospitales participantes, Elaboración propia

En la **tabla 1** se analiza la distribución total de pacientes de acuerdo con sus características sociodemográficas y su relación con la altitud geográfica. Es así como, en relación con la edad se observa una mediana de 51 años (IQR: 43-62), sin diferencias estadísticamente significativas entre pacientes que desempeñan actividades a menor o mayor altitud (< o \geq 2000 m.s.n.m.).

Respecto al sexo, la proporción fue de 3:7 hombres vs mujeres respectivamente, sin encontrar diferencias significativas en la distribución por sexo entre los dos grupos de altitud.

Al evaluar la etnia, se identificaron discrepancias estadísticamente significativas en cuanto a su distribución por altitud geográfica, mostrando una relación entre esta y la distribución de las diferentes etnias dentro de la muestra estudiada: así, el subgrupo afroamericano tuvo mayor presencia a altitudes < 2000 m.s.n.m., lo cual indica una concentración más marcada de individuos afroamericanos en áreas de menor altitud. Por otro lado, en el subgrupo mestizo se observó una tendencia inversa predominando en 18,2% a \geq 2000 m.s.n.m., sugiriendo una mayor concentración de individuos mestizos en áreas de mayor altitud.

En cuanto a la procedencia (urbana o rural), también se evidenció una diferencia significativa entre las altitudes; aquellos de procedencia rural presentaron una mayor proporción a < 2000 m.s.n.m. en comparación con altitud superior donde prevalecía la población urbana de acuerdo con la muestra estudiada.

En relación con el nivel de escolaridad, se observaron diferencias estadísticamente significativas, encontrando que los pacientes con educación primaria tuvieron mayor presencia a altitudes < 2000 m.s.n.m., mientras que aquellos con educación secundaria o superior predominaron a altitudes \geq 2000 m.s.n.m.

Al analizar el tipo de ocupación, aunque no se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa, se documentó una ligera tendencia hacia un mayor porcentaje de pacientes con trabajo de campo a altitudes < 2000 m.s.n.m.

Y finalmente, la localidad (zona geográfica) mostró una menor proporción global de pacientes que se desenvuelven en altitudes < 2000 m.s.n.m. (costa u oriente ecuatoriano), mientras que a nivel de la sierra ecuatoriana se observó una mayor presencia a altitudes \geq 2000 m.s.n.m., diferencias estadísticamente significativas en relación con la topografía variable de nuestro país.

Tabla 2. Distribución de pacientes por altitud geográfica de desenvolvimiento según sus características clínicas y de exposición a radiación solar (no ionizante).

Características clínicas y de exposición a radiación solar	Total	Altitud de desempeño		p-valor
		< 2000 m.s.n.m.	\geq 2000 m.s.n.m.	
<i>Meningioma clasificación OMS n (%)</i>				
Grado I (Grupo A)	374 (92,35)	81 (95,29)	293 (91,56)	0,250
Grado II-III (Grupo B)	31 (7,65)	4 (4,71)	27 (8,44)	
<i>Ubicación tumoral n (%)</i>				
Convexidad	130 (32,1)	26 (30,59)	104 (32,5)	0,069
Parasagital	78 (19,26)	12 (14,12)	66 (20,63)	
Hoz cerebral	38 (9,38)	10 (11,76)	28 (8,75)	
Intraventricular	9 (2,22)	1 (1,18)	8 (2,5)	
Ángulo pontocerebeloso	33 (8,15)	13 (15,29)	20 (6,25)	
Petroclival	13 (3,21)	2 (2,35)	11 (3,44)	

