

Una revisión integral a la paleta de colores del Índice UV

Nota Técnica SMN 2022-127

Eduardo Luccini^{1,2}, Facundo Orte^{3,4}, Julián Lell⁵, Fernando Nollas⁵, Gerardo Carbajal⁵, Elián Wolfram^{3,5,6}

¹CONICET. Centro de Excelencia en Productos y Procesos de Córdoba, Argentina.

²Facultad de Química e Ingeniería del Rosario, Pontificia Universidad Católica Argentina.

³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. CONICET, Argentina.

⁴Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa. CITEDEF, Argentina.

⁵Servicio Meteorológico Nacional, Argentina.

⁶Facultad Regional Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires, Argentina.

Agosto 2022



Ministerio de Defensa
Presidencia de la Nación

Información sobre Copyright

Este reporte ha sido producido por empleados del Servicio Meteorológico Nacional con el fin de documentar sus actividades de investigación y desarrollo. El presente trabajo ha tenido cierto nivel de revisión por otros miembros de la institución, pero ninguno de los resultados o juicios expresados aquí presuponen un aval implícito o explícito del Servicio Meteorológico Nacional.

La información aquí presentada puede ser reproducida a condición que la fuente sea adecuadamente citada.

Resumen

El índice UV (IUV), estandarizado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el año 2002, es una exitosa referencia aceptada internacionalmente para difundir información sobre los niveles locales de radiación solar UV, a fines de prevenir daños a la salud humana ante exposiciones prolongadas al sol. El IUV es la irradiancia eritémica expresada en una unidad adimensional, cuyos valores numéricos fueron adaptados en una escala de riesgo que considera nivel "Extremo" a partir del valor de IUV = 11. La escala se encuentra ligada a una paleta amplia de colores por rangos de riesgo y también a una paleta de colores detallada por unidad de IUV. Tanto la escala numérica, como sus niveles de riesgo asociados, fueron adoptados universalmente por la comunidad científica y también por los sistemas mundiales de información a la población en general. Sin embargo, persisten inconsistencias y limitaciones entre ambas paletas de colores del IUV que dificultan su aplicación e interpretación. En el presente trabajo se analizan tales inconsistencias, proponiéndose una paleta revisada de colores para valores unitarios del IUV que soluciona cada una de ellas. Basada en la paleta de colores por rangos de riesgo, la nueva paleta unitaria de colores del IUV proporciona coherencia entre ambas, permite una identificación más precisa de cada nivel unitario de IUV, y brinda una solución a la necesidad de distinguir entre unidades para valores numéricos de IUV superiores a 11 que se registran diariamente en gran parte del mundo. Su utilidad se demuestra en gráficas y mapas de ejemplo implementados.

Abstract

The UV index (UVI), standardized by the World Health Organization (WHO) in 2002, is a successful internationally accepted reference for disseminating information on local levels of solar UV radiation, in order to prevent damage to human health under prolonged exposure to the sun. The UVI is the erythral irradiance expressed in a dimensionless unit, whose numerical values were adapted in a risk scale that considers the "Extreme" level from the UVI value = 11. The scale is linked to a wide palette of colors by ranges of risk and also to a detailed color palette per UVI unit. Both the numerical scale and its associated risk levels were universally adopted by the scientific community and also by global information systems to the population. However, inconsistencies and limitations persist between both UVI color palettes that make their application and interpretation difficult. In the present work such inconsistencies are analyzed, proposing a revised color palette for unit values of the UVI that solves each one of them. Based on the color palette by risk ranges, the new unit color palette of the UVI provides coherence between both palettes, allows a more precise identification of each unit level of UVI, and provides a solution to the need to distinguish between units for numerical values of UVI higher than 11 that are recorded daily in many regions of the world. Its usefulness is demonstrated in implemented example plots and maps.

Palabras clave: Índice UV, código de colores, escala de riesgo, radiación solar, salud pública

Citar como:

Luccini E., F. Orte, J. Lell, F. Nollas, G. Carbajal, E. Wolfram, 2022: Una revisión integral a la paleta de colores del Índice UV. Nota Técnica SMN 2022-127

1. INTRODUCCION

La Organización Mundial de la Salud estandarizó el Índice UV (IUV) en el año 2002 (OMS, 2002), convirtiéndose en la referencia internacional para evaluar el riesgo por sobreexposición humana a la radiación solar. Por definición, el IUV representa la irradiancia eritémica en una unidad adimensional, que consiste en multiplicar la irradiancia eritémica expresada en W/m^2 por un factor de $40 m^2/W$. Los valores de IUV se asocian con una escala numérica por rangos de riesgo para la salud, con un color asignado para cada nivel ($0 \leq IUV < 3$: riesgo “Bajo”, color verde; $3 \leq IUV < 6$: riesgo “Moderado”, color amarillo; $6 \leq IUV < 8$: riesgo “Alto”, color naranja; $8 \leq IUV < 11$: riesgo “Muy Alto”, color rojo; $IUV \geq 11$: riesgo “Extremo”, color violeta), mientras que una escala unitaria de tonos se emplea adicionalmente para distinguir entre valores enteros del IUV, que para $IUV \geq 11$ también se completa con un único color (violeta). Tomando como referencia la paleta de colores por rangos de riesgo, la paleta unitaria de colores del IUV presenta inconsistencias y limitaciones que se abordan en el presente trabajo.

Factores como la altitud, la latitud, el albedo superficial, cierto tipo de nubes, escaso contenido de ozono estratosférico principalmente en regiones polares y mini-agujeros de ozono, entre otros, causan que muchas regiones del mundo como el Altiplano Andino en Sudamérica, la Meseta Tibetana, el Desierto Australiano y la región planetaria intertropical en general, presenten valores de IUV de corto plazo y también climatológicos ampliamente superiores a 11, alcanzando IUV de 20 o incluso mayores durante primavera-verano a lo largo de grandes extensiones del planeta (e.g., Cordero et al., 2018; Liu et al., 2016, 2017; Gelsor et al., 2011; Lee-Taylor et al., 2010; Luccini et al., 2006; Lemus-Deschamps et al., 2004; Cede et al., 2002). Entonces, en su identificación mediante colores resulta imprescindible distinguir entre niveles unitarios de IUV en todo el rango de valores posibles, en especial para brindar claramente la información que muchos servicios oficiales publican diariamente a modo de pronóstico para uso público. Algunos intentos llevados a cabo con el fin de ampliar la distinción de colores para valores de IUV superiores a 11 tuvieron un carácter únicamente demostrativo y no vinculado a la paleta oficial de la OMS (e.g. de Paula Corrêa, 2015; Zaratti et al., 2014; Newman y McKenzie, 2011; NASA, 2011; Lemus-Deschamps et al., 2004). Asimismo, en la actualidad los datos IUV de TEMIS/ESA (Tropospheric Emission Monitoring Internet Service, <https://www.temis.nl/uvradiation/UVindex.php>) para todo el mundo se presentan alternativamente en un mapa de color predeterminado, elegido para mostrar un rango de variabilidad más amplio que el que permite la paleta OMS (2002) para valores de $IUV \geq 11$.

