

Políticas públicas para la protección ante la radiación solar y alto índice ultravioleta en el Municipio Maracaibo: Un análisis basado en monitoreo real

Public Policies for Protection against Solar Radiation and High Ultraviolet Index in Maracaibo Municipality: An Analysis Based on Real Monitoring

Recibido: 14 de noviembre de 2025

Aceptado: 30 de abril de 2026

*Jesús Cendros Guasch
Jennifer Quintero
Ana Leon*

Resumen

Objetivo: Proponer y fundamentar un conjunto de políticas públicas para el Municipio Maracaibo destinadas a mitigar los riesgos para la salud asociados con la alta radiación solar, a partir de evidencia empírica local sobre el Índice Ultravioleta (IUV). **Metodología:** Enfoque mixto: análisis cuantitativo descriptivo-correlacional de 1.485 registros horarios de la estación meteorológica Meteo Urbe 1 (febrero de 2024) mediante modelo Random Forest ($R^2 = 0,85$), y análisis cualitativo de políticas comparadas con fundamentación teórica ampliada (políticas basadas en evidencia, elección pública, gobernanza multinivel, teoría de las affordances, comportamiento planificado, racionalidad limitada y paternalismo libertario). **Resultados:** Se registró un IUV máximo de 12,3 (riesgo extremo según la OMS). La radiación solar, la temperatura y la altura de la base de nubes fueron los predictores más importantes. Se constata la ausencia absoluta de registros oficiales sobre cáncer de piel u otras enfermedades relacionadas con la radiación UV en Maracaibo. **Conclusiones:** Se evidencia la urgencia de implementar políticas de sombra urbana, campañas educativas con sustento conductual, sistemas de alerta temprana, regulación de horarios y, como prioridad, un sistema de registro epidemiológico local. Se señala la escasez crítica de investigación sobre fotoprotección en América Latina y el Caribe.

Palabras clave: políticas públicas, índice ultravioleta, salud pública, adaptación climática, Maracaibo.

Abstract

Objective: To propose and justify a set of public policies for Maracaibo Municipality aimed at mitigating health risks associated with high solar radiation, based on local empirical evidence on the Ultraviolet Index (UVI). **Methodology:** Mixed approach: quantitative descriptive-correlational analysis of 1,485 hourly records from the Meteo Urbe 1 meteorological station (February 2024) using a Random Forest model ($R^2 = 0.85$), and qualitative analysis of comparative policies with an expanded theoretical framework (evidence-based policy, public choice, multi-level governance, affordance theory, planned behavior, bounded rationality, and libertarian paternalism). **Results:** A maximum UVI of 12.3 (extreme risk according to WHO) was recorded. Solar radiation, temperature, and cloud base height were the most important predictors. The absolute absence of official records on skin cancer or other UV-related diseases in Maracaibo is noted. **Conclusions:** The urgency of implementing urban shade policies, educational campaigns with behavioral support, early warning systems, schedule regulation, and as a priority, a local epidemiological registry system is evident. The critical scarcity of research on photoprotection in Latin America and the Caribbean is highlighted.

Keywords: public policy, ultraviolet index, public health, climate adaptation, Maracaibo.

Jesús Cendros Guasch <https://orcid.org/0000-0003-4840-5771> Universidad Privada Dr. Rafael Belloso Chacín Profesor Emérito de La Universidad Del Zulia | Jennifer Quintero <https://orcid.org/0000-0003-0471-8418> Universidad Privada Dr. Rafael Belloso Chacín | Ana Leon <https://orcid.org/0009-0009-6578-7653> Universidad Privada Dr. Rafael Belloso Chacín



1. Introducción

1.1. El problema global

La radiación ultravioleta (UV) solar constituye un factor ambiental de gran relevancia para la salud pública a nivel global. Aunque es esencial para procesos biológicos como la síntesis de vitamina D, la exposición excesiva se asocia con un incremento en la incidencia de cáncer de piel, cataratas y supresión del sistema inmunológico (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2002). El cambio climático y el adelgazamiento de la capa de ozono estratosférico han exacerbado este problema, aumentando la incidencia de radiación UV en muchas regiones del planeta (Jaggernath et al., 2013). Según la OMS (2022), se estima que entre 2 y 3 millones de casos de cáncer de piel no melanoma y aproximadamente 132 000 casos de melanoma cutáneo ocurren cada año en todo el mundo como resultado de la exposición excesiva al sol.

1.2. El problema regional en América Latina

En América Latina, la situación es particularmente preocupante debido a las condiciones geográficas y climáticas. Ciudades tropicales y semiáridas de países como Colombia, Brasil y Venezuela experimentan niveles de radiación UV consistentemente altos durante todo el año. Estudios realizados en Bogotá (Colombia) y São Paulo (Brasil) han reportado valores de Índice Ultravioleta (IUV) frecuentemente superiores a 11, clasificados como "riesgo extremo". Maracaibo, Venezuela, ubicada a baja latitud (aproximadamente 10° 39' N) y con un clima semiárido (Guevara et al., 2021), se presume como una zona de irradiación UV potencialmente alta. Sin embargo, hasta ahora carecía de estudios cuantitativos recientes que caracterizaran este fenómeno con datos empíricos locales.

1.3. La brecha de conocimiento y la necesidad de políticas basadas en evidencia

La falta de datos concretos y actualizados sobre el comportamiento del IUV ha dificultado el diseño de políticas públicas basadas en evidencia para la protección de la población. La mayoría de las estrategias de fotoprotección en la región se han basado en recomendaciones generales, sin adaptación al contexto local ni a las variaciones meteorológicas específicas. Esta carencia es particularmente crítica en Maracaibo, donde factores como la nubosidad variable y la alta temperatura podrían generar una percepción errónea del riesgo entre la población.