Orbitario - Surco olfatorio	23 (5,68)	5 (5,88)	18 (5,63)	
Esfenoidal y Fosa media	56 (13,83)	9 (10,59)	47 (14,69)	
Facotensoriales	18 (4,44)	7 (8,24)	11 (3,44)	
Ectópicos	7 (1,73)	0 (0)	7 (2,19)	
<i>Tipo de exposición solar n (%)</i>				
Laboral	126 (31,11)	33 (38,82)	93 (29,06)	0,084
Cotidiano	279 (68,89)	52 (61,18)	227 (70,94)	
<i>Horario exposición solar n (%)</i>				
7:00-10:59	99 (24,44)	35 (41,18)	64 (20)	<0,001*
11:00-12:59	190 (46,91)	34 (40)	156 (48,75)	
13:00-14:59	52 (12,84)	6 (7,06)	46 (14,38)	
15:00-18:00	64 (15,8)	10 (11,76)	54 (16,88)	
<i>Tiempo de exposición n (%)</i>				
<1 hora	165 (40,74)	14 (16,47)	151 (47,19)	<0,001*
1-2 horas	106 (26,17)	32 (37,65)	74 (23,13)	
>2 horas	134 (33,09)	39 (45,88)	95 (29,69)	
<i>Uso de protección n (%)</i>	165 (40,74)	40 (47,06)	125 (39,06)	0,182

Nota: Prueba Chi cuadrado, * significancia estadística, m.s.n.m. metros sobre el nivel del mar.

Fuente: Hospitales participantes, Elaboración propia

En la **tabla 2** se establecen un conjunto de variables evaluando la relación entre las características clínicas, la exposición a la radiación solar (no ionizante) y la altitud geográfica en pacientes con diagnóstico de meningioma.

Basados en la clasificación OMS de meningiomas, se establecieron dos grupos de análisis (Grupo A: grado OMS I y Grupo B: grado OMS II – OMS III) observando una mayor proporción de pacientes con meningiomas grado I, sin presentar una diferencia estadísticamente significativa en relación con la altitud geográfica; sin embargo, no es posible descartar alguna relevancia clínica al respecto.

En cuanto a la localización tumoral y su relación con la altitud geográfica, se identificaron las ubicaciones más comunes (en orden de frecuencia): convexidad, parasagital,

esfenoidal - fosa media, hoz cerebral, ángulo pontocerebeloso, orbitario - surco olfatorio, facotentoriales, petroclivales, intraventriculares y ectópicos; sin embargo, al realizar pruebas estadísticas no se encontró una asociación estadísticamente significativa entre la ubicación tumoral y la altitud de desenvolvimiento.

Al analizar el tipo de exposición solar en relación con la altitud, se evaluó la distribución porcentual en dos grupos establecidos como “laboral” (es decir, categoría de pacientes cuya exposición a la radiación solar es de carácter ocupacional) y “cotidiano” (comprende los pacientes expuestos al sol de forma habitual de acuerdo con sus actividades rutinarias y el escenario medioambiental en el que se desarrollan); se observó una mayor proporción de pacientes con exposición cotidiana vs laboral (7:3 respectivamente). Al desglosar estos datos se aprecia que la *exposición laboral* se presenta con una diferencia porcentual del 25,15% a < 2000 m.s.n.m. vs mayor altitud, mientras que la *exposición cotidiana* presenta una diferencia porcentual del 15,96% a \geq 2000 m.s.n.m. vs menor altitud. Sin embargo, estas diferencias no alcanzan significancia estadística ($p > 0,05$).

Con relación al horario de exposición solar y la altitud geográfica, se observó una diferencia estadística relevante en el grupo que se expuso entre las 7:00 a 11:00 horas con una mayor proporción (2:1 aproximada) en el grupo de < 2000 m.s.n.m. vs altitud \geq 2000 m.s.n.m.

El tiempo de exposición también presentó una relación estadísticamente significativa tanto en el grupo con exposición solar menor a 1 hora que presentó una mayor proporción a una altitud \geq 2000 m.s.n.m., mientras que en el grupo de exposición solar de más de 2 horas se observó una mayor proporción de pacientes a menor altitud (< 2000 m.s.n.m.).

Por último, en cuanto al uso de protección (determinado por el empleo de medidas de barrera solar que incluyen diversos recursos físicos de uso común con frecuencia indeterminada y no estandarizado relatados por los pacientes, tales como gorras o sombreros, etc.) no se observó una diferencia significativa entre los dos grupos de altitud geográfica.

Tabla 3. Distribución de pacientes de acuerdo con el grado OMS de meningioma y características sociodemográficas.

