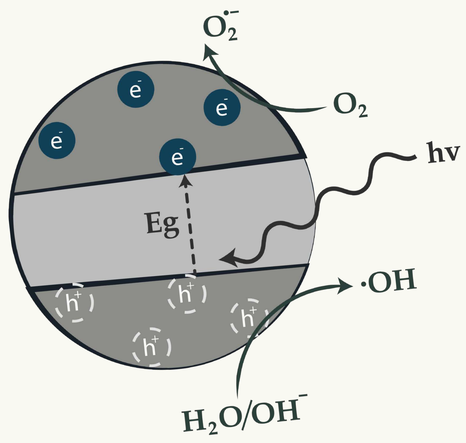
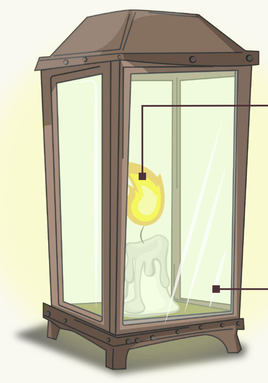
PARÁMETROS DE DISEÑO Y OPERACIÓN DE UN REACTOR FOTOQUÍMICO

¿CÓMO SUCEDE LA FOTOCATÁLISIS?

1. La energía de los fotones debe igualar o superar la energía de banda prohibida (Eg) del semiconductor para fotogenerar el par electrón-hueco [e^-/h^+].
2. El par [e^-/h^+] fotogenerado debe evitar su recombinación.
3. En una reacción fotocatálitica convencional (sistema acuoso), el oxígeno se reduce al interactuar con el e^- promovido a la banda de conducción para generar el radical superóxido. Mientras que las moléculas de agua o iones hidroxilo se oxidan a radicales hidroxilo por efecto de los huecos en la banda de valencia.



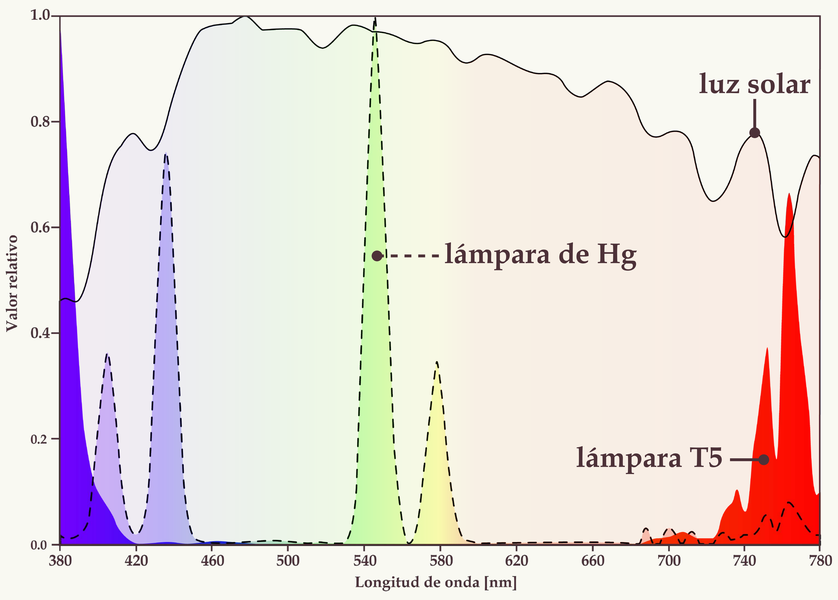
El proceso de fotocatálisis requiere de un reactor fotoquímico (RFQ), dispositivo que pone en contacto fotones, un fotocatalizador y reactivos para llevar a cabo la reacción fotocatalítica. Los principales desafíos en el diseño del RFQ son:

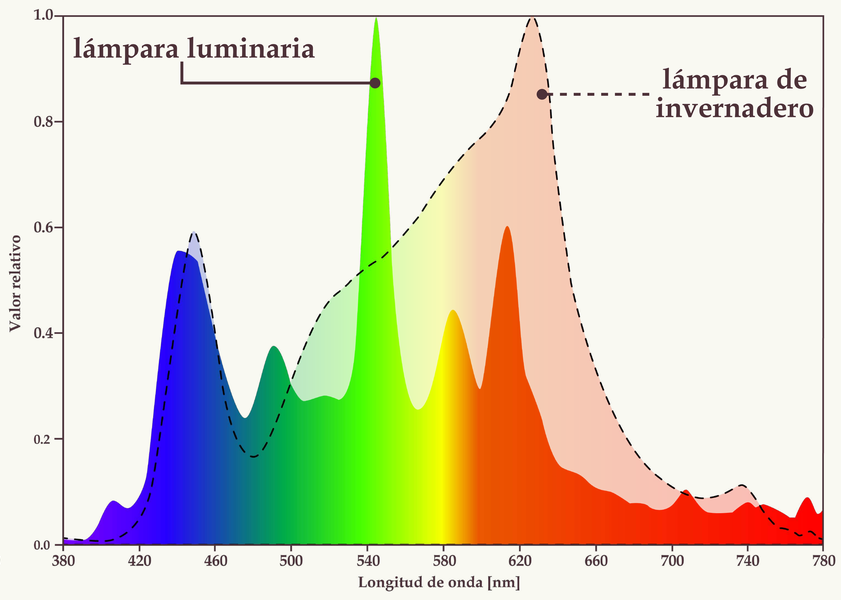


- Tipo de radiación: solar / visible / UV
- Iluminación adecuada y uniforme. La intensidad de la luz varia de acuerdo a la ley del cuadradado inverso.
- Al menos una de las paredes del RFQ debe ser transparente al tipo de radiación (luz) necesaria para la activación del fotocatalizador.

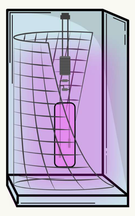
Para poder analizar correctamente los parámetros de irradiancia y radiación de luz en el diseño del RFQ, la reacción fotocatalítica se siguió en fase sólida. Evitando así los problemas en fase líquida como: dispersión de luz, incursión de la luz, distribución homogénea de la luz y transferencia de masa. Se usó como fotocatalizador un nanocomposito de plata y titania-anatasa sobre fibras de algodón (AgTi-NPs).

ESPECTROS ELECTROMAGNÉTICOS DE LAS DIFERENTES LÁMPARAS DE LOS RFQ



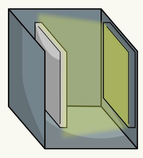


CARACTERISTICAS DE LOS RFQ

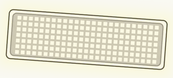


RFQ lámpara de Hg (UV)
λ=280-500 nm
Variación de la irradiancia

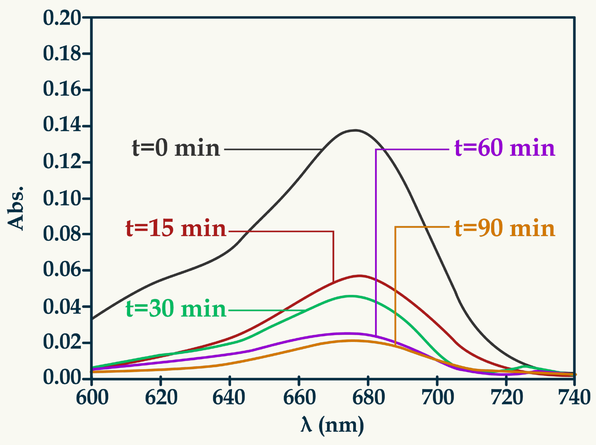
RFQ adaptable a diferentes lámparas
Variación de la irradiancia por distancia a la fuente de luz



Lámpara T5 (UV)
λ=350-400 nm



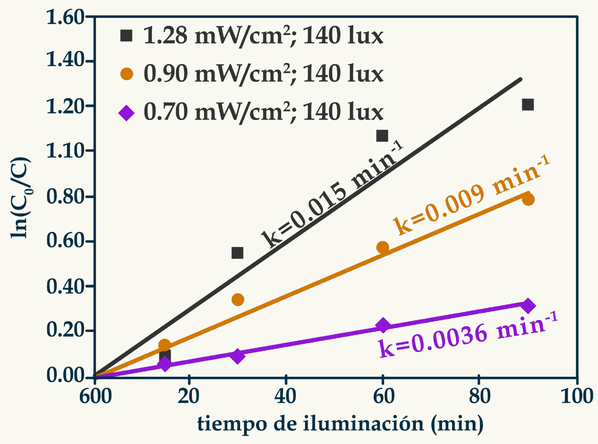
Lámpara de invernadero y luminaria (Espectro visible)

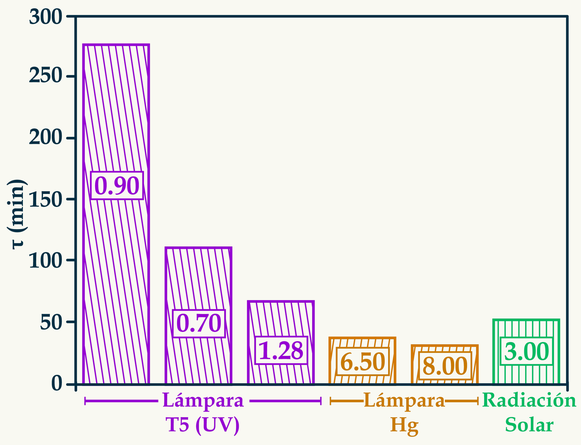


Espectro DRS UV-vis del azul de metileno (MB) sobre las muestras expuesto a radiación UV (lámpara de Hg) a diferentes tiempos de reacción.