A esta limitación se suma una carencia aún más profunda: no existen registros oficiales sistematizados sobre el número de casos identificados con cáncer de piel (melanoma y no melanoma), cataratas u otras enfermedades asociadas a la exposición a la radiación solar y al alto índice ultravioleta en el Municipio Maracaibo. Los ministerios de salud, institutos de investigación oncológica y oftalmológica, y clínicas especializadas de la ciudad no disponen de series estadísticas actualizadas, desagregadas por causa atribuible a exposición UV, que permitan dimensionar el problema desde la epidemiología local. Esta ausencia de información, lejos de ser un dato menor, constituye una **limitación estructural** para la formulación de políticas públicas basadas en evidencia (Pawson, 2006) y refuerza la invisibilidad de un riesgo que, como se demuestra en este estudio, es objetivamente alto. Como señalan los evaluadores del presente artículo, es necesario que las autoridades competentes (Ministerio del Poder Popular para la Salud, Dirección de Salud del Estado Zulia, Alcaldía de Maracaibo) identifiquen los casos relacionados con estas enfermedades y generen estadísticas que puedan ser actualizadas y consultadas para su efectivo manejo.

El propósito de este trabajo es triple: primero, analizar el comportamiento del IUV en Maracaibo utilizando datos de alta resolución de la estación Meteo Urbe 1 para cuantificar el riesgo real; segundo, con base en esa evidencia, proponer un marco de políticas públicas integrales para la protección de la población; y tercero, visibilizar la necesidad de que las autoridades implementen sistemas de registro epidemiológico que permitan identificar, cuantificar y dar seguimiento a los casos de enfermedades relacionadas con la exposición UV. Este artículo discute las políticas necesarias en urbanismo, educación y regulación ambiental fundamentadas en los niveles críticos de IUV registrados, llenando así un vacío crucial en la literatura científica regional y ofreciendo un modelo aplicable a otras ciudades tropicales.

2. Marco teórico

2.1. Física de la radiación UV y efectos en la salud

La radiación UV se clasifica en UVA (315-400 nm), UVB (280-315 nm) y UVC (100-280 nm). La UVC es absorbida casi completamente por el ozono estratosférico, pero la UVA y UVB alcanzan la superficie terrestre. La UVB, aunque constituye solo el 5 % de la radiación UV que llega a la superficie, es la más eritematogénica y está directamente vinculada al daño del ADN (Diffey, 1991). La exposición prolongada se asocia con cáncer de piel (melanoma y no melanoma), daño ocular como cataratas (Centers for Disease Control and Prevention [CDC], 2023) y supresión del sistema inmunológico (Diffey, 2004).

El Índice Ultravioleta (IUV) es una escala estandarizada internacionalmente por la OMS (2002), que cuantifica la intensidad de la radiación UV eritematogénica en la superficie. La OMS (2002) categoriza el IUV en: bajo (1-2), moderado (3-5), alto (6-7), muy alto (8-10) y extremo (11+). Valores superiores a 11 implican un riesgo de daño en la piel en menos de 10 minutos de exposición sin protección.

2.2. Factores determinantes del IUV

La magnitud del IUV depende de factores astronómicos y meteorológicos. Los factores astronómicos incluyen la elevación solar, la latitud y la época del año. Maracaibo, por su baja latitud, recibe radiación solar más directa durante todo el año. Entre los factores meteorológicos destacan: la nubosidad (que no siempre reduce el IUV, ya que nubes altas y tenues pueden permitir el paso de radiación UV casi sin atenuación), el albedo (reflectividad de superficies urbanas), los aerosoles y la contaminación, y la altitud (Maurits et al., 2020).

2.3. Políticas públicas comparadas en fotoprotección

Diversos países han implementado estrategias exitosas de protección UV que pueden adaptarse al contexto de Maracaibo. Australia, a través del programa *SunSmart* implementado desde la década de 1980, ha demostrado reducir significativamente la incidencia de melanoma en poblaciones jóvenes mediante campañas educativas en escuelas, regulación del uso de sombreros en actividades al aire libre y promoción de sombra en espacios públicos (Stanford University, 2024). Chile ha integrado la protección UV en su normativa laboral, exigiendo protección para trabajadores expuestos al sol (Sun Work, 2025). La Unión Europea, a través del *Bundesamt für Strahlenschutz* (2023) de Alemania, ha establecido directrices para el diseño de infraestructura urbana que proporcione sombra natural y artificial. El Reino Unido, mediante la *UK Health Security Agency* (2023), ha desarrollado sistemas de alerta temprana integrados con servicios meteorológicos nacionales. Estas experiencias

internacionales subrayan la importancia de un enfoque multisectorial que combine intervenciones en infraestructura, educación, regulación y monitoreo.

2.4. Fundamentos teóricos para políticas públicas de fotoprotección

La formulación de políticas públicas efectivas para la protección contra la radiación UV requiere un sustento teórico sólido que trascienda la mera descripción del problema. Este estudio se fundamenta en cinco marcos teóricos complementarios.

2.4.1. El enfoque de políticas basadas en evidencia (EBPM)

El *Evidence-Based Policy Making* (EBPM) postula que las decisiones de política pública deben fundamentarse en evidencia empírica robusta, datos científicos y evaluación sistemática de resultados (Pawson, 2006). En el contexto de la radiación UV, este enfoque justifica la implementación de medidas específicas basadas en datos de monitoreo local, como los proporcionados por la estación Meteo Urbe 1. Como señala Cairney (2016), "la evidencia científica sirve no solo para diagnosticar problemas, sino para legitimar la acción gubernamental en áreas de salud ambiental donde existe incertidumbre pública" (p. 45). Los hallazgos de este estudio, que revelan IUV consistentemente superiores a 11, proporcionan precisamente esa base evidente para justificar intervenciones regulatorias y educativas. No obstante, el EBPM también advierte que la ausencia de datos epidemiológicos locales (como es el caso de Maracaibo) no debe paralizar la acción pública, sino que debe interpretarse como una evidencia negativa que requiere, como primer paso, la implementación de sistemas de registro sanitario.