Características Sociodemográficas	Meningioma		p-valor
	clasificación OMS		
	Grado I (Grupo A)	Grado II-II (Grupo B)	
Edad (mediana (IQR)) ^{1/}	52 (43-61)	50 (35-66)	0,251
Sexo n (%) ^{2/}			
Hombre	109 (29,14)	14 (45,16)	0,069
Mujer	265 (70,86)	17 (54,84)	
Etnia n (%) ^{2/}			
Afroamericano	18 (4,81)	1 (3,23)	0,884
Nativo	1 (0,27)	0 (0)	
Mestizo	355 (94,92)	30 (96,77)	
Procedencia n (%) ^{2/}			
Urbano	166 (44,4)	17 (54,8)	0,261
Rural	208 (55,6)	14 (45,2)	
Tipo de ocupación n (%) ^{2/}			
Trabajo de campo	112 (29,9)	13 (41,9)	0,165
Trabajo en el interior	262 (70,1)	18 (58,1)	
Localidad de desempeño n (%) ^{2/}			
Costa	53 (14,17)	3 (9,68)	0,642
Sierra	300 (80,21)	27 (87,1)	
Oriente	21 (5,61)	1 (3,23)	

Nota: 1/ prueba Mann Whitney, IQR=Rango Intercuartílico, 2/ Prueba Chi cuadrado

Fuente: Hospitales participantes, Elaboración propia

En la **tabla 3** se presenta la relación entre dos grupos de grado tumoral establecidos para el presente estudio (en concordancia con la clasificación OMS de meningiomas) y las características sociodemográficas, donde no se observaron diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo, resalta el predominio de meningiomas grado I (grupo A) con una

mediana de edad de 52 años, predominio femenino (2,5:1), etnia mestiza, mayoritariamente de procedencia rural de la sierra ecuatoriana.

Tabla 4. Distribución de pacientes respecto al grado de meningioma (clasificación OMS) y factores de exposición solar.

Factores de exposición solar	Meningioma		p-valor
	clasificación OMS		
	Grado I (Grupo A)	Grado II-III (Grupo B)	
<i>Tipo de exposición solar n (%)</i>			
Laboral	112 (29,95)	14 (45,16)	0,079
Cotidiano	262 (70,05)	17 (54,84)	
<i>Horario exposición solar n (%)</i>			
7:00-10:59	91 (24,33)	8 (25,81)	0,090
11:00-12:59	172 (45,99)	18 (58,06)	
13:00-14:59	47 (12,57)	5 (16,13)	
15:00-18:00	64 (17,11)	0 (0)	
<i>Tiempo de exposición n (%)</i>			
<1 hora	158 (42,25)	7 (22,58)	0,045*
1-2 horas	98 (26,2)	8 (25,81)	
>2 horas	118 (31,55)	16 (51,61)	
<i>Uso de protección n (%)</i>	149 (39,84)	16 (51,61)	0,200

Nota: Prueba Chi cuadrado, * significancia estadística, OMS: Organización Mundial de la Salud.

Fuente: Hospitales participantes, Elaboración propia.

En la **tabla 4** se presenta la relación entre el grado de meningioma y varios factores de exposición solar (radiación no ionizante -UV-), observándose una diferencia estadísticamente significativa en cuanto a la duración (tiempo) de exposición solar entre los dos grupos (A y B) de clasificación de meningiomas determinados en esta investigación. La proporción de

pacientes con exposición inferior a una hora fue mayor para meningiomas de grado I (grupo A) vs el grupo B (grado II-III) con una relación aproximada de 2:1.

Pese a no tener relevancia estadística en otros aspectos de exposición solar, como el tipo laboral vs. cotidiano, segmentos horarios específicos o el uso de protección, es posible denotar estas variables donde destaca una mayor proporción de pacientes con meningioma grado I en el subtipo de exposición solar cotidiana en el horario de 11:00 a 13:00 horas y un menor porcentaje de uso de implementos de protección.

Tabla 5. Relación multivariante para predecir el grado de meningioma.