El Servicio Meteorológico Nacional de Argentina publica en su sitio web (<https://www.smn.gov.ar/radiacionuv>) el pronóstico diario de IUV para todo el país desde el año 1999, mediante mapas de IUV para mediodía a cielo despejado y también incluyendo la nubosidad media pronosticada, formato que se ha mantenido desde entonces con sucesivas actualizaciones. Hacia el año 1999, aún no se disponía de un estándar internacional de IUV, por lo que inicialmente se definieron y asociaron a los mapas niveles de riesgo y paletas de colores ad-hoc. Posteriormente, se implementó el IUV estándar de la OMS (2002), y durante el año 2014 se implementó una actualización a modo de prueba para extender la distinción entre valores de IUV superiores a 11 en los mapas (Luccini et al, 2020) sobre la base de un degradé de tonos del color violeta que define el nivel de riesgo “Extremo”. Los mapas de IUV muestran marcados gradientes regionales, en el caso de cielo despejado causados principalmente por la elevación de la superficie y el albedo, mientras que las nubes imponen significativos gradientes adicionales. Esto enfatiza la necesidad de distinguir entre valores unitarios del IUV a toda escala geográfica, lo cual sólo es posible si se dispone de una paleta unitaria adecuada de colores del IUV.

En este trabajo se realiza una revisión completa de la actual paleta unitaria de colores del IUV, proponiendo una paleta unitaria alternativa que soluciona cada problema detectado. Dicha propuesta queda a

consideración para su implementación como una versión actualizada de la paleta unitaria de colores del IUV oficial de la OMS.

2. GENERACIÓN DE LA NUEVA PALETA UNITARIA DE COLORES DEL IUV

La Tabla I presenta la paleta de colores del IUV por rangos de riesgo actualmente vigente (OMS, 2002). El documento oficial (OMS, 2002) presenta esta paleta sólo en código de colores PMS. Para mayor detalle, cada color es explicitado aquí en otros códigos habitualmente utilizados (Hexadecimal o HTML, RGB, CMYK, HSL). Esta paleta de colores del IUV por rangos de riesgo constituye la base para el desarrollo de la nueva paleta de tonos para valores unitarios del IUV presentada en este trabajo.

Tabla I. Paleta de colores del IUV por rangos de riesgo (WHO, 2002).

Nivel de riesgo	Valor numérico del IUV ⁽¹⁾	Código de colores				
		PMS	Hex/HTML	RGB	CMYK	HSL
Bajo	$0 \leq \text{IUV} < 3$	375	#8cd600	140,214,0	35,0,100,16	80.7,100%,42%
Moderado	$3 \leq \text{IUV} < 6$	102	#f9e814	249,232,20	0,7,92,2	55.5,95%,52.7%
Alto	$6 \leq \text{IUV} < 8$	151	#f77f00	247,127,0	0,49,100,3	30.9,100%,48.4%
Muy Alto	$8 \leq \text{IUV} < 11$	032	#ef2b2d	239,43,45	0,82,81,6	359.4,86%,55.3%
Extremo	$11 \leq \text{IUV}$	265	#9663c4	150,99,196	23,49,0,23	271.5,45.1%,57.8%

⁽¹⁾ Los límites de validez de cada rango se expresan explícitamente, enfatizando el carácter de número real de los valores del IUV.

2.1 Criterios para generar la nueva paleta unitaria

La elección de los colores en la paleta del IUV por rangos de riesgo (OMS, 2002) se basa en la “lógica del semáforo”, con el cual contrasta y presenta inconsistencias la actual paleta de tonos para valores unitarios del IUV (OMS, 2002). Entonces, respetando la estructura de colores de la paleta del IUV por rangos de riesgo (OMS, 2002), se elaboró una nueva paleta de tonos para valores unitarios del IUV atendiendo a los siguientes criterios:

- La paleta estándar de colores por rangos de riesgo de la OMS (2002) (Tabla I) es la base sobre la cual se elabora la nueva paleta de tonos para valores unitarios del IUV.
- Cada uno de los colores de la paleta por rangos de riesgo (Tabla I) constituye un tono dentro de su correspondiente rango de riesgo en la nueva paleta de valores unitarios.
- Los tonos de la nueva paleta de valores unitarios en cada nivel de riesgo obedecen a la estructura de colores de la paleta por rangos de riesgo (Tabla I). La premisa fundamental es distinguir en mapas y

gráficas las bandas de colores por rangos de riesgo, para luego diferenciar con mayor detalle los tonos de valores unitarios dentro de cada color.

- La distinción entre las bandas de colores por rangos de riesgo, así como de los tonos unitarios (con la suficiente ampliación) debe ser clara y evidente en la visualización de mapas y gráficas, tanto sobre la pantalla en distintos dispositivos como en su impresión en diferentes tipos de papel.
- Al igual que en la actual presentación de la Tabla I, cada tono en la nueva paleta de valores unitarios del IUV debe estar identificada en los principales códigos de colores utilizados comúnmente. En tal sentido, es importante resaltar que la imposición de definir una paleta unitaria de tonos del IUV con un equivalente PMS para cada color significa una restricción, dado el significativamente menor número de tonos en código PMS (aproximadamente 15.000) frente a los más de 16.000.000 que ofrece RGB, pero es una concesión justificada dada la importancia de ser suficientemente precisos ante las distintas opciones de impresión, la mayoría de las cuales se rigen por códigos PMS.

La nueva paleta de tonos para valores unitarios del IUV debe proveer una solución para distinguir en mapas y gráficas entre valores enteros del IUV para $IUV \geq 11$. Dicha solución debe ser derivada del color violeta que define el rango “Extremo” en la paleta colores por rangos de riesgo.