2.4.2. Teoría de la elección pública y salud ambiental

La teoría de la elección pública aplicada a la salud ambiental explica por qué los riesgos imperceptibles como la radiación UV suelen ser subestimados por la población, requiriendo intervenciones estatales que corrijan estas fallas de percepción (Breyer, 1993). La radiación UV constituye un "riesgo silencioso" cuyos efectos son acumulativos y no inmediatamente perceptibles, lo que genera lo que los economistas denominan "fallas de información asimétrica" entre el conocimiento científico y la percepción pública. Como afirma Romero (2013), "los riesgos ambientales de efectos acumulativos requieren de regulación estatal que compense la miopía cognitiva de los individuos frente a daños diferidos en el tiempo" (p. 45). Esta asimetría informativa se ve agravada en Maracaibo por la ausencia de estadísticas locales sobre enfermedades relacionadas con la radiación UV, lo que refuerza la subestimación social del riesgo.

2.4.3. Marco de gobernanza multinivel para la adaptación climática

La protección contra la radiación UV representa un problema que requiere gobernanza multinivel, donde actores locales, nacionales e internacionales colaboran en la implementación de soluciones (Hooghe & Marks, 2003). La OMS proporciona lineamientos globales, mientras que los gobiernos municipales como el de Maracaibo tienen la responsabilidad de adaptar estas directrices a contextos locales específicos. Huaman (2025) sostiene que "las políticas de adaptación climática más efectivas son aquellas que articulan escalas globales de conocimiento con acciones locales contextualizadas" (p. 112). En el caso venezolano, esta articulación resulta particularmente desafiante debido a la debilidad institucional y la falta de actualización de los registros de salud pública, lo que exige fortalecer la capacidad local de generación de datos.

2.4.4. Teoría de las "affordances" en diseño urbano para la salud

La recomendación de desarrollar infraestructura de sombra se sustenta en la teoría de las *affordances* (asequibilidades) aplicada al diseño urbano, desarrollada por James J. Gibson (1979) en psicología ecológica y posteriormente extendida al urbanismo por Jan Gehl (2010). El concepto de *affordance* refiere a las propiedades del entorno que "ofrecen" o "invitan" naturalmente a ciertos comportamientos, sin necesidad de instrucción explícita. Como señala Gehl (2010), "las ciudades saludables son aquellas cuyo diseño hace fácil y placentero lo saludable, y difícil o incómodo lo riesgoso" (p. 78). La provisión sistemática de sombra natural (árboles de copa ancha) y artificial (pérgolas, toldos, marquesinas) en espacios públicos, corredores peatonales y paradas de transporte constituye precisamente una *affordance* ambiental que facilita la protección UV sin requerir un esfuerzo consciente continuo por parte de los ciudadanos. Esta teoría implica que las políticas de arborización no deben ser meramente ornamentales, sino que deben responder a criterios de diseño orientados a la salud.

2.4.5. Teoría del comportamiento planificado (TCP) para campañas educativas

Las recomendaciones en materia de comunicación y educación en fotoprotección se fundamentan en la Teoría del Comportamiento Planificado de Icek Ajzen (1991), uno de los modelos más robustos y validados en psicología social para predecir y modificar conductas de salud. La TCP postula que la intención conductual —y, por tanto, la acción efectiva— está determinada por tres factores: (a) actitud hacia el comportamiento (evaluación positiva o negativa de realizar la conducta), (b) norma subjetiva (presión social percibida) y (c) control conductual percibido (percepción de facilidad o dificultad). Las campañas educativas efectivas deben intervenir simultáneamente en estos tres componentes (Brewer et al., 2007). Como afirma Petracci (2020), "las campañas en salud pública que se limitan a informar sobre riesgos tienen efectividad limitada; es necesario además modificar las normas sociales percibidas y eliminar barreras conductuales" (p. 34).

2.4.6. Modelo de sistemas de información para la toma de decisiones aplicado a alertas tempranas

La implementación de sistemas de alerta temprana se justifica teóricamente mediante el modelo de racionalidad limitada y sistemas de información para la toma de decisiones desarrollado por Herbert Simon (1971). Simon demostró que los tomadores de decisiones —desde individuos hasta gestores públicos— operan con "racionalidad limitada": no tienen acceso a toda la información relevante ni la capacidad cognitiva para procesarla óptimamente. Los sistemas de alerta temprana cumplen la función de transformar datos crudos (por ejemplo, lecturas de sensores UV) en información procesada, jerarquizada y contextualizada que reduce la carga cognitiva del decisor. Como señala López (2018), "los sistemas de alerta son tecnologías de gobierno que traducen conocimiento científico complejo en recomendaciones accionables para ciudadanos no especializados" (p. 78).

2.4.7. Teoría del paternalismo libertario para regulación de horarios

Las recomendaciones sobre regulación de actividades en horarios de alto IUV encuentran sustento en la teoría del paternalismo libertario, desarrollada por los economistas conductuales Richard Thaler y Cass Sunstein (2008). Esta corriente postula que es legítimo que el Estado diseñe "arquitecturas de elección" que guíen los comportamientos de los ciudadanos hacia opciones más saludables, sin prohibir alternativas ni restringir libertades fundamentales. La reubicación de actividades escolares o laborales hacia horarios de menor riesgo UV constituye un

ejemplo de "nudge" o "empujón" institucional. Como señalan los autores, "la libertad de elegir no significa que todas las opciones deban estar igualmente disponibles en todo momento; la arquitectura de elección es inevitable y debe diseñarse para mejorar el bienestar" (Thaler & Sunstein, 2008, p. 54).

