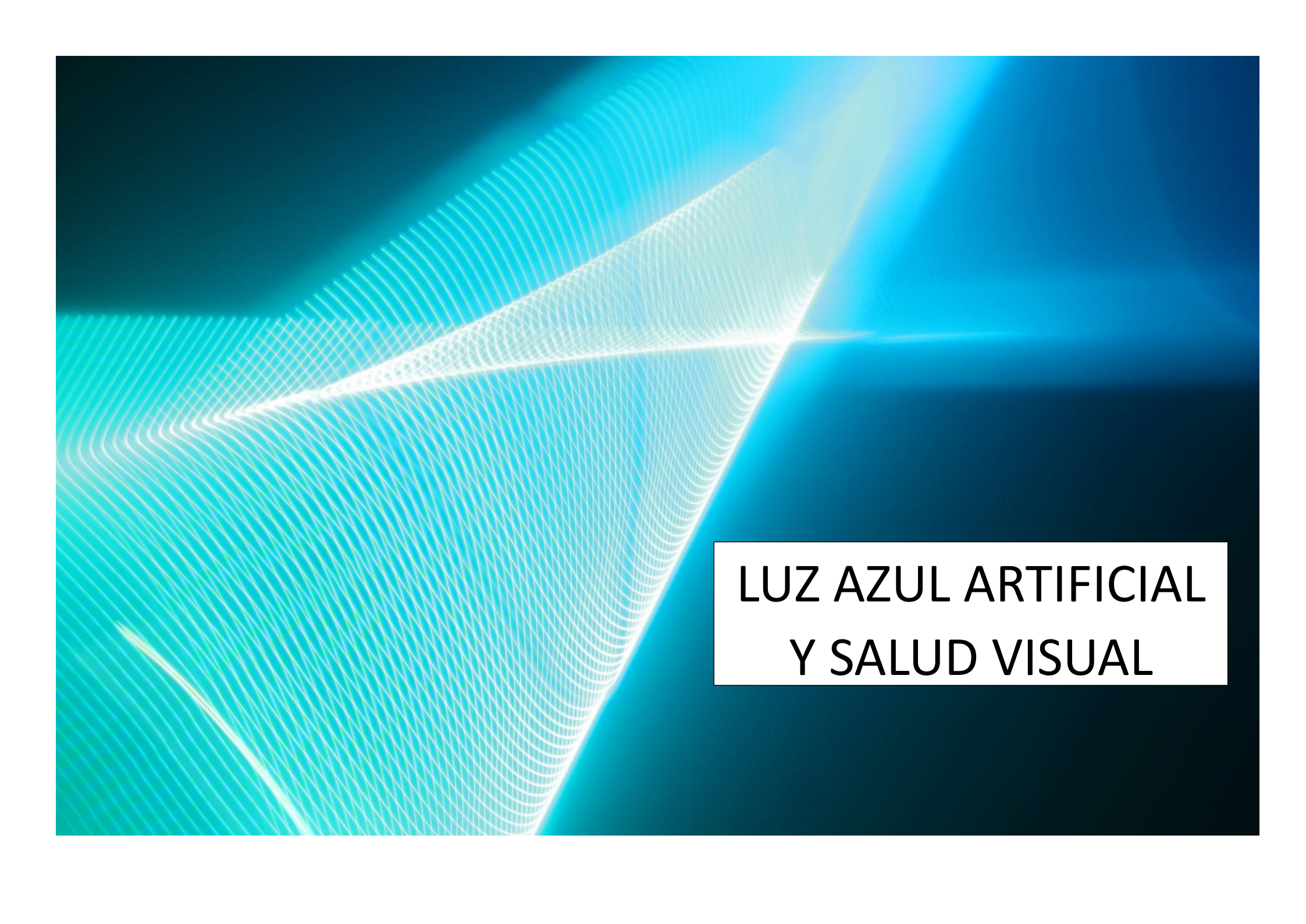


The background is a dark blue gradient. On the left, there are several sets of concentric, wavy white lines that create a sense of depth and movement, resembling light waves or a stylized eye. A bright, glowing light source is visible in the upper right, casting a beam of light across the scene.

LUZ AZUL ARTIFICIAL Y SALUD VISUAL

CARPETA INFORMATIVA

LUZ AZUL ARTIFICIAL Y SALUD VISUAL

Un enfoque de higiene espectral

Material de información para oftalmólogos y profesionales de la salud visual.

