

# Opacidad en lentes para ver el Sol

Encontrando opacidad adecuada observar el sol y no sufrir daño  
fotoquímico de una longitud de onda de 441nm

## Practica 2

### Modelado y simulación

Josué Francisco Soto Cortez  
Samuel Salas Meza  
Tomás Tavera Mejía

ENES Unidad Morelia, UNAM

# Introducción

El ojo humano, a lo largo del tiempo se ha podido estudiar de muchas maneras, una de ellas ha sido su evolución, y en su momento Charles Darwin llegó a descartar que los ojos sean fruto de evolución, pero ahora que ya se tiene la tecnología para hacer estudios más precisos, se pudo demostrar que los ojos han sido fruto de evolución.

La evolución del ojo humano se origina a partir de una simple mancha sensible a la luz compuesta de fotorreceptores. Unos mecanismos capaces de transformar la energía óptica de la luz que incide sobre ellos en energía eléctrica, este sorprendente proceso se conoce como transducción.

El paso definitivo en la evolución del ojo fue el desarrollo de la lente, es decir, una fina capa de células transparentes fue cubriendo el agujero para evitar infecciones. Estas lentes son las que hoy en día operamos para corregir problemas como la miopía, la hipermetropía, el astigmatismo, la presbicia y la catarata.

Se ha demostrado que la luz de longitud de onda corta (luz azul) tiene un efecto sustancial sobre el estado de alerta, la vigilancia y la vigilia general.

Los efectos de la luz azul parecen estar mediados por las células ganglionares de la retina intrínsecamente fotosensibles (iprgc). Estas células son componentes importantes del marcapasos circadiano (rutina de sueño). La estimulación de los iprgc puede suprimir los niveles de melatonina en la circulación. Los iprgc tienen una sensibilidad de longitud de onda máxima alrededor de 480 nm y tienen una sensibilidad espectral bastante amplia alrededor de la longitud de onda máxima similar a otros fotorreceptores retinianos (bastones y conos).

Para esta práctica trataremos de encontrar la opacidad que debe tener un material para permitirnos ver directamente al sol por un periodo de 1000 segundos sin lastimarnos los ojos. Como el problema es complejo, para esta práctica buscaremos este resultado utilizando las ondas de longitud de onda 441nm.

## Objetivos

En esta práctica vamos a calcular la opacidad que necesita una lente para que a luz azul de un eclipse (irradiación solar) no afecte nuestros ojos. La opacidad va a ser calculada para un lente de grosor fijo en 0.5cm.

## Metodología

### Definición de variables importantes:

- Irradiación del Sol para una frecuencia: Se toma la potencia que se irradia el sol al mediodía tomada. Se reporta una potencia de  $0.2 \text{ Wcm}^{-2}$  y se reporta un instrumento de medición con una banda de 20nm.
- Resistencia del ojo: De la resistencia del ojo a la longitud dada por las mediciones descritas anteriormente, tomamos la resistencia al daño de retina que tienen los macacos rhesus a la irradiación de longitud de onda 441 (David Sliney). Se tomó el límite inferior de los experimentos de Sliney para asegurar la protección ocular. El límite es igual a  $0.02 \text{ Wcm}^{-2}$ .
- Tiempo de exposición: Los datos reportan un periodo de exposición por 1000 segundos.
- Emisividad del lente: Como el lente no emite luz en esta frecuencia, su emisividad fue ignorada para esta simulación.
- Grosor del lente: El lente tiene un grosor de 5mm y se tomaron mediciones cada 0.05mm.
- El Sistema Internacional propone  $\text{erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ sr}^{-1} \text{ Hz}^{-1}$  como unidades de intensidad radiativa específica. Pero nuestras fuentes, por necesidades de sus artículos, ofrecían la intensidad convertida a  $\text{W Cm}^{-2}$ . Como ambas están dadas en las mismas unidades, usaremos esas intensidades tomando en cuenta que para llegar a ellas se usaron transformaciones lineales.