Variable	B	Wald	p-valor	OR	95% C.I. OR	
					Inferior	Superior
<i>Altitud</i>						
< 2000 m.s.n.m. (referencia)						
≥ 2000 m.s.n.m.	0,89	2,55	0,110	2,45	0,82	7,33
<i>Tiempo de exposición</i>						
< 1 hora (referencia)						
1-2 horas	0,76	2,01	0,157	2,15	0,75	6,17
> 2 horas	1,27	7,10	0,008*	3,55	1,40	9,03

Nota: * Variable significativa, basada en regresión logística ordinal, la variable respuesta es ordinal severidad de Meningioma

Fuente: Hospitales participantes, elaboración propia

En la **tabla 5** se presenta un análisis multivariado evidenciando la relación entre el tiempo de exposición solar y el grado de severidad de los meningiomas. Se observa que el tiempo de exposición solar superior a dos horas muestra una asociación estadísticamente significativa con el grado de meningioma donde pacientes con más de dos horas de exposición solar presentaron 3,55 veces más probabilidad de presentar mayor nivel de severidad de meningioma (grupo B – grados II/III) en comparación con los pacientes con exposición menor

de una hora. Este hallazgo sugiere una correlación entre una prolongada exposición solar y el aumento en el grado de severidad tumoral.

DISCUSIÓN

La frecuencia de presentación de meningiomas se ha asociado ampliamente con la exposición a radiación ionizante (riesgo seis a diez veces mayor en personas que han sido irradiadas a nivel craneal [2]) siendo un factor desencadenante ampliamente documentado.

Sin embargo, a la fecha no existen estudios concluyentes respecto a los efectos sobre su aparición tras la exposición a otras fuentes de radiación, como aquellas de tipo no ionizantes. En este contexto, Ecuador se ubica en la línea ecuatorial (latitud 0°0'0") lo cual determina tanto factores climáticos como ambientales específicos, caracterizados por recibir la misma cantidad de luz solar durante todo el año, la dirección perpendicular de ingreso de los rayos UV hacia la superficie terrestre asociados a nubosidad frecuente, además de la altitud geográfica (donde la radiación ultravioleta incrementa aproximadamente 10% en cada 1,000 metros de aumento en la altitud sobre el nivel del mar); todo esto determina una exposición excesiva acumulativa a la radiación solar constituyendo un peligro para la salud de sus habitantes [4].

La exposición prolongada a radiación solar se ha relacionado con el desarrollo de varios tipos de cáncer, principalmente de piel [2]. La OMS clasifica la radiación ultravioleta en cinco niveles: bajo, moderado, alto, muy alto y extremo; esta escala ha sido modificada considerando valores de hasta 16.0 UVI (índice de radiación ultravioleta) para América Latina tomando en cuenta las características geográficas de la región [5]. La radiación ultravioleta excesiva puede tener efectos potencialmente nocivos en el ADN celular (hipótesis subyacente consiste en que la radiación solar podría influir en la carcinogénesis y mutaciones genéticas) por lo que se continúa investigado su relación con la aparición de diversos tipos de cáncer.

Si bien los meningiomas no están completamente asociados con un solo factor etiológico, existe una exploración continua sobre cómo la exposición a la radiación solar podría contribuir al desarrollo de estos tumores intracraneales. Con este objetivo se investigó la

probable relación indirecta entre la prevalencia de meningiomas y la exposición acumulativa a radiación solar no ionizante en zona ecuatorial, se centró esta investigación en una muestra de 405 pacientes atendidos en dos hospitales de referencia nacional en la ciudad de Quito (cuya ubicación geográfica data de 2850 m.s.n.m. cercana a la línea ecuatorial), evaluando detalladamente varias características sociodemográficas, clínicas y de exposición a la radiación solar característica en la localidad.

Al analizar las características sociodemográficas de los pacientes en relación con la altitud geográfica (tabla 1), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la variable edad entre los pacientes que trabajan a diferentes altitudes (</> 2000 m.s.n.m), pero se observaron asociaciones relevantes con otras variables como la distribución étnica, educacional y localidad donde se observaron algunos patrones: los afroamericanos y personas de origen rural tienden a concentrarse a altitudes más bajas, mientras que los mestizos y aquellos con educación secundaria o superior lo hacen a altitudes superiores. Estas diferencias podrían estar relacionadas con factores socioeconómicos, acceso a educación y diversidad de entornos laborales en nuestro medio.