3. Metodología

3.1. Diseño de investigación

Esta investigación utiliza un enfoque metodológico mixto, combinando un componente cuantitativo para el diagnóstico empírico del IUV y un análisis cualitativo para el diseño de políticas. El diseño cuantitativo es no experimental-transversal y de carácter descriptivo-correlacional, apropiado para analizar fenómenos en su contexto natural sin manipulación de variables.

3.2. Fuente de datos e instrumentación

Los datos fueron recopilados por la estación meteorológica automática Meteo Urbe 1 (Davis Vantage Pro2), ubicada en las instalaciones de la Universidad Dr. Rafael Belloso Chacín en Maracaibo (10° 39' N, 71° 37' O), disponible en el sitio web de la Universidad Dr. Rafael Belloso Chacín (2024). Esta estación cuenta con sensores de alta precisión: sensor UV (rango de 0 a 20 IUV, precisión ± 5 %), sensor de radiación solar (piranómetro de silicio, rango 0-1800 W/m²), sensor de temperatura y humedad (precisión $\pm 0,5$ °C y ± 3 %, respectivamente) y sensor de altura de nubes (calculado a partir de temperatura, punto de rocío y presión atmosférica).

La muestra, no probabilística por conveniencia, comprendió **1.485 registros horarios válidos** del 2 al 12 de febrero de 2024, período que representa condiciones típicas de la temporada seca en la región.

3.3. Análisis estadístico

El análisis se realizó utilizando el software estadístico R con las librerías *randomForest* para el modelo no lineal, *ggplot2* para visualización y *Caret* para validación cruzada. Se implementó un modelo de Random Forest debido a su capacidad para capturar relaciones no lineales e interacciones complejas entre variables, superando las limitaciones de los modelos de regresión lineal tradicionales. La validación del modelo incluyó una división 70-30 de los datos (entrenamiento-prueba) y validación cruzada de 10 particiones.

3.4. Metodología para el diseño de políticas y revisión de literatura

Se realizó una revisión sistemática de literatura en español e inglés utilizando las bases de datos Scopus, Web of Science y SciELO, complementada con herramientas de inteligencia artificial (Elicit, Gemini, Perplexity) validadas por los autores. Las estrategias identificadas fueron evaluadas según su aplicabilidad al contexto de Maracaibo, considerando factores culturales, económicos y ambientales específicos.

3.5. Fuentes de información epidemiológica

Para caracterizar la situación sanitaria local, se consultaron las bases de datos del Ministerio del Poder Popular para la Salud de Venezuela, el Instituto de Investigaciones Oncológicas Doctor José Luis Cárdenas (IIOJLC) y las clínicas oftalmológicas y oncológicas de Maracaibo. La revisión confirmó la **ausencia de registros oficiales sistematizados** sobre incidencia de cáncer de piel no melanoma,

melanoma o cataratas con atribución causal a exposición UV en el Municipio Maracaibo. Esta constatación, lejos de ser una debilidad metodológica, constituye un hallazgo relevante que se incorpora a la discusión.

4. Resultados

4.1. Estadísticos descriptivos

El análisis de los 1.485 registros de febrero de 2024 reveló valores de IUV consistentemente altos. El valor máximo registrado fue **12,3**, clasificado como "riesgo extremo" según la OMS (2002). Este pico se registró el 10 de febrero de 2024 a las 12:00 h, coincidiendo con una radiación solar de 570 W/m² y una base de nubes de 721,48 m.

Tabla 1.
Valores máximos y mínimos de las variables meteorológicas (febrero 2024)

Variable	Mínimo	Máximo
IUV	0,0/1,0	12,3
Radiación (W/m²)	65	828
Temperatura (°C)	25,3	34,7
Humedad (%)	51	89
Base de nubes (m)	279,79	1457,37
Punto de rocío (°C)	20,1	26,4

Fuente: elaboración propia a partir de datos de la estación Meteo Urbe 1 (Universidad Dr. Rafael Belloso Chacín, 2024).

4.2. Análisis temporal del IUV

Durante el período de estudio, se observan picos consistentes superiores a 10 entre las 10:00 y 14:00 horas. El IUV supera el nivel de "riesgo alto" (6) desde las 9:00 horas hasta las 15:00 horas y alcanza su máximo alrededor del mediodía. La persistencia de valores de IUV superiores a 8 ("muy alto") durante más de 5 horas diarias implica que la población está expuesta a riesgo significativo durante una parte considerable de su jornada habitual.

4.3. Correlaciones y modelo predictivo

Los gráficos de dispersión obtenidos mostraron correlaciones positivas fuertes entre IUV y radiación solar ($r^* \approx 0,89$) y temperatura ($r^* \approx 0,75$). El modelo de Random Forest explicó el **85 % de la varianza del IUV** ($R^2 = 0,85$), confirmando su robustez predictiva.

Tabla 2.
Importancia de variables en el modelo Random Forest

Variable	Importancia relativa
Radiación solar	100 %
Temperatura	78 %
Altura de la base de nubes	65 %
Humedad relativa	42 %
Punto de rocío	35 %

Fuente: elaboración propia.

La radiación solar fue el predictor más importante, seguido por la temperatura y la altura de la base de nubes. La importancia de la altura de la base de nubes confirma que las nubes altas (como cirros) atenúan menos la radiación UV que las nubes bajas, lo que tiene implicaciones directas para la percepción pública del riesgo: los días parcialmente nublados pueden presentar niveles de UV tan altos como los días despejados.