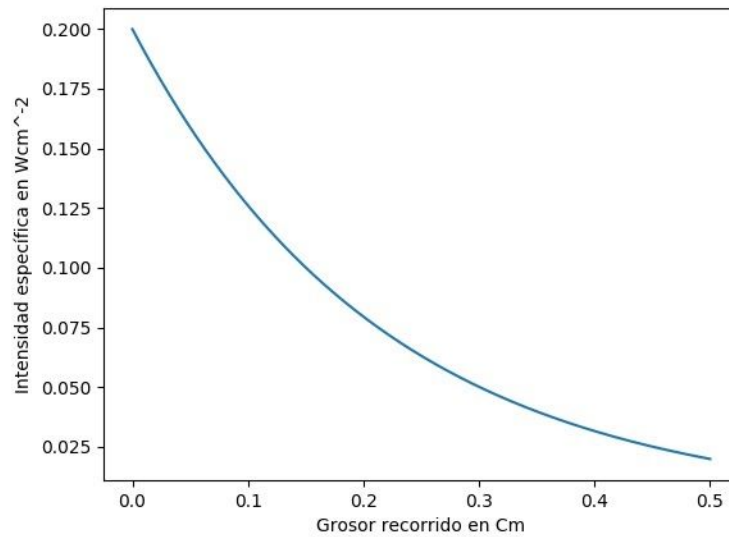
Como el lente no emite luz, la ecuación que usamos en la simulación al final queda:

$$I_1 = I_0 e^{(-\tau a o)}$$

## Resultados

Para observar al sol de manera segura y que únicamente la longitud de onda de 441nm no sea dañina, se necesita un lente de medio centímetro con opacidad de  $\sim 4.61$ . Esta es la primera opacidad en nuestros experimentos en llegar a una irradiación menor a  $0.02 \text{ Wcm}^{-2}$ . Para ser exactos, la luz del sol en esta longitud de onda que pasa por el lente tiene  $0.019073 \text{ Wcm}^{-2}$  que está debajo del umbral de daño. Su gráfica de intensidad se ve así:

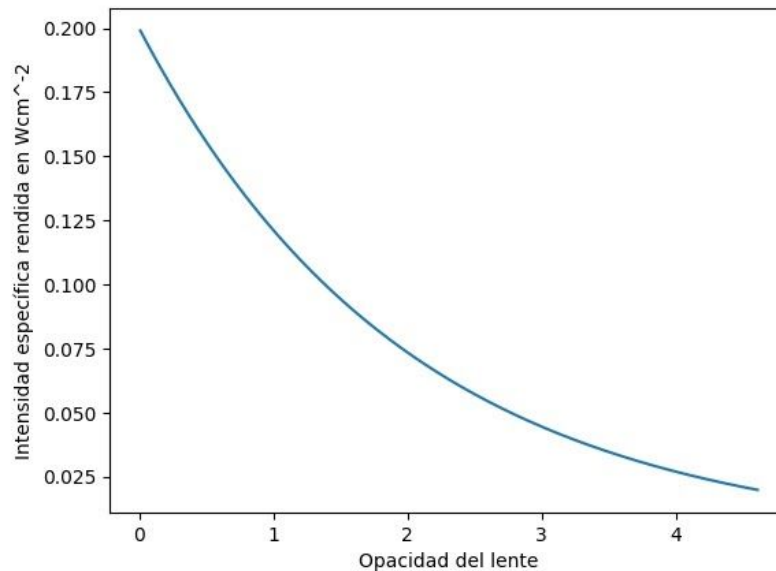
### Intensidad específica al pasar por el lente



**Figura 1: Intensidad en watts para diferentes grosores de lente (max=50mm)**

A continuación mostramos una gráfica que muestra la intensidad específica resultante después de pasar por lentes de diferentes opacidades:

### Intensidad específica después de pasar por cada lente



**Figura 1: Intensidad en watts para diferentes grosores de lente (max=50mm)**

Como la función es exponencial, la diferencia de valores obtenidos resulta descender exponencialmente también.