En las últimas dos décadas el entorno luminoso humano ha cambiado profundamente debido a la expansión de la iluminación LED y el uso intensivo de pantallas digitales.

Este documento propone abrir un diálogo científico sobre cómo estos cambios podrían relacionarse con la fisiología visual y la regulación biológica del organismo.

1. Contexto actual: el cambio del ambiente luminoso

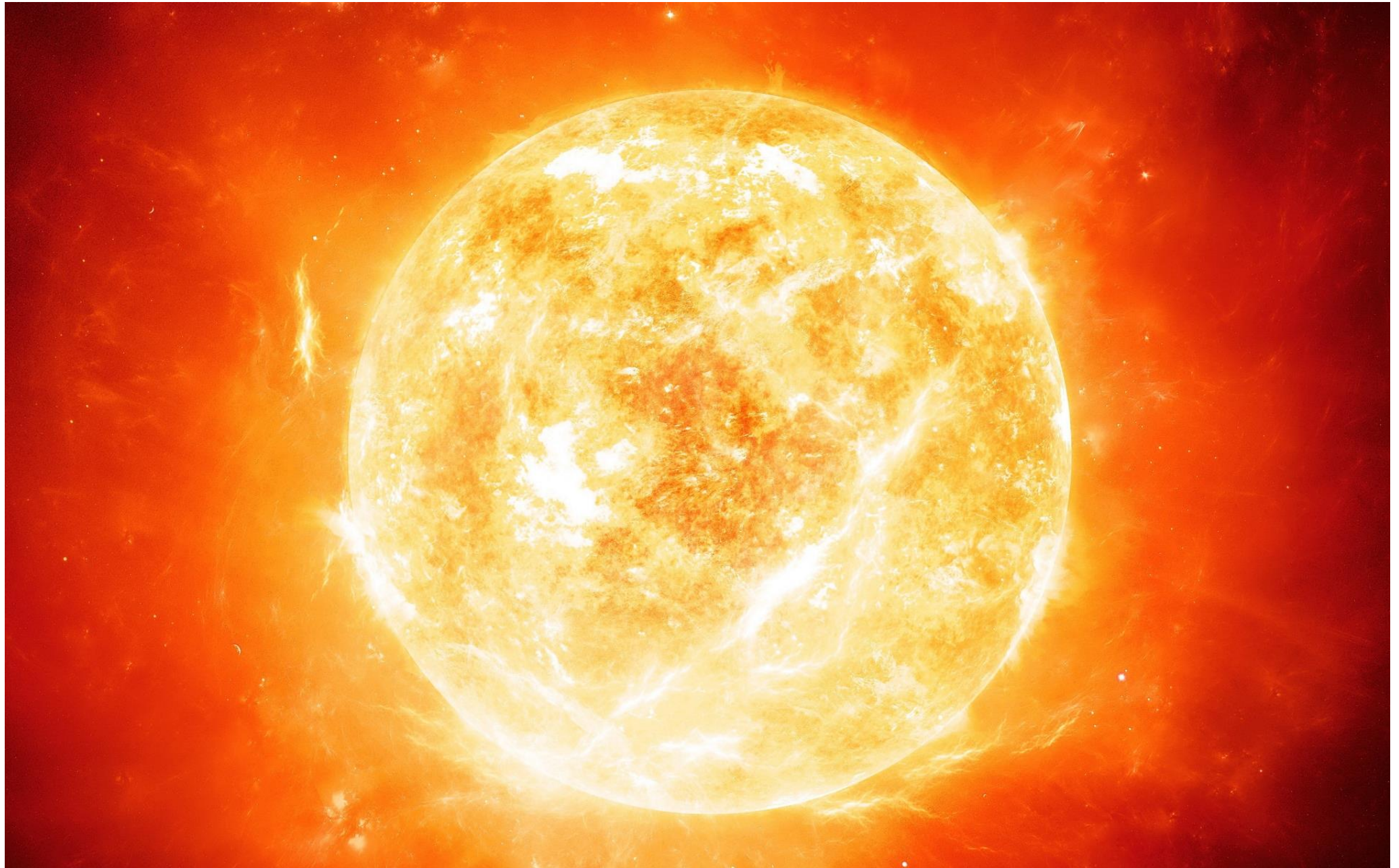
Durante millones de años el sistema visual humano evolucionó bajo una fuente dominante de luz: el sol.

La luz solar presenta un espectro continuo y equilibrado, donde todas las longitudes de onda se distribuyen gradualmente.