En referencia a la distribución de pacientes de acuerdo con el grado histopatológico OMS de meningioma (2 grupos: A. tipo I – B. tipo II y III) y las distintas características de exposición solar (tabla 2); los resultados revelaron asociaciones estadísticamente significativas entre la duración de la exposición solar y el grado de severidad del meningioma. En particular, se encontró que aquellos pacientes expuestos durante más de dos horas/día mostraban un mayor riesgo de desarrollar meningiomas más severos (grupo B). Este hallazgo sugiere un posible vínculo entre la exposición prolongada a la radiación solar y una mayor gravedad de este tipo de tumores, lo cual puede incentivar futuras investigaciones enfocadas en la evaluación de factores ambientales implicados en la múltiple etiología de los meningiomas.

Al referirnos a la relación entre el grado de meningioma y las diversas características sociodemográficas asociadas a factores de exposición solar (tablas 3 y 4) tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas en variables como edad, sexo, etnia, procedencia o tipo de ocupación en relación con el grado de meningioma pero cabe destacar el predominio de meningiomas grado I (grupo A) con una mediana de edad de 52 años, mayoritariamente en sexo femenino (2,5:1), etnia mestiza y de procedencia rural de la sierra ecuatoriana, estos resultados pueden estar influenciados por la ubicación de los hospitales participantes, localizados en la región de la sierra ecuatoriana, lo cual condiciona una mayor atención porcentual en este grupo de pacientes; determinando un sesgo de muestra lo que podría no representar completamente la distribución de pacientes de todo el país.

No obstante, se observaron asociaciones relevantes en función del tiempo de exposición solar determinada en aquellos pacientes con exposición menor a una hora/día en quienes se documentó una proporción inversa en cuanto al grado de severidad de meningiomas. Finalmente, en cuanto al análisis multivariado que revela una relación significativa entre la exposición solar prolongada y el grado de severidad de los meningiomas (tabla 5). Los pacientes expuestos durante más tiempo al sol tuvieron una probabilidad significativamente mayor de desarrollar meningiomas con grado histopatológico más severo, lo que lleva a considerar la duración de la exposición solar en nuestro medio como un factor de riesgo en el desarrollo de meningiomas; esto respalda la necesidad de más investigaciones para entender mejor esta probable relación y su impacto en la salud pública.

Limitaciones

En esta investigación destacamos algunas limitantes, determinadas en primer lugar por la falta de estudios previos sobre el tema, y principalmente por la concentración de atención de pacientes en los centros hospitalarios participantes (en la ciudad de Quito donde se encuentra sectorizada la mayoría de población estudiada), lo cual podría afectar la **generalización** de los

resultados ya que la muestra está sesgada hacia una región específica y esto posiblemente no refleja de manera precisa la diversidad demográfica y geográfica de otras regiones. Sin embargo, se pueden tomar los resultados obtenidos en este estudio como una referencia estadística local dando inicio a futuras investigaciones.

CONCLUSIÓN

Esta investigación sugiere que existe una relación entre la prolongada exposición a la radiación solar y la presencia de meningiomas más severos, destacando la influencia de nuestra ubicación geográfica y las características inherentes que conllevan una exposición más intensa y continua a altos niveles de radiación ultravioleta. Sin embargo, resulta crucial reconocer la complejidad de los factores implicados, ya que otros elementos como la predisposición genética, exposiciones a otros tipos de radiación menos estudiados, así como diversos factores ambientales y ocupacionales, podrían igualmente desempeñar un papel en la etiología de los meningiomas. Por lo tanto, surge la necesidad de realizar investigaciones adicionales con enfoques específicos, incluyendo asociaciones moleculares y seguimiento prolongado para establecer o descartar de manera concluyente la relación causal entre la radiación solar y la prevalencia de esta patología en regiones ecuatoriales específicas.