2.2 Procedimiento para generar la nueva paleta unitaria

Dado que la percepción del color depende de una enorme variedad de condiciones, incluidas las inherentes a los propios observadores (e.g. Grzybowski y Kupidura-Majewski, 2019), la definición de una paleta de colores estándar destinada a millones de personas en todo el mundo requiere una metodología objetiva, mediante la cual la selección de tonos se realice sobre la base de aspectos técnicos. Un tono obtenido por oscurecimiento o aclaramiento de un color dado se define mediante la siguiente ecuación:

$$\vec{C}_T = \vec{C}_0 \pm 255 * F * \vec{C}_1 \quad (1)$$

donde $\vec{C}_T$ y $\vec{C}_0$ son los “vectores color” en el espacio RGB cuyas componentes son los números enteros que representan a cada componente RGB, del tono obtenido ($\vec{C}_T$ definido bajo algún criterio de redondeo si es necesario) y del color original ($\vec{C}_0$). $\vec{C}_1$ es el vector color de componentes (1,1,1) y F es la fracción de oscurecimiento (aplicando el signo “-” en ecuación 1) o aclaramiento (aplicando el signo “+” en ecuación 1) respecto del color original. Por ejemplo, F es igual a 0.15 para un oscurecimiento o aclaramiento del 15%. Se aplica truncamiento en 0 ó en 255 en caso de que alguna de las componentes RGB de $\vec{C}_T$ salga de dichos límites al aplicar la ecuación (1) para la generación de los distintos tonos.

Entonces, atendiendo a los criterios detallados en el ítem 2.1, la nueva paleta unitaria de colores del IUV se estableció acorde a las siguientes etapas:

1) Se buscó la asignación apropiada de cada color de la Tabla I a un nivel en la paleta unitaria de IUV, acorde a su tono. Así, PMS 375 fue asignado al rango unitario entre $2 \leq IUV < 3$, PMS 102 al $4 \leq IUV < 5$, PMS 151 al $7 \leq IUV < 8$, PMS 032 al $8 \leq IUV < 9$ y PMS 265 al $14 \leq IUV < 15$.

2) Se establecieron tonos preliminares para los valores unitarios de IUV dentro de cada rango de riesgo de la Tabla I, sobre la base del oscurecimiento o aclaramiento en pasos de 10% del color correspondiente de la Tabla I. De ellos, se seleccionó una paleta unitaria base que permita obtener una clara visualización ante toda una variedad de pruebas: sobre diferentes tipos de pantallas (PCs, notebooks, celulares y tablets), bajo distintas condiciones de brillo y contraste, variando el ángulo de visión del usuario con respecto a las pantallas, así como pruebas de impresión en distintos tipos de papel.

3) Una vez definidos dichos tonos de base en código RGB, se identificaron los colores en código PMS más próximos a cada uno ellos en el rango de valores $0 \leq \text{IUV} < 11$, obteniendo así la selección final de tonos para la nueva paleta unitaria del IUV, que se observa en la Tabla II -izquierda.

4) Finalmente, para generar los tonos de color violeta que permitan distinguir entre valores unitarios en el nivel de riesgo “Extremo” ($\text{IUV} \geq 11$), se realizaron pruebas de oscurecimiento o aclaramiento en diferentes porcentajes a partir del color PMS 265 (Tabla I), encontrando apropiado un degradé en porcentajes sistemáticos del 9% como se observa en la Tabla II-izquierda.

La Tabla II -izquierda muestra la nueva versión de la paleta unitaria de colores del IUV, propuesta en este trabajo, junto con la actual paleta unitaria de colores del IUV (OMS, 2002) (Tabla II -derecha). Un análisis colorimétrico básico, mostrado en el Apéndice A, brinda sustento técnico a la paleta unitaria elaborada. Por comparación entre ambas paletas de la Tabla II, en el siguiente apartado se detallan las inconsistencias detectadas en la actual paleta unitaria de colores, y la solución que la nueva paleta brinda a cada una de ellas.

3. INCONSISTENCIAS DETECTADAS Y SOLUCIONES PROPUESTAS

En este capítulo se detallan las inconsistencias detectadas en la actual paleta unitaria de colores (OMS, 2002) (Tabla II -derecha), así como la solución que aporta la nueva propuesta (Tabla II -izquierda) a cada una de ellas.

3.1 Coherencia entre la escala unitaria y la escala por rangos de riesgo

La actual paleta unitaria de colores IUV (OMS, 2002) (Tabla II-derecha) presenta varios tonos que no se corresponden con la paleta de colores IUV por rangos de riesgo (Tabla I), (por ejemplo, tonos naranjas en el rango “Moderado”, un tono de rojo en el rango “Alto”, un tono de violeta en el rango “Muy Alto”). A su vez, la Tabla II -derecha no presenta ningún tono extraído de la Tabla I, resultando en una desconexión entre las actuales paletas, unitaria y por rangos de riesgo. Ambos aspectos son resueltos en la nueva paleta unitaria de colores del IUV propuesta (Tabla II-izquierda), ya que está constituida exclusivamente por tonos del color correspondiente en cada rango de riesgo: verde para riesgo “Bajo”, amarillo para riesgo “Moderado”, naranja para riesgo “Alto”, rojo para riesgo “Muy Alto” y violeta para riesgo “Extremo”. Adicionalmente, la nueva paleta unitaria incorpora como uno de sus tonos, en cada rango de riesgo, el color correspondiente de la Tabla I: el verde PMS 375 fue asignado al rango unitario $2 \leq \text{IUV} < 3$, el amarillo PMS 102 al $4 \leq \text{IUV} < 5$, el naranja PMS 151 al $7 \leq \text{IUV} < 8$, el rojo PMS 032 al $8 \leq \text{IUV} < 9$ y el violeta PMS 265 al $14 \leq \text{IUV} < 15$.

Tabla II. Nueva paleta unitaria de colores IUV propuesta (izquierda) y paleta unitaria de colores IUV actualmente vigente (OMS, 2002) (derecha).