Hasta finales del siglo XX las principales fuentes de iluminación artificial eran:

- fuego
- lámparas incandescentes
- luz solar indirecta

Todas ellas comparten una característica común: un espectro continuo similar al solar.



En las últimas décadas el entorno visual cambió abruptamente con la introducción masiva de:

- iluminación LED
- pantallas digitales
- dispositivos electrónicos de uso continuo

Estas tecnologías presentan picos espectrales concentrados, particularmente en el rango azul cercano a los 450 nm.

Este cambio ambiental plantea nuevas preguntas para la oftalmología y la cronobiología.



2. La luz azul no es una sola cosa

El rango de luz azul abarca aproximadamente 400 a 500 nanómetros, pero dentro de este espectro existen bandas con funciones biológicas diferentes.

Azul violeta (400–455 nm)

- mayor energía fotónica
- mayor potencial de estrés fotoquímico retinal
- coincide con el pico de emisión de muchos LED

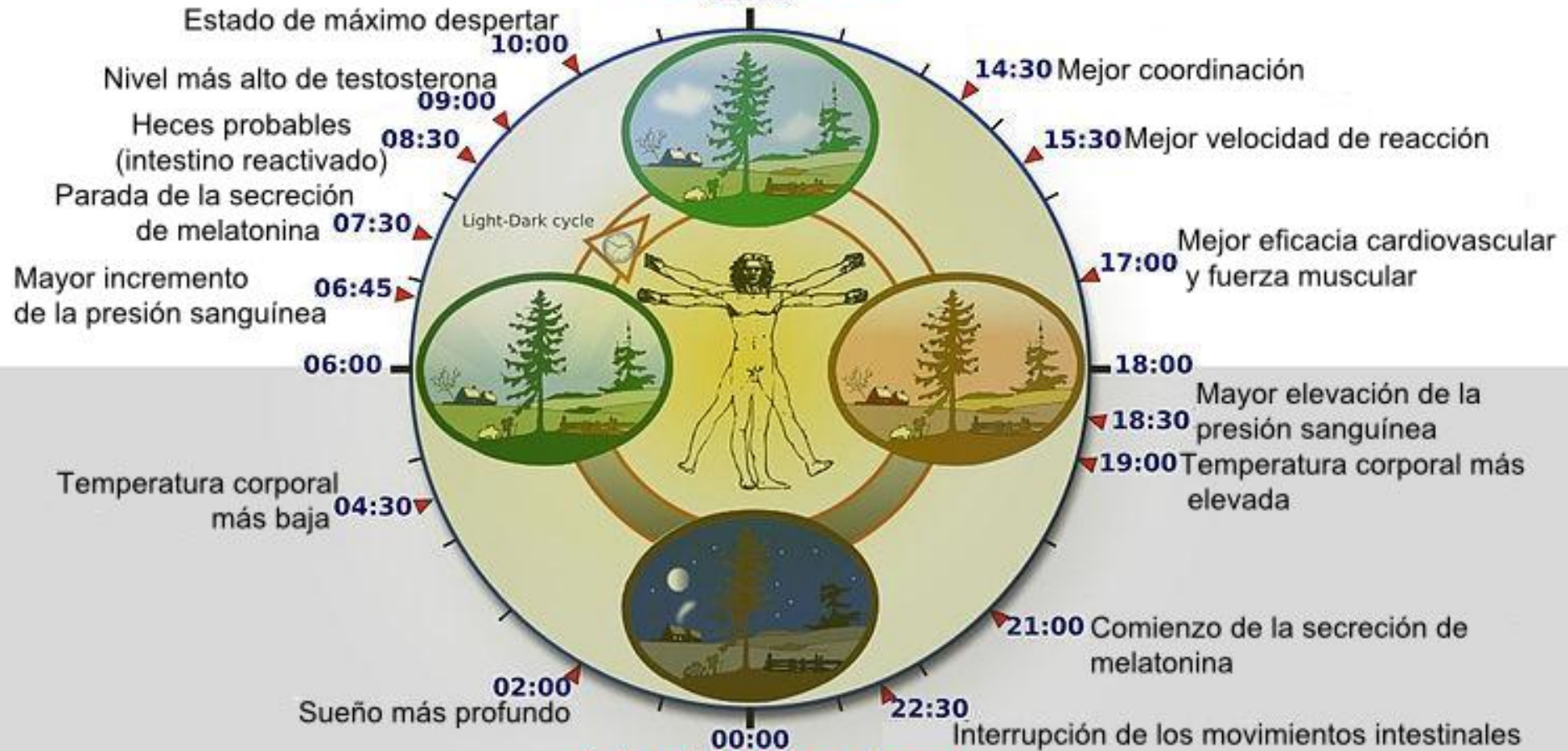
Azul circadiano (455–500 nm)

- estimula las células ganglionares fotosensibles (ipRGC)
- participa en la regulación del reloj biológico
- modula la secreción de melatonina

Por esta razón, bloquear completamente el espectro azul puede eliminar también señales fisiológicas importantes para el organismo.