REFERENCIAS

1. Goldbrunner R, Stavrinou P, Jenkinson MD, et al. EANO guideline on the diagnosis and management of meningiomas. *Neuro Oncol.* 2021;23(11):1821-1834.
doi:10.1093/neuonc/noab150
2. Lin SW, Wheeler DC, Park Y, et al. Prospective study of ultraviolet radiation exposure and risk of cancer in the United States. *Int J Cancer.* 2012;131(6):E1015-E1023.
doi:10.1002/ijc.27619
3. Cañarte Soledispa K, Radiación Ultravioleta y su efecto en la salud. *Revista Ciencia Unemi* [Internet]. 2010;3(4):26-33. Recuperado de:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=582663869005>
4. Índice UV solar mundial. World Health Organization (WHO). Accedido el 19 de noviembre de 2023. <https://www.who.int/es/publications/i/item/9241590076>
5. Parra R, Cadena E, Flores C. Maximum UV Index Records (2010–2014) in Quito (Ecuador) and Its Trend Inferred from Remote Sensing Data (1979–2018). *Atmosphere.* 2019; 10(12):787. <https://doi.org/10.3390/atmos10120787>
6. Maggio I, Franceschi E, Tosoni A, et al. Meningioma: not always a benign tumor. A review of advances in the treatment of meningiomas. *CNS Oncol.* 2021;10(2):CNS72.
doi:10.2217/cns-2021-0003
7. Buerki RA, Horbinski CM, Kruser T, Horowitz PM, James CD, Lukas RV. An overview of meningiomas. *Future Oncol.* 2018;14(21):2161-2177. doi:10.2217/fo-2018-0006
8. Boetto J, Birzu C, Kalamarides M, Peyre M, Sanson M. Les méningiomes : mise au point sur les connaissances actuelles [Meningiomas: A review of current knowledge]. *Rev Med Interne.* 2022;43(2):98-105. doi:10.1016/j.revmed.2021.06.011
9. Al-Mefty O. *Meningiomas.* 2a ed. Thieme Medical; 2011.

10. Cote DJ, Wang R, Morimoto LM, et al. Birth characteristics and risk of meningioma in a population-based study in California. *Neurooncol Adv.* 2022;4(1):vdac173. Published 2022 Nov 5. doi:10.1093/noajnl/vdac173
11. Chukwueke UN, Wen PY. Medical management of meningiomas. *Handb Clin Neurol.* 2020;170:291-302. doi:10.1016/B978-0-12-822198-3.00048-3
12. Gupta S, Sharma RS, Singh R. Non-ionizing radiation as possible carcinogen. *Int J Environ Health Res.* 2022;32(4):916-940. doi:10.1080/09603123.2020.1806212
13. Información básica sobre la radiación | US EPA. US EPA. Accedido el 22 de noviembre de 2023. <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-basica-sobre-la-radiacion#ioniandnonioni>
14. Holick MF. Luz solar, radiación UV, vitamina D y cáncer de piel: ¿cuánta luz solar necesitamos? En *Avances contra la luz solar, la vitamina D y el cáncer de piel en medicina experimental y biología.* Springer. 2008;624:1-15.
15. Schrempf M, Haluza D, Simic S, Riechelmann S, Graw K, Seckmeyer G. Is Multidirectional UV Exposure Responsible for Increasing Melanoma Prevalence with Altitude? A Hypothesis Based on Calculations with a 3D-Human Exposure Model. *Int J Environ Res Public Health.* 2016;13(10):961. Published 2016 Sep 28. doi:10.3390/ijerph13100961
16. Frank Pega, Natalie C. Momen, Kai N. Streicher, Maria Leon-Roux, Subas Neupane, Mary K. Schubauer-Berigan, Joachim Schüz, Marissa Baker, Tim Driscoll, Irina Guseva Canu, Hannah M. Kiiver, Jian Li, Jamaji C. Nwanaji-Enwerem, Michelle C. Turner, Susana Viegas, Paul J. Villeneuve, Global, regional and national burdens of non-melanoma skin cancer attributable to occupational exposure to solar ultraviolet radiation for 183 countries, 2000–2019: A systematic analysis from the WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury, *Environment*

International, Volume 181,2023,108226,ISSN 0160-4120,<https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108226>.