Paleta unitaria de colores IUV propuesta

Nivel de riesgo ⁽¹⁾	Valor numérico del IUV ⁽²⁾	Código de colores ⁽³⁾	
		PMS	Hex
Bajo	$0 \leq \text{IUV} < 1$	370	#568e14
	$1 \leq \text{IUV} < 2$	376	#7fba00
	$2 \leq \text{IUV} < 3$	375	#8cd600
Moderado	$3 \leq \text{IUV} < 4$	106	#f5e85c
	$4 \leq \text{IUV} < 5$	102	#f9e814
	$5 \leq \text{IUV} < 6$	116	#ddce11
Alto	$6 \leq \text{IUV} < 7$	715	#fc9e49
	$7 \leq \text{IUV} < 8$	151	#f77f00
Muy Alto	$8 \leq \text{IUV} < 9$	032	#ef2b2d
	$9 \leq \text{IUV} < 10$	485	#d81e05
	$10 \leq \text{IUV} < 11$	193	#bf0a30
Extremo	$11 \leq \text{IUV} < 12$	265 O27%	#511e7f
	$12 \leq \text{IUV} < 13$	265 O18%	#683596
	$13 \leq \text{IUV} < 14$	265 O9%	#7f4cad
	$14 \leq \text{IUV} < 15$	265	#9663c4
	$15 \leq \text{IUV} < 16$	265 A9%	#ad7adb
	$16 \leq \text{IUV} < 17$	265 A18%	#c491f2
	$17 \leq \text{IUV} < 18$	265 A27%	#dba8ff
	$18 \leq \text{IUV} < 19$	265 A36%	#f2bfff
	$19 \leq \text{IUV} < 20$	265 A45%	#ffd6ff
	$20 \leq \text{IUV} < 21$	265 A54%	#ffedff
	$21 \leq \text{IUV}$	265 A100%	#ffffff

Paleta unitaria de colores IUV OMS (2002)

Nivel de riesgo ⁽¹⁾	Valor numérico del IUV ⁽²⁾	Código de colores ⁽²⁾
		Hex
Bajo	0 a 2	#4eb400
	2 a 3	#a0ce00
Moderado	3 a 4	#f7e400
	4 a 5	#f8b600
	5 a 6	#f88700
Alto	6 a 7	#f85900
	7 a 8	#e82c0e
Muy Alto	8 a 9	#d8001d
	9 a 10	#ff0099
	10 a 11	#b54cff
Extremo	11 o más	#998cff

⁽¹⁾ Los colores en esta columna corresponden a la Tabla I, por rangos de riesgo (OMS, 2002).

⁽²⁾ Los límites de validez de cada rango se expresan explícitamente, enfatizando el carácter de número real de los valores del IUV.

⁽³⁾ Los tonos en el nivel "Extremo" fueron obtenidos por oscurecimiento (O) o aclaramiento (A) del color PMS 265 en el porcentaje indicado.

⁽¹⁾ Los colores en esta columna corresponden a la tabla I, por rangos de riesgo (OMS, 2002).

⁽²⁾ Tal como se presentan en el documento OMS (2002).

3.2 Distinción entre valores de IUV en el rango 0 a 2

En la actual paleta unitaria de colores (OMS, 2002) (Tabla II-derecha) los niveles de IUV entre 0 y 1, y entre 1 y 2 son indistinguibles, ambos bajo el mismo tono de color verde. Esto se resuelve en la paleta unitaria de color IUV propuesta (Tabla I-izquierda) con tres diferentes tonos de verde para IUV entre 0 y 1, entre 1 y 2 y entre 2 y 3 dentro del nivel de riesgo “Bajo”, uno de cuyos tonos ($2 \leq \text{IUV} < 3$) es ahora el PMS 375 de la Tabla I.

3.3 Ampliación del límite para distinguir valores unitarios de IUV hasta 21+

La paleta unitaria de colores del IUV propuesta (Tabla II-izquierda) contiene un degradé de tonos que se aclaran a medida que aumenta el IUV en el rango de riesgo “Extremo”, permitiendo distinguir entre los valores de IUV superiores a 11 que diariamente se registran en amplias regiones del mundo. El mismo se elaboró sobre la base del color violeta PMS 265 que define el rango “Extremo” en la Tabla I, asignado en la paleta unitaria a $14 \leq \text{IUV} < 15$, con aclaramientos (oscurecimientos) sistemáticos en pasos de 9% para valores menores (mayores) hasta el color blanco que se alcanza para IUV de 21 o superiores. Se considera que el valor máximo umbral de 21 establecido en la nueva paleta unitaria es apropiado en dos aspectos referenciales: como límite representativo de los valores de IUV máximos que se suelen registrar en todo el mundo, y también como un número fácilmente identificable con respecto al valor IUV = 11 en el cual comienza el nivel de riesgo “Extremo”.

3.4 Aclaración de los límites entre cada unidad y cada nivel de riesgo

Aun cuando la divulgación del IUV al público en general se realiza típicamente en forma de números enteros (OMS, 2002) bajo algún criterio de redondeo, se debe tener siempre presente que en toda situación (mediciones, cálculos, gráficas, mapas, etc.) el IUV se expresa mediante un número real que representa la intensidad de irradiancia eritémica de forma adimensional. Por ello, para identificar apropiadamente a qué color corresponde un valor de IUV determinado, resulta fundamental que los límites entre unidades sean explícitamente establecidos en cada rango en ambas paletas (Tabla I y Tabla II-izquierda).

3.5 Paleta provista en los códigos de color digitales más utilizados

A fines de establecer un estándar inequívoco y preciso, la paleta unitaria de colores del IUV propuesta en la Tabla II-izquierda se completa en el Apéndice B con una amplia variedad de códigos de color habitualmente utilizados.

4. APLICACIONES

La Figura 1 muestra la aplicación de la paleta de colores por rangos de riesgo (OMS, 2002) (Figura 1-izquierda) y de la nueva paleta unitaria de colores propuesta (Figura 1-derecha) sobre mediciones de IUV registradas cada 1 minuto durante dos días del mes de enero de 2013 en el Observatorio La Quiaca (22.11°S , 65.57°O , 3459 m s.n.m.) del Servicio Meteorológico Nacional, cuyo sensor cuenta con calibración bajo trazabilidad internacional (Nollas et al., 2018). Dada su ubicación en el Altiplano Andino en zona tropical, se puede apreciar en la Figura 1 que, durante un día de cielo despejado próximo al solsticio de verano (07 de enero de 2013) se superan valores IUV de 17. En tanto, bajo ciertas circunstancias que incluyen la presencia

de nubes dispersas tipo cúmulus en el entorno de la posición del sol (15 de enero de 2013), la radiación UV puede intensificarse durante lapsos de varios minutos a valores de IUV superiores a 23. La nueva paleta unitaria de colores (Figura 1-derecha) muestra una total coherencia con la paleta de colores por rangos de riesgo (Figura 1-izquierda) y permite distinguir nítidamente valores unitarios de IUV en el rango “Extremo”.