4.4. Ausencia de registros epidemiológicos locales

La revisión documental no identificó ningún registro oficial, boletín epidemiológico o estudio poblacional que cuantifique la incidencia de cáncer de piel (melanoma o no melanoma), cataratas o inmunosupresión atribuible a exposición UV en el Municipio Maracaibo o el Estado Zulia. No existen series de tiempo, registros clínicos sistematizados ni publicaciones científicas recientes que permitan establecer una línea base epidemiológica. Esta carencia constituye una limitación estructural que debe ser abordada como parte de la política pública propuesta.

5. Discusión

5.1. Interpretación de los niveles extremos de IUV

El valor máximo de IUV de 12,3 registrado en este estudio no es una anomalía aislada, sino el reflejo de un patrón consistente de alta radiación UV en Maracaibo. Este valor es comparable o superior a los reportados en otras ciudades tropicales como Singapur (IUV máximo 11-12) y Nairobi (IUV máximo 11-13), lo que confirma que Maracaibo se encuentra entre las zonas de mayor riesgo UV del mundo. La persistencia de valores de IUV superiores a 8 ("muy alto") durante más de 5 horas diarias implica que la población está expuesta a riesgo significativo durante una parte considerable de su jornada, especialmente trabajadores informales, estudiantes durante el recreo y personas en actividades recreativas al aire libre.

5.2. Implicaciones del rol de la nubosidad

El hallazgo de que la altura de la base de nubes es un predictor significativo del IUV tiene profundas implicaciones para las políticas de protección. Contrario a la percepción pública, los días parcialmente nublados pueden

presentar niveles de UV tan altos como los días completamente despejados, particularmente cuando predominan nubes altas (cirros) que permiten el paso de radiación UV directa y difusa. Este fenómeno explica por qué las campañas de fotoprotección basadas exclusivamente en días "soleados" son insuficientes. La educación debe enfatizar que el riesgo UV está presente incluso en días nublados, especialmente durante las horas centrales del día (Maurits et al., 2020).

5.3. La inexistencia de datos epidemiológicos como evidencia negativa que justifica acción

Uno de los hallazgos más relevantes de esta investigación es, paradójicamente, una ausencia: **no existen registros oficiales de casos de cáncer de piel, cataratas u otras enfermedades asociadas a la radiación UV en el Municipio Maracaibo**. Esta carencia no debe interpretarse como evidencia de ausencia del problema, sino como una evidencia negativa que demuestra la falta de inversión estatal en vigilancia epidemiológica. Como advierte la teoría de políticas basadas en evidencia, la ausencia de datos no es neutral: tiende a invisibilizar problemas y a desplazarlos de la agenda pública (Pawson, 2006). En Maracaibo, la inexistencia de registros contribuye a que la alta radiación UV no sea percibida como un problema prioritario por las autoridades sanitarias, a pesar de los niveles extremos documentados en este estudio. Por tanto, una primera recomendación de política pública debe ser la **implementación de un sistema de registro epidemiológico** que identifique y cuantifique los casos de enfermedades relacionadas con la radiación UV en la región.

5.4. Escasez de bibliografía especializada en América Latina y el Caribe

La revisión sistemática realizada evidencia una **escasa producción académica sobre políticas públicas de protección UV en América Latina y el Caribe**, a pesar de las condiciones geográficas que convierten a la región en una de las más expuestas del mundo. Mientras que Australia, Europa y Norteamérica cuentan con décadas de investigación aplicada sobre fotoprotección, los países latinoamericanos presentan una producción fragmentada, con estudios aislados en Brasil, Colombia, Argentina y Chile, pero sin una masa crítica que permita generar recomendaciones regionales. Esta brecha es particularmente grave en los países de la Cuenca del Caribe y Centroamérica, que comparten altos índices de radiación UV durante todo el año. La ausencia de literatura especializada dificulta la comparación de políticas, la adaptación de experiencias exitosas y la formación de capacidad técnica local. El presente artículo busca contribuir a llenar este vacío, pero se requiere un esfuerzo coordinado de investigación en la región, tal como se señala en el apartado de futuras líneas de investigación.

5.5. Fundamentación teórica integrada de las recomendaciones

Los hallazgos empíricos de este estudio adquieren pleno significado cuando se interpretan a través de los marcos teóricos desarrollados. En primer lugar, la recomendación de infraestructura de sombra (arborización y rutas sombreadas) se sustenta en la teoría de las *affordances* (Gehl, 2010): el entorno debe "invitar" naturalmente a la protección, reduciendo la carga cognitiva sobre los ciudadanos. En segundo lugar, las campañas educativas basadas en la Teoría del Comportamiento Planificado (Ajzen, 1991) deben intervenir actitudes (comunicando beneficios inmediatos), normas subjetivas (usando líderes comunitarios) y control conductual percibido (distribuyendo elementos de protección accesibles). En tercer lugar, los sistemas de alerta temprana, fundamentados en el modelo de racionalidad limitada de Simon (1971), deben traducir datos técnicos en recomendaciones accionables para ciudadanos no especializados. En cuarto lugar, la regulación de horarios, sustentada en el paternalismo libertario

(Thaler & Sunstein, 2008), constituye una arquitectura de elección que preserva libertades mientras reduce la exposición. Finalmente, la prioridad de implementar un sistema de registro epidemiológico se justifica desde el enfoque de políticas basadas en evidencia (Pawson, 2006), que exige datos locales para diagnosticar correctamente el problema y evaluar intervenciones.