17. Working under the sun causes 1 in 3 deaths from non-melanoma skin cancer, say WHO and ILO. IARC – INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. Accedido el 22 de noviembre de 2023. <https://www.iarc.who.int/news-events/working-under-the-sun-causes-1-in-3-deaths-from-non-melanoma-skin-cancer-say-who-and-ilo/>
18. Ultraviolet Radiation. Centers for Disease Control and Prevention. Accedido el 22 de noviembre de 2023. <https://www.cdc.gov/ncch/radiation/ultraviolet.htm>
19. Rochette PJ, Therrien JP, Drouin R, et al. UVA-induced cyclobutane pyrimidine dimers form predominantly at thymine-thymine dipyrimidines and correlate with the mutation spectrum in rodent cells. *Nucleic Acids Res.* 2003;31(11):2786-2794.
doi:10.1093/nar/gkg402
20. Ikehata H . Mechanistic considerations on the wavelength-dependent variations of UVR genotoxicity and mutagenesis in skin: the discrimination of UVA-signature from UV-signature mutation. *Photochem Photobiol Sci.* 2018;17(12):1861-1871.
doi:10.1039/c7pp00360a
21. Science Mission Directorate. "Ultraviolet Waves" NASA Science. 2010. National Aeronautics and Space Administration. [insert date - e.g. 10 Aug. 2016]
http://science.nasa.gov/ems/10_ultravioletwaves
22. Harari Arjona R, Piñeiros J, Ayabaca M, Harari Freire F. Climate change and agricultural workers' health in Ecuador: occupational exposure to UV radiation and hot environments. *Ann Ist Super Sanita.* 2016;52(3):368-373.
doi:10.4415/ANN_16_03_08

23. Sliney DH. Ultraviolet Radiation Exposure Criteria. *Radiat Prot Dosim.* 2000;91(1):213-222. doi:10.1093/oxfordjournals.rpd.a033204
24. Louis DN. WHO Classification of tumours editorial board. Central nervous system tumours. *Int. Agency Res. Cancer.* 2021;5:6.
25. Nigim F, Wakimoto H, Kasper EM, Ackermans L, Temel Y. Emerging Medical Treatments for Meningioma in the Molecular Era. *Biomedicines.* 2018;6(3):86. Published 2018 Aug 6. doi:10.3390/biomedicines6030086
26. Cazorla M. Ozone structure over the equatorial Andes from balloon-borne observations and zonal connection with two tropical sea level sites. *J Atmospheric Chem.* 2016;74(3):377-398. doi:10.1007/s10874-016-9348-2
27. ESRL Global Monitoring Laboratory - Global Radiation and Aerosols. NOAA Global Monitoring Laboratory. Accedido el 6 de diciembre de 2023.
<https://gml.noaa.gov/grad/solcalc/>
28. Blumthaler M. UV Monitoring for Public Health. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(8):1723. Published 2018 Aug 11. doi:10.3390/ijerph15081723
29. Cabrera S, Ipiña A, Damiani A, Cordero RR, Piacentini RD. UV index values and trends in Santiago, Chile (33.5°S) based on ground and satellite data. *J Photochem Photobiol B.* 2012;115:73-84. doi:10.1016/j.jphotobiol.2012.06.013
30. Zaratti F, Piacentini RD, Guillén HA, Cabrera SH, Liley JB, McKenzie RL. Proposal for a modification of the UVI risk scale. *Photochem Photobiol Sci.* 2014;13(7):980-985. doi:10.1039/c4pp00006d
31. Vaca-Revelo D, Ordoñez F, et al. Mapa Solar del Ecuador 2019. [Internet]. [January 2020]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/338843581>
32. Global solar atlas. Global Solar Atlas. Accedido el 20 de noviembre de 2023.
<https://globalsolaratlas.info/detail?c=-3.348922,-81.716309,6&r=ECU>

33. Baldi I, Engelhardt J, Bonnet C, et al. Epidemiology of meningiomas. *Neurochirurgie*. 2018;64(1):5-14. doi:10.1016/j.neuchi.2014.05.006

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A.	49
ANEXO B.	50
ANEXO C.	51

ANEXO A: CARTA DE INTERÉS INSTITUCIONAL PARA INVESTIGACIÓN
(HOSPITAL DE ESPECIALIDADES EUGENIO ESPEJO - MSP)

ANEXO B: CARTA DE INTERÉS INSTITUCIONAL PARA INVESTIGACIÓN
(HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CARLOS ANDRADE MARÍN - IESS)

ANEXO C: CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA INVESTIGACIÓN POR CEISH
(COMITÉ DE ÉTICA E INVESTIGACIÓN EN SERES HUMANOS)