La Figura 2 muestra los mapas mundiales de IUV determinados por el sistema de información CERES (Clouds and the Earth's Radiant Energy System, <https://ceres.larc.nasa.gov/index.php>) (Su et al., 2005) para toda condición de cielo durante los días próximos a los solsticios del año 2020, 21 de junio y 21 de diciembre, poniendo en evidencia las ventajas de la observación de detalles regionales en los valores de IUV que permite la nueva paleta unitaria de colores propuesta para el IUV (Figura 2-izquierda) en comparación con la actual paleta unitaria de colores del IUV (OMS, 2002) (Figura 2-derecha).

La Figura 3 representa una ampliación geográfica para Argentina y su entorno sobre los mapas de la Figura 2, exponiendo las ventajas de la paleta unitaria de colores propuesta para el IUV (Figura 3-izquierda) a lo largo de una región con fuertes gradientes y valores extremos de IUV que superan ampliamente el valor 11 durante primavera-verano, así como detalles territoriales que pueden observarse con mayor nitidez para valores menores del IUV durante otoño-invierno.

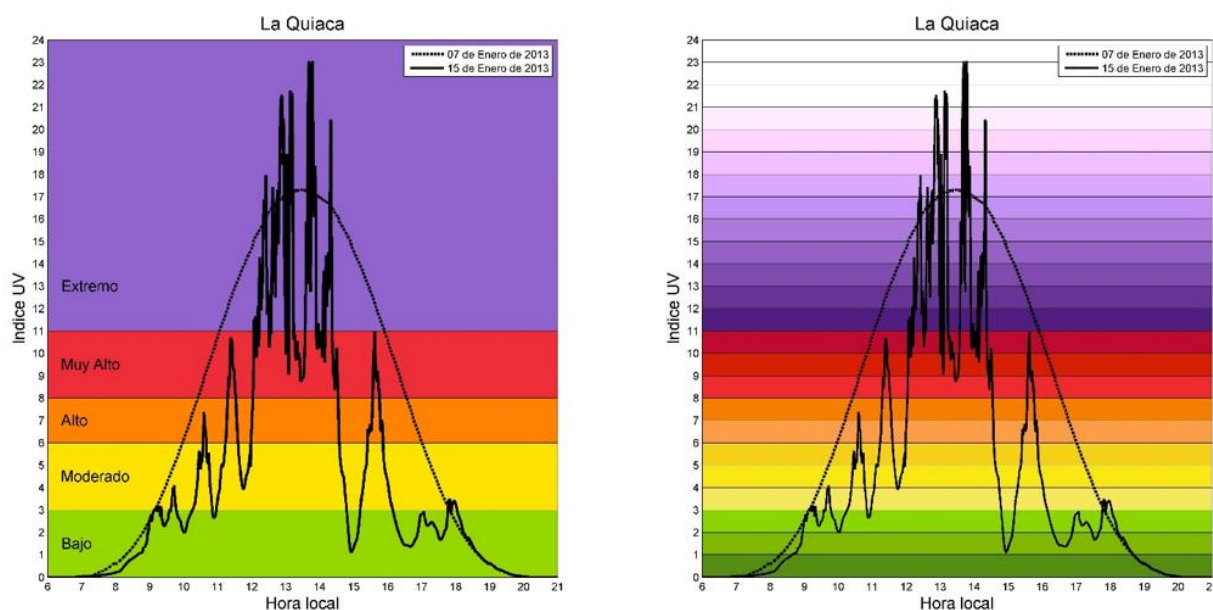


Fig. 1: Aplicación de la paleta de colores por rangos de riesgo (OMS, 2002) (izquierda) y de la nueva paleta unitaria de colores propuesta (derecha) a mediciones de IUV registradas cada 1 minuto durante los días 07 de enero de 2013 (a cielo despejado) y 15 de enero de 2013 (con nubes dispersas) en el Observatorio La Quiaca (22.11°S, 65.57°O, 3459 m s.n.m.) del Servicio Meteorológico Nacional.

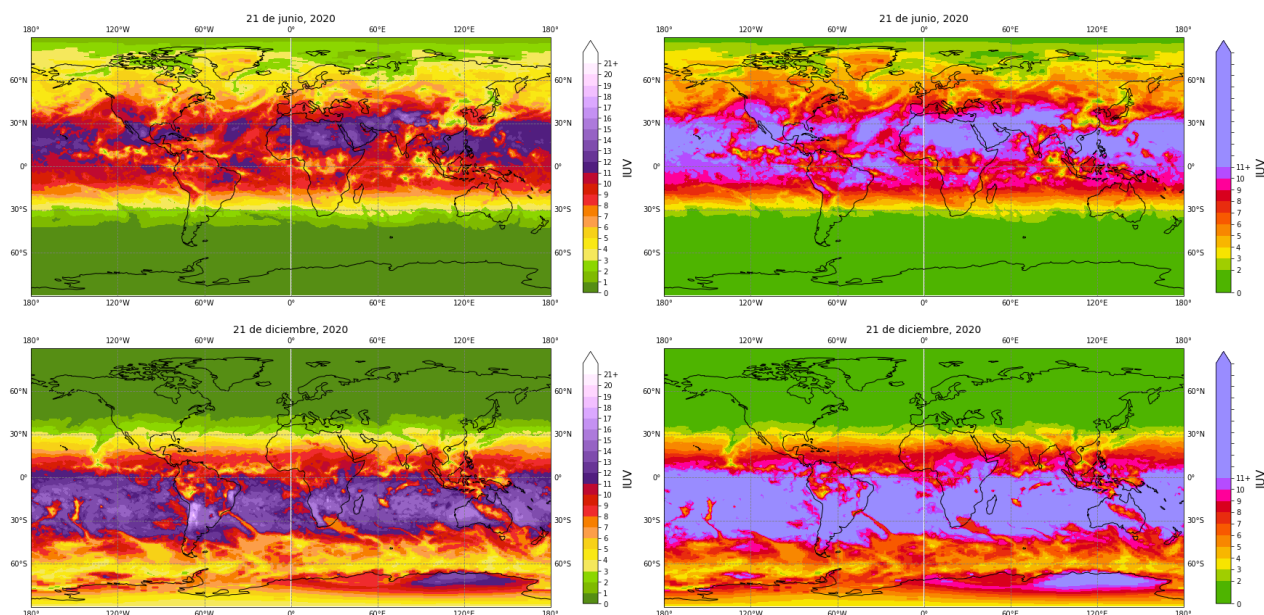


Fig.2. Aplicación de la nueva paleta unitaria de colores propuesta (izquierda) y comparación con la paleta unitaria de colores actual (OMS, 2002) (derecha) a los datos mundiales diarios de IUV provistos por el sistema CERES (<https://ceres.larc.nasa.gov/index.php>) para los días 21 de junio (arriba) y 21 de diciembre (abajo) de 2020.