## Conclusiones

Este problema resulta ser sumamente complejo. Para resolverlo, nuestros resultados tuvieron que ser limitados. Por ejemplo, si queremos medir la efectividad del lente para todo el espectro, debemos reunir las irradiaciones de más longitudes de onda. Esta decisión se tomó porque el ojo tiene menor tolerancia a las longitudes de onda más cortas. También podríamos encontrar la irradiación necesaria para causar daño a la córnea u otras partes del ojo y cómo varían las longitudes en su daño. Además medimos únicamente el daño fotoquímico, mas no de temperatura. Estas son las mayores limitantes de nuestra solución.

Si se necesita esa opacidad en el lente para bloquear el daño causado por estas frecuencias específicamente, podría darse el caso de que el resto de las frecuencias combinadas sí causen daño. Afortunadamente nuestro cuerpo cuenta con capacidades regenerativas ante el daño fotoquímico. El problema es que existe un límite de reparación del que no hay retorno natural.

Un caso interesante es conocer cómo es que se repara el ojo después de que éste se expuso a la radiación solar, cuando ocurre esto, se desprende la retina (el tejido sensible a la luz en la parte posterior del ojo). El desprendimiento significa que se ha separado de las capas de tejido que la rodean.

Si la retina apenas se está desprendiendo, se puede hacer un procedimiento llamado retinopexia neumática para repararla.

La retinopexia neumática coloca una burbuja de gas en el ojo para que ponga de nuevo en su lugar a retina y el oftalmólogo con un láser sella permanentemente el orificio.

Cuando se desprende gravemente la retina se hace un procedimiento más avanzado, que requiere una cirugía y se pueden realizar los siguientes procedimientos:

- El método de indentación escleral dobla la pared del ojo hacia adentro, de tal forma que se encuentra con el orificio en la retina. Este procedimiento se puede hacer usando anestesia mientras usted está despierto (anestesia local) o cuando usted está dormido y sin dolor (anestesia general).
- El procedimiento de vitrectomía utiliza dispositivos muy pequeños dentro del ojo para liberar tensión sobre la retina. Esto permite que la retina vuelva a su posición apropiada. La mayoría de las vitrectomías se hacen con anestesia mientras usted está despierto.

Todos estos procedimientos se realizan para evitar la pérdida total de visión.

Y todo esto no nos puede llegar a ocurrir si usamos cotidianamente lentes con la opacidad necesaria para que no nos dañe a radiación solar.

## Referencias

AstroBaki(2018, 12 diciembre) Specific Intensity. Recuperado el 12 de enero, 2020 de: [https://casper.ssl.berkeley.edu/astrobaki/index.php/Specific\\_Intensity](https://casper.ssl.berkeley.edu/astrobaki/index.php/Specific_Intensity)

Bernhard, Germar, B. G. (2019, 9 abril). ACP - Measurements of spectral irradiance during the solar eclipse of 21 August 2017: reassessment of the effect of solar limb darkening and of changes in total ozone. Recuperado 23 noviembre, 2019, de <https://www.atmos-chem-phys.net/19/4703/2019/>

Gregory W. Good, O.D., Ph.D. Light and Eye Damage. Recuperado 23 noviembre, 2019 de <https://www.aoa.org/Documents/CRG/Blue%20Light%20and%20Eye%20Damage.pdf>

Kimmon Koha (s.f.) He-Cd Laser introduction manual. Recuperado el 12 de enero del 2020 en: [http://www.kimmon.com/datasheets/IK%20KP%20Manual\(E\).pdf](http://www.kimmon.com/datasheets/IK%20KP%20Manual(E).pdf)

Reparación del desprendimiento de retina: MedlinePlus enciclopedia médica. (2018, 28 agosto). Recuperado 23 noviembre, 2019, de <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002960.htm>

Rp. Photonics Encyclopedia (s.f.) Bandwidth. Recuperado el 12 de enero, 2020, de: <https://www.rp-photonics.com/bandwidth.html>

T. Ham, William, Sliney, David., & A. Mueller, Harold. (s.f.-a). Retinal sensitivity to damage from short wavelength light. Recuperado 23 noviembre, 2019, de [https://www.researchgate.net/publication/22337972\\_Retinal\\_sensitivity\\_to\\_damage\\_from\\_short\\_wavelength\\_light](https://www.researchgate.net/publication/22337972_Retinal_sensitivity_to_damage_from_short_wavelength_light)