Mediodía

12:00



Medianoche

Y también: producción creciente de vasopresina durante la noche hasta la mañana (suprime la sensación de sed)

3. Filtrado selectivo del espectro azul

Un enfoque óptico cada vez más considerado consiste en filtrar selectivamente ciertas longitudes de onda en lugar de eliminar todo el rango azul.

Estrategia propuesta

Reducir principalmente:

400–455 nm

(azul violeta de mayor energía)

Preservar parcialmente:

455–500 nm

(azul circadiano fisiológico)

Este enfoque busca equilibrar:

- protección retinal
- adaptación visual
- regulación circadiana

Espectro visible por el ojo humano (Luz)

Ultravioleta

Infrarrojo

400 nm

450 nm

500 nm

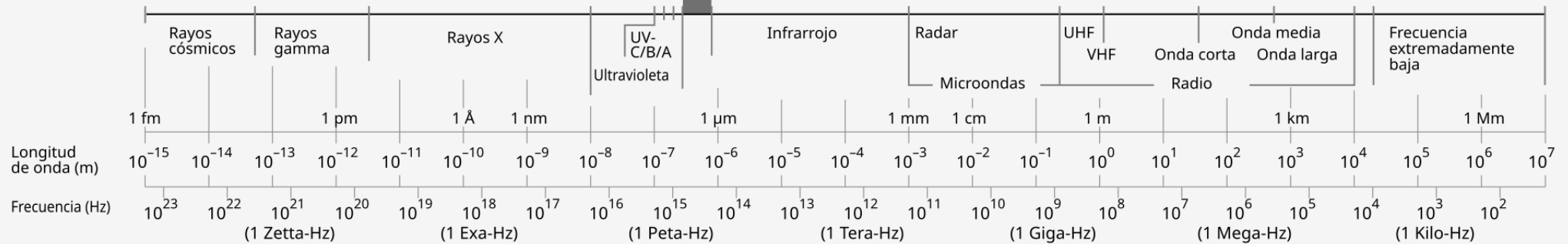
550 nm

600 nm

650 nm

700 nm

750 nm



4. Cambios recientes en el entorno visual humano

El sistema visual humano evolucionó durante millones de años bajo un entorno luminoso relativamente estable.

En apenas dos décadas se produjo un cambio significativo en el ambiente lumínico cotidiano.

Antes

fuentes predominantes:

- luz solar
- fuego
- lámparas incandescentes
- Espectro continuo natural

Ahora

fuentes predominantes:

- iluminación LED
- pantallas digitales
- iluminación artificial permanente

Espectros con picos concentrados

Este cambio plantea preguntas sobre:

- adaptación del sistema visual
- cronobiología humana
- síndrome visual digital
- exposición prolongada a luz artificial

5. Aplicaciones clínicas potenciales

El estudio del espectro luminoso podría tener relevancia en diversas situaciones clínicas, entre ellas:

- síndrome visual digital
- fatiga ocular asociada a pantallas
- trastornos del sueño relacionados con exposición nocturna a pantallas
- fotofobia o hipersensibilidad luminosa

La investigación en cronobiología y fisiología visual continúa explorando estas relaciones.



6. Seis preguntas actuales sobre luz azul y salud visual

1 La evolución de la iluminación artificial abre nuevas preguntas científicas

2 ¿El problema es la luz azul en sí misma o el desequilibrio espectral de la iluminación artificial moderna?

3 ¿Tiene sentido bloquear completamente el espectro azul cuando algunas bandas participan en funciones biológicas esenciales?

4 ¿Qué papel juegan las células ganglionares fotosensibles (ipRGC) en la relación entre luz, sistema nervioso y ritmo circadiano?¹

5 ¿Podría el espectro de la luz artificial influir en el aumento del síndrome visual digital?

¹ Las células ganglionares fotosensibles (ipRGCs, por sus siglas en inglés) son neuronas especializadas de la retina que detectan luz de manera intrínseca mediante el pigmento melanopsina, actuando independientemente de los conos y bastones. Su función principal no es formar imágenes, sino regular ritmos circadianos, el reflejo pupilar y el estado de ánimo.