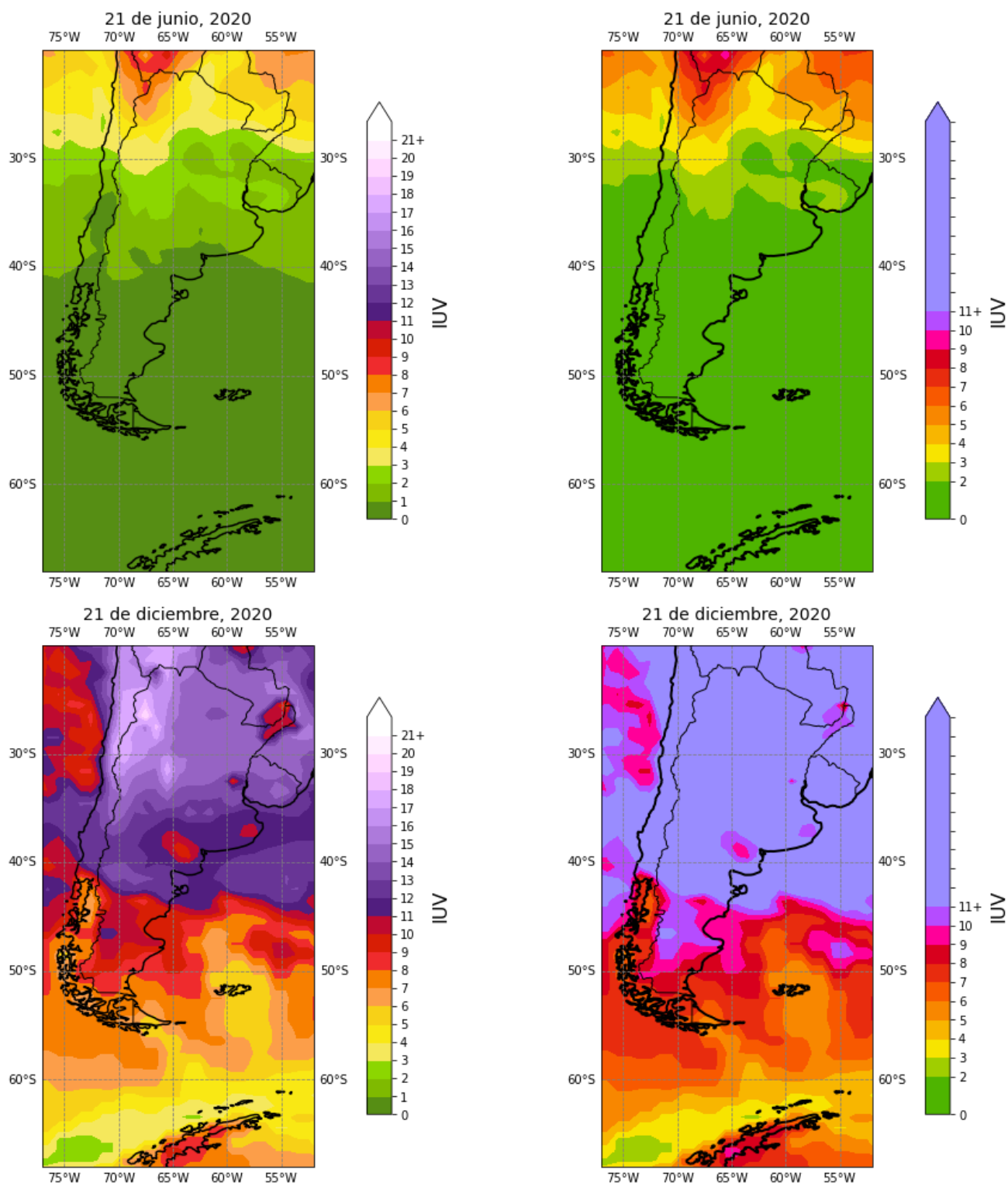


Fig. 3. Aplicación de la nueva paleta unitaria de colores propuesta (izquierda) y comparación con la paleta unitaria de colores actual (OMS, 2002) (derecha) a una ampliación de los mapas de la Figura 2 sobre el territorio de Argentina y su entorno, a partir de los datos mundiales diarios de IUV provistos por el sistema CERES (<https://ceres.larc.nasa.gov/index.php>) para los días 21 de junio (arriba) y 21 de diciembre (abajo) de 2020

5. CONCLUSIONES

Sobre la base de una metodología respaldada en la paleta de colores del IUV por rangos de riesgo (OMS, 2002), se ha presentado una propuesta integral para mejorar la paleta unitaria de colores del IUV, que corrige las inconsistencias detectadas y extiende la posibilidad de discernir, en gráficas y mapas, valores de IUV superiores a 11 que se registran diariamente en amplias regiones del mundo en el rango de riesgo “Extremo”. Considerando que la convención actual lleva más de 20 años de uso por parte de la comunidad científica y, más importante, por la comunidad pública mundial, hemos respetado la estructura de colores original de la paleta por rangos de riesgo (OMS, 2002) para la elaboración de la nueva paleta unitaria de colores del IUV. Su implementación como una nueva paleta unitaria de colores estandarizada internacionalmente para el Índice UV, o una eventual alternativa que salve similarmente las inconsistencias detectadas, mejoraría significativamente la difusión e interpretación de la información sobre IUV, proporcionando una herramienta renovada y más robusta para lograr de manera más eficiente el propósito crucial del IUV, que es proveer un sistema eficiente y de fácil interpretación para el cuidado de la salud pública ante la sobreexposición al sol. Sólo para mencionar otra alternativa, dentro de las diferentes opciones testeadas, se ha observado que un degradé de tonos bordó/púrpura para valores IUV 11+ (por ejemplo, centrado en PMS 246 en lugar de PMS 265) podría permitir una mejor visualización en dos aspectos: la transición de los colores rojos desde el nivel de riesgo “Muy Alto” al nivel de riesgo “Extremo” y una mejor identificación de cada valor unitario de IUV superiores a 11. Sin embargo, como se mencionó, esta es sólo una de las posibilidades a analizar si se considerase apropiada una revisión mayor.