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1. Conclusiones principales

Riesgo extremo confirmado: Maracaibo presenta niveles de IUV consistentemente altos, alcanzando valores de "riesgo extremo" (12,3) durante febrero de 2024, con exposición a niveles muy altos ($IUV > 8$) durante más de cinco horas diarias.

Predictores significativos: La radiación solar, la temperatura y la altura de la base de nubes explican el 85 % de la variabilidad del IUV, lo que permite desarrollar modelos predictivos para sistemas de alerta temprana.

Ausencia crítica de datos epidemiológicos: No existen registros oficiales sistematizados sobre cáncer de piel, cataratas u otras enfermedades relacionadas con la radiación UV en Maracaibo, lo que invisibiliza el problema y dificulta su priorización en la agenda pública.

Urgencia de intervención multisectorial: Los hallazgos validan la necesidad de políticas públicas integrales que combinen infraestructura, educación, regulación y generación de datos, con fundamento en marcos teóricos robustos.

Objetivos de Desarrollo Sostenible: Este artículo contribuye a los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):

ODS 3 – Salud y bienestar

El compromiso principal del artículo es con un diagnóstico integral del riesgo y la generación de herramientas para su mitigación:

Evidencia local para la prevención: Al analizar datos como el IUV máximo de 12,3 (riesgo extremo), constata la alta exposición solar. Esta constatación permite diseñar políticas basadas en evidencia, lo que es fundamental para la prevención primaria.

Políticas multisectoriales: Promueve la creación de ámbitos que faciliten la protección, fomentando entornos que incentiven conductas saludables de forma natural.

Vigilancia epidemiológica: Señala la necesidad de implementar un sistema de registro epidemiológico en Maracaibo, un paso indispensable para entender y dar seguimiento al problema a nivel local.

ODS 11 – Ciudades y comunidades sostenibles

Las propuestas del artículo afectan directamente la habitabilidad y la resiliencia del espacio urbano:

Creación de entornos protectores: Aboga por un Plan de Arborización Municipal que priorice espacios como corredores peatonales, paradas de bus, escuelas y parques, buscando alcanzar un estándar mínimo de sombreado.

Arquitectura para la salud: Una de sus recomendaciones centrales es el diseño de infraestructura de sombra (natural y artificial) en los espacios públicos, lo que se alinea directamente con la meta de proporcionar espacios públicos seguros e inclusivos.

ODS 13 – Acción por el clima

El artículo se enmarca en el contexto de los desafíos ambientales globales:

Respuesta al cambio climático y la capa de ozono: Reconoce que el adelgazamiento de la capa de ozono y el cambio climático agravan el problema al aumentar la incidencia de radiación UV en la superficie. **Medidas de adaptación climática:** Las políticas propuestas no solo mitigan un riesgo actual, sino que representan un esfuerzo de adaptación a las condiciones ambientales cambiantes, aumentando la resiliencia de la comunidad a uno de los efectos del cambio climático.

Educación de calidad y salud pública (ODS 4)

El artículo propone campañas educativas con enfoque conductual (como la estrategia "Maracaibo Protegido") que se fundamentan en la **Teoría del Comportamiento Planificado**, contribuyendo indirectamente al acceso a una **Educación de Calidad (ODS 4)** en temas de salud.

6.2. Recomendaciones específicas de política pública

Para coadyuvar a la formulación de políticas públicas por parte de los organismos encargados de esta problemática, se formulan las siguientes recomendaciones:

Recomendación 1: Implementación de un sistema de registro epidemiológico UV

Las autoridades competentes (Ministerio del Poder Popular para la Salud, Dirección de Salud del Estado Zulia, Alcaldía de Maracaibo) deben diseñar e implementar un sistema obligatorio de registro de casos de cáncer de piel (melanoma y no melanoma), cataratas y otras enfermedades asociadas a exposición UV, con desagregación por edad, sexo, ocupación y localización geográfica. Este sistema debe producir estadísticas actualizadas anualmente, accesibles para investigadores y responsables de políticas. Mientras no existan datos locales, cualquier política de protección carecerá de línea base para evaluar su efectividad. Con sub acciones concretas: (a) vigilancia centinela inmediata, (b) alianza con sociedades científicas y universidades, (c) digitalización y acceso público.

- **1a. Registro centinela inmediato:** mientras se diseña e implementa el registro poblacional completo, las autoridades de salud (Dirección de Salud del Estado Zulia, en coordinación con el MPPS) deben activar **un sistema de vigilancia centinela en al menos tres hospitales centinela de Maracaibo:** el Hospital Universitario de Maracaibo (HUM), el Hospital Central Dr. Urquinaona y el Hospital de Especialidades Pediátricas. Estos centros reportarán mensualmente todos los casos nuevos de cáncer de piel (melanoma y no melanoma), cataratas fotoinducidas y otras enfermedades UV-relacionadas (p. ej., queratosis actínica, fotoenvejecimiento patológico), utilizando una ficha estandarizada que incluya edad, sexo, ocupación, fototipo y tiempo estimado de exposición solar.
- **1b. Alianza con sociedades científicas y universidades:** la Alcaldía de Maracaibo debe formalizar convenios con la Sociedad Venezolana de Dermatología, la Sociedad Venezolana de Oftalmología y la

Universidad Privada Dr. Rafael Bellosso Chacín (URBE) para que sus especialistas y estudiantes de posgrado contribuyan voluntariamente al registro, aprovechando la infraestructura académica existente. Esta alianza permitirá generar **datos epidemiológicos primarios en un plazo de 6 meses**, sin esperar la implementación completa del sistema oficial.

- **1c. Digitalización y acceso público:** los datos deberán ser ingresados en una plataforma digital básica (p. ej., un formulario en línea con respaldo en una base de datos abierta) y generar reportes trimestrales accesibles a investigadores y gestores públicos. Se recomienda utilizar herramientas de código abierto (como DHIS2) para asegurar la sostenibilidad.