Características Clave:

- **Fotorreceptores Especializados:** Expresan melanopsina, lo que les permite responder directamente a la luz, principalmente azul.
- **Funciones no visuales:** Son cruciales para el fotoentrenamiento (sincronizar el reloj interno con el ciclo día/noche) y el reflejo fotomotor (contracción de la pupila).
- **Receptores de Irradiancia:** Detectan la intensidad de la luz ambiental en lugar de detalles espaciales.
- **Localización:** Se encuentran en la capa de células ganglionares de la retina y proyectan información directamente al cerebro, específicamente al núcleo supraquiasmático del hipotálamo.

Estas células juegan un papel fundamental en la medicina, ya que las respuestas pupilares pueden detectarse incluso en casos de pérdida completa de la visión.

6 ¿Está el sistema visual humano completamente adaptado al nuevo entorno luminoso dominado por LED y pantallas?

¿Es necesario usar gafas de sol permanentemente?

Las gafas de sol cumplen una función importante frente a radiación intensa o patologías oculares. Sin embargo, los ojos, al igual que la piel, poseen fotorreceptores² que participan en la regulación fisiológica del organismo.

La exposición moderada a la luz solar natural cumple funciones relevantes en:

- sincronización circadiana
- regulación hormonal
- adaptación visual

El desafío puede ser encontrar un equilibrio entre protección y exposición fisiológica.

² Los fotorreceptores son neuronas especializadas situadas en la retina del ojo que detectan la luz y la convierten en señales eléctricas para que el cerebro forme imágenes (proceso llamado fototransducción). Los dos tipos principales son los **conos** (responsables de la visión en color y detalles, activos con mucha luz) y los **bastones** (encargados de la visión nocturna y detección de movimiento, sensibles a niveles bajos de luz).

Detalles claves y sinónimos:

- **Sinónimos/términos relacionados:** Células fotosensibles, receptores visuales, conos y bastones, capa fotorreceptora.
- **Ubicación:** Están en la parte más profunda de la retina, sumando aproximadamente 125 millones de bastones y 6 millones de conos

Funcionamiento:

- **Bastones:** Altamente sensibles para ver en la oscuridad sin color.
- **Conos:** Permiten ver colores y alta definición gracias a tres subtipos (rojo, verde, azul).
- **Estructura:** Compuestos por un segmento externo (contiene fotopigmentos como la rodopsina o fopsinas), segmento interno y una terminal sináptica.
- **Ejemplos de patologías:** Afecciones como la retinitis pigmentaria, daltonismo o fototratitis pueden dañarlos.

Los fotorreceptores no solo se encuentran en animales, sino que existen fotorreceptores electrónicos capaces de detectar la intensidad lumínica.

7. Argumentos científicos relevantes para la discusión

El pico espectral artificial

La luz solar tiene un espectro continuo.

Las fuentes LED presentan picos espectrales concentrados, especialmente cerca de 450 nm.

Esto podría modificar la distribución de energía luminosa que recibe la retina.

La cronobiología visual

Las células ganglionares fotosensibles ipRGC responden especialmente a la luz azul cercana a 480 nm.

Estas células participan en:

- regulación del ritmo circadiano
- producción de melatonina
- sincronización del reloj biológico

Adaptación visual

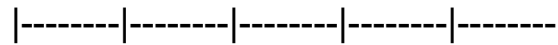
El sistema visual humano evolucionó bajo un espectro solar natural.

Los cambios recientes en el entorno luminoso plantean la necesidad de estudiar cómo estos nuevos espectros afectan la adaptación visual y fisiológica.

8. Espectro simplificado de la luz azul

ESPECTRO AZUL (400–500 nm)

400 420 440 460 480 500 nm



AZUL VIOLETA

AZUL CIRCADIANO

Alta energía

Regulación biológica



Pico LED

~450 nm

9. Reflexión final

El desafío actual no parece ser eliminar completamente la luz azul ni evitar la luz natural, sino comprender mejor la relación entre espectro luminoso, fisiología visual y regulación biológica del organismo.

El concepto emergente de higiene lumínica propone considerar:

- intensidad de la luz
- composición espectral
- horario de exposición
- adaptación fisiológica

Comprender estos factores podría contribuir a una visión más integral de la salud visual en el entorno tecnológico actual.

Graciela Romero Udabe

Óptica Científica & Bioenergía

Mendoza – Argentina

Contacto: +542615637787