6. REFERENCIAS

- Gelsor N., K. Ladislav, S. Jakob, T. Wangmu, P. Nima, 2011: Spatial Distribution and Temporal Variation of Solar UV Radiation over the Tibetan Plateau. *Applied Physics Research*, 3.
- Grzybowski A., and Kupidura-Majewski K., 2019: What is color and how it is perceived?. *Clinics in Dermatology*, Volume 37, Issue 5, Pages 392-401. <https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2019.07.008>.
- Liu H., B. Hu, L. Zhang, Y. S. Wang, and P. F. Tian, 2016: Spatiotemporal characteristics of ultraviolet radiation in recent 54 years from measurements and reconstructions over the Tibetan Plateau, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 121, 7673–7690.
- Liu H., B. Hu, L. Zhang, X. J. Zhao, K. Z. Shang, Y. S. Wang, J. Wang, 2017: Ultraviolet radiation over China: Spatial distribution and trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 76, 1371-1383, ISSN 1364-0321.
- Cede A., E. Luccini, L. Nuñez, R. D. Piacentini, and M. Blumthaler, 2002: Monitoring of erythemal irradiance in the Argentine Ultraviolet Network, *J. Geophys. Res.*, 107(D13), 4165. doi: 10.1029/2001JD001206.
- Cordero R.R., Damiani, A., Jorquera, J. et al., 2018: Ultraviolet radiation in the Atacama Desert. *Antonie van Leeuwenhoek* 111, 1301–1313. <https://doi.org/10.1007/s10482-018-1075-z>.
- de Paula Corrêa M., 2015: Solar ultraviolet radiation: properties, characteristics and amounts observed in Brazil and South America. *An. Bras. Dermatol.* 90(3):297-313. <http://dx.doi.org/10.1590/abd1806-4841.20154089>.

Lee-Taylor J., Madronich S., Fischer C., Mayer B., 2010: A Climatology of UV Radiation, 1979–2000, 65S–65N. In: Gao W., Slusser J.R., Schmoldt D.L. (eds) UV Radiation in Global Climate Change. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-03313-1_1.

Lemus-Deschamps L., Rikus, L. S. Grainger, Gies, P. Sisson, J. and Li, Z., 2004: UV Index and UV dose distributions for Australia (1997-2001). *Aus. Met. Mag.*, 53, 239-250.

Luccini E., A. Cede, R. Piacentini, C. Villanueva, and P. Canziani, 2006: Ultraviolet climatology over Argentina, *J. Geophys. Res.*, 111, D17312, doi: 10.1029/2005JD006580.

NASA Earth Observations, 2011: EOS Project Science Office. NASA Goddard Space Flight Center. https://neo.sci.gsfc.nasa.gov/view.php?datasetId=AURA_IUV_CLIM_M.

Newman P., and R. McKenzie., 2011: UV impacts avoided by the Montreal Protocol. *Photochem. Photobiol. Sci.* 10, 1152–1160. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2011/PP/c0pp00387e#!divAbstract>.

Nollas F., E. Luccini, G. Carbajal, F. Orte, E. Wolfram, G. Hülsen, J. Gröbner, 2018: Report of the Fifth Erythemat UV Radiometers Intercomparison (Buenos Aires, Argentina, 2018). GAW report No. 243. https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=20791#.XN6kuyBKgdV.

OMS, 2002: Organización Mundial de la Salud. Global Solar UV Index: A Practical Guide. <https://www.OMS.int/uv/publications/en/IUVGuide.pdf>.

Su W., T. P. Charlock, and F. G. Rose, 2005: Deriving surface ultraviolet radiation from CERES surface and atmospheric radiation budget: Methodology. *J. Geophys. Res.*, 110(D14209), doi: 10.1029/2005JD005794.

Zaratti F., Piacentini, R., Guillén, H., Silva, S., Liley, J, and R. McKenzie, 2014: Proposal for a modification of the IUV risk scale. *Photochem. Photobiol. Sci.* 13. doi: 10.1039/c4pp00006d.

Apéndice A

Acorde a lo señalado en la sección 2, la elección de los tonos en la nueva paleta unitaria de colores del IUV (Tabla II-izquierda) fue realizada sobre la base de los colores de la paleta OMS (2002) por rangos de riesgo (Tabla I), priorizando tonos identificables en los códigos de colores estándar más utilizados, incluyendo el Pantone que dispone de un espectro más reducido de tonalidades. Una vez establecida, es importante ratificar su elección verificando que se cumplen determinados criterios resultantes de un análisis colorimétrico. La principal de estas pautas indica que dos tonos son claramente distinguibles (por personas sin alteraciones en la percepción visual) si se encuentran a distancias considerables en la representación gráfica 3D del espacio RGB. Teniendo en cuenta el procedimiento para establecer la nueva paleta, el primer requisito es que los “colores” (es decir el conjunto de tonos correspondiente a cada color de la paleta por rangos de riesgo) se encuentren apropiadamente agrupados y separados entre sí. Como se observa en la Figura A1-izquierda, esta primera pauta se verifica en la nueva paleta, mientras que en la actual paleta (Figura A1-derecha) no hay identificación posible de “grupos” coherentes con la paleta OMS (2002) por rangos de riesgo dado que, como se señaló, los colores en la actual paleta unitaria no están agrupados en tonos de los colores correspondientes de dicha paleta. Adicionalmente, la apropiada separación en el espacio 3D RGB entre tonos consecutivos dentro de cada color (Figura A1-izquierda) es un indicio adicional que ratifica la elección de los tonos unitarios en la paleta propuesta (Tabla II-izquierda). Asimismo, el aclaramiento progresivo de tonos del color violeta para valores de IUV ≥ 11 se condice con la ecuación vectorial (1) en el espacio 3D RGB de la Figura A1-izquierda, acorde a los porcentajes establecidos en la Tabla II-izquierda.