Recomendación 2: Plan de arborización municipal con enfoque

de acciones ambientales

Implementar un programa de siembra masiva de especies de copa ancha, priorizando corredores peatonales, paradas de transporte público, escuelas y parques. Se recomiendan especies nativas o adoptadas resistentes a la escasez de agua, como *Azadirachta indica* (nim), *Prosopis juliflora* (cuji) y otras de copa ancha. Establecer estándares municipales que exijan un índice de sombreado mínimo del 60 % en espacios públicos de nueva creación.

Recomendación 3: Campaña educativa basada en la Teoría del Comportamiento Planificado

Desarrollar una estrategia comunicacional denominada "Maracaibo Protegido" que intervenga: (a) actitudes (mensajes sobre beneficios inmediatos: confort térmico, prevención de envejecimiento cutáneo); (b) normas subjetivas (testimonios de líderes comunitarios y figuras públicas normalizando el uso de protección UV); y (c) control conductual percibido (distribución de protectores solares y gorras de bajo costo en escuelas y mercados populares).

Recomendación 4: Sistema de alerta temprana con enfoque de racionalidad limitada

En concordancia con la recomendación No 1, desarrollar una plataforma que procese datos en tiempo real de la red de estaciones meteorológicas y genere alertas segmentadas por nivel de riesgo y población objetivo, utilizando códigos de colores (verde, amarillo, naranja, rojo) y mensajes simples. Instalar "semáforos UV" en sitios emblemáticos (plazas, terminales de transporte, malecones) que indiquen el nivel de riesgo en tiempo real, siguiendo el modelo de sistemas de información para la toma de decisiones (Simon, 1971).

Recomendación 5: Regulación de horarios con enfoque de paternalismo libertario

Establecer normativas municipales que reubiquen actividades escolares (educación física, recreos) y laborales (construcción, carga y descarga, comercio informal) hacia horarios de menor IUV (antes de las 9:00 a. m. o después de las 4:00 p. m.), preservando alternativas en espacios cubiertos o con sombra garantizada. Incluir cláusulas de revisión periódica basadas en evaluación de impacto en salud.

Recomendación 6. Estudio de prevalencia poblacional de enfermedades UV-relacionadas en el Municipio Maracaibo.

Dado que la ausencia de registros oficiales no puede paralizar la acción pública, se recomienda que la Alcaldía de Maracaibo, en colaboración con el MPPS, las universidades locales (URBE, LUZ) y organismos internacionales

(como la OPS/OMS), financien y ejecuten un estudio de corte transversal representativo de la población del municipio (aproximadamente 1.7 millones de habitantes) para estimar la prevalencia puntual de:

- Lesiones cutáneas sospechosas de cáncer de piel (mediante cribado dermatológico en centros de atención primaria y jornadas comunitarias).
- Catarata cortical o subcapsular posterior asociada a exposición solar (mediante examen oftalmológico en adultos mayores).
- Conocimientos, actitudes y prácticas (CAP) sobre fotoprotección en diferentes grupos ocupacionales (trabajadores de construcción, agricultura urbana, transporte, vendedores ambulantes).

6.3. Futuras líneas de investigación

La escasez de bibliografía especializada sobre políticas públicas de protección UV en América Latina y el Caribe abre múltiples líneas de trabajo futuro:

1. **Epidemiología UV en ciudades latinoamericanas:** Se requieren estudios poblacionales que cuantifiquen la incidencia y prevalencia de enfermedades relacionadas con la radiación UV en ciudades de baja latitud (como Maracaibo, Barranquilla, Manaos) y alta altitud (Quito, Bogotá, La Paz, Puno), utilizando metodologías comparables que permitan generar una base de datos regional.
2. **Evaluación de intervenciones de sombra:** Investigaciones que midan el impacto de distintos tipos de infraestructura de sombra (natural vs. artificial, especies arbóreas nativas vs. exóticas) en la reducción de la exposición UV efectiva y en el confort térmico urbano, utilizando sensores portátiles y encuestas de percepción.
3. **Aceptabilidad cultural de mensajes de fotoprotección:** Estudios cualitativos que exploren las barreras culturales y simbólicas al uso de protección UV en diferentes contextos latinoamericanos (por ejemplo, asociación de la piel bronceada con salud, estatus o belleza; resistencia al uso de sombreros o ropa de manga larga en climas cálidos).
4. **Modelos de gobernanza multinivel para fotoprotección:** Análisis comparado de cómo distintos países de la región (Chile, Brasil, Colombia, México) articulan acciones entre niveles nacionales, regionales y locales, identificando barreras institucionales y facilitadores para la implementación de políticas UV.
5. **Transferibilidad de políticas:** Investigación aplicada que adapte y evalúe la efectividad de programas exitosos (como *SunSmart* australiano) en contextos latinoamericanos, respetando diferencias culturales, económicas y climáticas.
6. **Sistemas de alerta UV y cambio conductual:** Estudios experimentales que comparen la efectividad de diferentes formatos de alerta (aplicaciones móviles, semáforos urbanos, mensajes de radio, cartelera en transporte público) en la modificación efectiva de comportamientos de exposición solar.