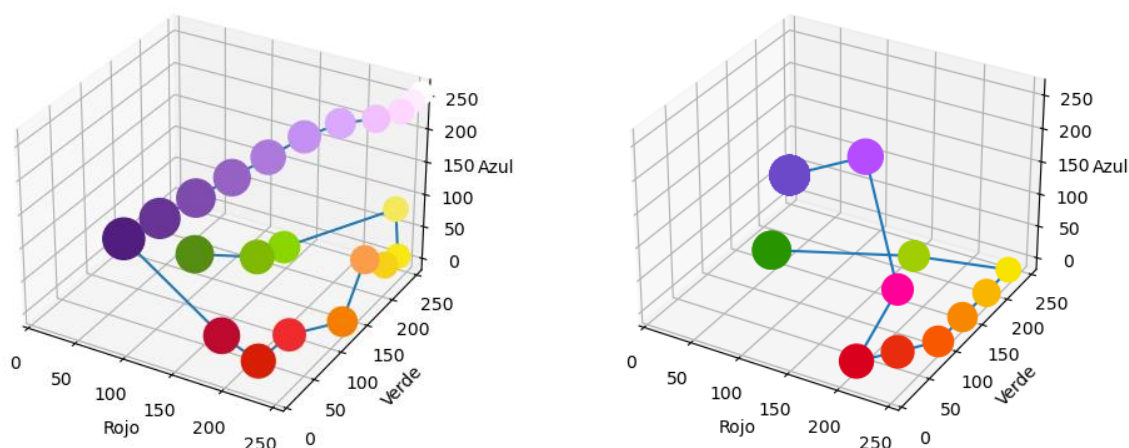


Fig. A1. Representación gráfica 3D de los tonos de la paleta unitaria propuesta (izquierda) y de la paleta unitaria actual (OMS, 2002) (derecha), en el espacio RGB.

Apéndice B

Tabla BI. Paleta unitaria de colores IUV propuesta, en los principales códigos de colores estándar

Valor numérico del IUV	Código de colores				
	PMS	Hex/HTML	RGB	CMYK	HSL
$0 \leq \text{IUV} < 1$	370	#568e14	86,142,20	39,0,86,44	87.5,75.3%,31.8%
$1 \leq \text{IUV} < 2$	376	#7fba00	127,186,0	32,0,100,27	79,100%,36.5%
$2 \leq \text{IUV} < 3$	375	#8cd600	140,214,0	35,0,100,16	80.7,100%,42%
$3 \leq \text{IUV} < 4$	106	#f5e85c	245,232,92	0,5,62,4	54.9,88.4%,66.1%
$4 \leq \text{IUV} < 5$	102	#f9e814	249,232,20	0,7,92,2	55.5,95%,52.7%
$5 \leq \text{IUV} < 6$	116	#f7d117	247,209,23	0,15,91,3	49.8,93.3%,52.9%
$6 \leq \text{IUV} < 7$	715	#fc9e49	252,158,73	0,37,71,1	28.5,96.8%,63.7%
$7 \leq \text{IUV} < 8$	151	#f77f00	247,127,0	0,49,100,3	30.9,100%,48.4%
$8 \leq \text{IUV} < 9$	032	#ef2b2d	239,43,45	0,82,81,6	359.4,86%,55.3%
$9 \leq \text{IUV} < 10$	485	#d81e05	216,30,5	0,86,98,15	7.1,95.5%,43.3%
$10 \leq \text{IUV} < 11$	193	#bf0a30	191,10,48	0,95,75,25	347.4,90%,39.4%
$11 \leq \text{IUV} < 12$	265 O27%	#511e7f	81,30,127	36,76,0,50	271.5,61.8%,30.8%
$12 \leq \text{IUV} < 13$	265 O18%	#683596	104,53,150	31,65,0,41	271.5,47.8%,39.8%
$13 \leq \text{IUV} < 14$	265 O9%	#7f4cad	127,76,173	27,56,0,32	271.5,39%,48.8%
$14 \leq \text{IUV} < 15$	265	#9663c4	150,99,196	23,49,0,23	271.5,45.1%,57.8%
$15 \leq \text{IUV} < 16$	265 A9%	#ad7adb	173,122,219	21,44,0,14	271.5,57.4%,66.9%
$16 \leq \text{IUV} < 17$	265 A18%	#c491f2	196,145,242	19,40,0,5	271.5,78.9%,75.9%
$17 \leq \text{IUV} < 18$	265 A27%	#dba8ff	219,168,255	14,34,0,0	275.2,100%,82.9%
$18 \leq \text{IUV} < 19$	265 A36%	#f2bfff	242,191,255	5,25,0,0	287.8,100%,87.5%
$19 \leq \text{IUV} < 20$	265 A45%	#ffd6ff	255,214,255	0,16,0,0	300,100%,92%
$20 \leq \text{IUV} < 21$	265 A54%	#ffedff	255,237,255	0,7,0,0	300,100%,96.5%
$21 \leq \text{IUV}$	265 A100%	#ffffff	255,255,255	0,0,0,0	0,0%,100%

Instrucciones para publicar Notas Técnicas

En el SMN existieron y existen una importante cantidad de publicaciones periódicas dedicadas a informar a usuarios distintos aspectos de las actividades del servicio, en general asociados con observaciones o pronósticos meteorológicos.

Existe no obstante abundante material escrito de carácter técnico que no tiene un vehículo de comunicación adecuado ya que no se acomoda a las publicaciones arriba mencionadas ni es apropiado para revistas científicas. Este material, sin embargo, es fundamental para plasmar las actividades y desarrollos de la institución y que esta dé cuenta de su producción técnica. Es importante que las actividades de la institución puedan ser comprendidas con solo acercarse a sus diferentes publicaciones y la longitud de los documentos no debe ser un limitante.

Los interesados en transformar sus trabajos en Notas Técnicas pueden comunicarse con Ramón de Elía (rdelia@smn.gov.ar), Luciano Vidal (lvidal@smn.gov.ar) o Martin Rugna (mrugna@smn.gov.ar) de la Dirección Nacional de Ciencia e Innovación en Productos y Servicios, para obtener la plantilla WORD que sirve de modelo para la escritura de la Nota Técnica. Una vez armado el documento deben enviarlo en formato PDF a los correos antes mencionados. Antes del envío final los autores deben informarse del número de serie que le corresponde a su trabajo e incluirlo en la portada.

La versión digital de la Nota Técnica quedará publicada en el Repositorio Digital del Servicio Meteorológico Nacional. Cualquier consulta o duda al respecto, comunicarse con Melisa Acevedo (macevedo@smn.gov.ar).