6.4. Consideraciones para la implementación desde la perspectiva de gobernanza multinivel

El éxito en la implementación de estas políticas requiere articular actores en múltiples niveles (Hooghe & Marks, 2003). A nivel comunitario, se requiere la participación activa de organizaciones vecinales, educativas y laborales en la adaptación contextualizada de las medidas. A nivel municipal, el liderazgo de la alcaldía debe coordinarse con las direcciones de salud, educación y ambiente. A nivel regional, es necesaria la articulación con el gobierno del estado Zulia para homologar protocolos en toda la región. Finalmente, a nivel nacional, se requiere la vinculación con el Ministerio del Poder Popular para la Salud para integrar las recomendaciones en la estrategia nacional de prevención de cáncer de piel e implementar el sistema de registro epidemiológico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, *50*(2), 179-211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Brewer, N. T., Chapman, G. B., Gibbons, F. X., Gerrard, M., McCaul, K. D., & Weinstein, N. D. (2007). Meta-analysis of the relationship between risk perception and health behavior: The example of vaccination. *Health Psychology*, *26*(2), 136-145. <https://doi.org/10.1037/0278-6133.26.2.136>
- Breyer, S. (1993). *Breaking the vicious circle: Toward effective risk regulation*. Harvard University Press. <https://archive.org/details/breakingviciousc00brey>
- Bundesamt für Strahlenschutz. (2023). *Adapting to the impact of climate change: UV radiation protection measures*. <https://www.bfs.de/EN/topics/opt/uv/climate-change/adaptation-climate-change/adaptation-climate-change.html>
- Cairney, P. (2016). *The politics of evidence-based policy making*. Palgrave Macmillan. <https://doi.org/10.1057/978-1-137-51781-4>
- Centers for Disease Control and Prevention. (2023, julio 11). *Radiación UV*. <https://www.cdc.gov/spanish/nceh/especiales/radiacionuv/index.html>
- Diffey, B. L. (1991). Solar ultraviolet radiation effects on biological systems. *Physics in Medicine and Biology*, *36*(3), 299-328. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/36/3/001>
- Diffey, B. L. (2004). Ultraviolet radiation and human health. *Clinics in Dermatology*, *16*(1), 83-89. [https://doi.org/10.1016/S0738-081X\(97\)00172-7](https://doi.org/10.1016/S0738-081X(97)00172-7)
- Gehl, J. (2010). *Cities for people*. Island Press. https://books.google.co.ve/books?id=IBNJJoNILqQcC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Houghton Mifflin. <https://doi.org/10.4324/9781315740218>
- Guevara, E., Molero, M., & Portillo, Z. (2021). Caracterización climática de la región zuliana. *Revista de Ingeniería*, *15*(2), 45-60. <https://www.servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/a15n2/15-2-5.pdf>

- Hooghe, L., & Marks, G. (2003). Unraveling the central state, but how? Types of multi-level governance. *American Political Science Review*, *97*(2), 233-243. https://www.researchgate.net/publication/248233581_Unraveling_the_Central_State_but_How_Types_of_Multilevel_Governance
- Huaman, K. (2025). Gobernanza multinivel y participación ciudadana: una revisión de literatura de los últimos 5 años. *Revista INVECOM*, *6*(3), e603082.
<https://ve.scielo.org/pdf/ric/v6n3/2739-0063-ric-6-03-e603082.pdf>
- Jaggernath, J., Haslam, D., & Naidoo, K. S. (2013). Climate change: Impact of increased ultraviolet radiation and water changes on eye health. *Health*, *5*(5), 921-930. <https://doi.org/10.4236/health.2013.55122>
- López, J. (2018). Sistemas de alerta temprana y gestión del riesgo ambiental. *Revista de Gestión Pública*, *7*(1), 67-92. <https://www.redalyc.org/pdf/3217/321750362014.pdf>
- Maurits, L. K., Stammes, P., Trees, V., Sneep, M., Tilstra, L. G., de Graaf, M., Stein Zweers, D. C., Wang, P., Tuinder, O. N. E., & Veefkind, J. P. (2020). Effects of clouds on the UV Absorbing Aerosol Index from TROPO-MI. *Atmospheric Measurement Techniques*, *13*(12), 6407-6428. <https://doi.org/10.5194/amt-13-6407-2020>
- Organización Mundial de la Salud. (2002). *Radiación ultravioleta solar: efectos en la salud y medidas de protección*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ultraviolet-radiation>
- Organización Mundial de la Salud. (2022). *Ultraviolet radiation*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ultraviolet-radiation>
- Pawson, R. (2006). *Evidence-based policy: A realistic perspective*. SAGE Publications. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1753-6405.2007.00043.x>
- Petracci, M. (2020). *Comunicación y salud en América Latina: Contribuciones al campo*. Editorial Universidad Autónoma de Barcelona.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=849142>
- Romero, M. (2013). *Economía ambiental*. Instituto Nacional de Ecología.
- Simon, H. A. (1971). Designing organizations for an information-rich world. En M. Greenberger (Ed.), *Computers, communications, and the public interest* (pp. 37-72). Johns Hopkins Press. <https://gwern.net/doc/design/1971-simon.pdf>
- Stanford University. (2024). *UV Exposure and Shade: Policy considerations*. <https://cur.org.au/cms/wp-content/uploads/2024/12/hugh-stanford.pdf>
- Sun Work. (2025, marzo 18). *Rayos ultravioleta: ventajas y desventajas*. <https://www.sunwork.cl/blog/rayos-ultravioleta-ventajas-y-desventajas>
- Thaler, R. H., & Sunstein, C. R. (2008). *Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness*. Yale University Press. https://books.google.co.ve/books?id=dSJQn8egXvUC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

UK Health Security Agency. (2023). Chapter 13: Solar radiation and public health. En *Health Effects of Climate Change in the UK report*. <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/65705f3a739135000db03bc3/HECC-report-2023-chapter-13-solar-radiation.pdf>

Universidad Dr. Rafael Belloso Chacín. (2024). *Estación meteorológica Meteo Urbe 1*. <http://www.urbe.edu>