Ajuste de los datos experimentales en la fotodegradación del MB a diferentes valores de irradiancia utilizando las lámparas T5 para una cinética de pseudo primer.

$$C_A = C_{A0} e^{-kt} \longrightarrow \ln\left[\frac{C_A}{C_{A0}}\right] = kt$$





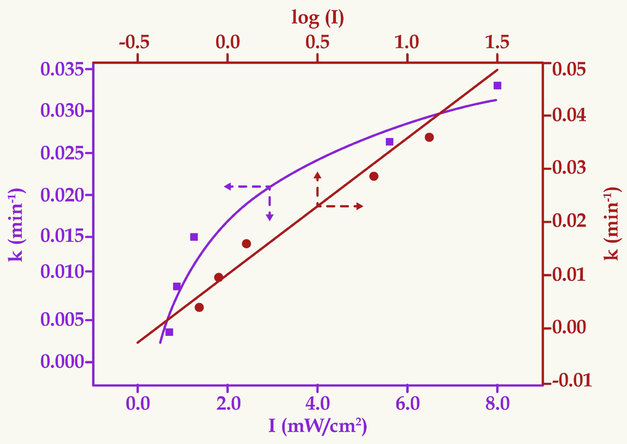
Tiempo de degradación característico (τ) del MB sobre las muestras, para diferentes valores de irradiancia y tipos de radiación. El valor de τ para la radiación solar (UV y visible) indica que fotones de menor energía provenientes del espectro visible contribuyen a la fotogeneración del par [e^-/h^+].

$$\tau = \frac{1}{k}$$

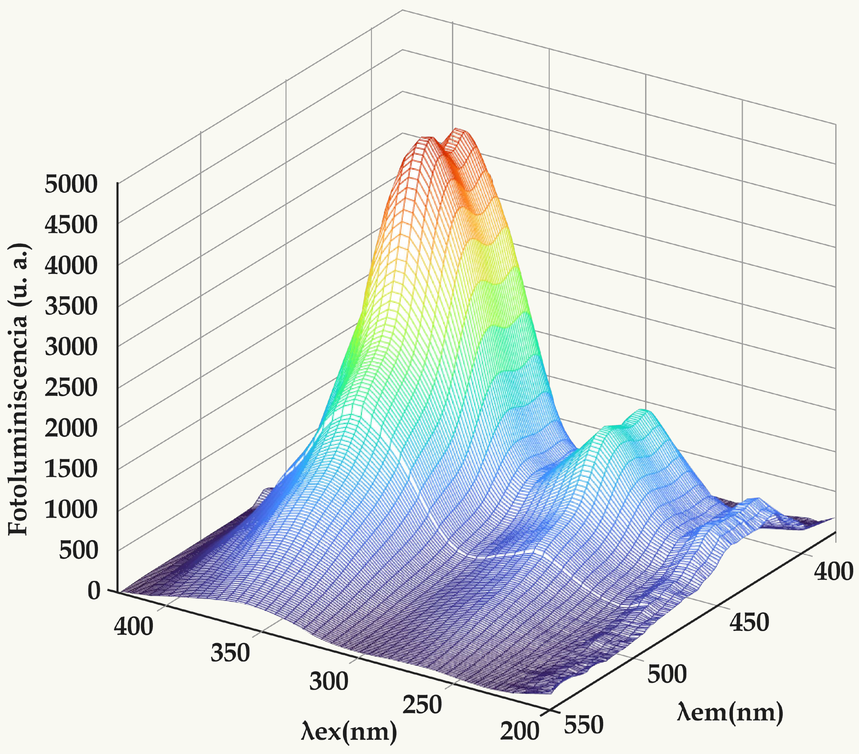
τ indica el tiempo necesario para alcanzar el 63.33% de conversión para una cinética de pseudo primer orden.

Los coeficientes cinéticos de primer orden (k), incrementan con respecto a la irradiacia (I). Al graficar k con respecto al log(I), se obtiene un ajuste lineal. Donde k es proporcional al log(I).

$$k = 0.0243\log(I) + 0.0096\ [min^{-1}]$$



MATRIZ EXCITACIÓN EMISIÓN DE ESPECTROSCOPÍA DE FLUORESCENCIA



El fotocatalizador es excitado a un intervalo de longitudes de onda, dando como respuesta un conjunto de espectros de emisión concatenados a la intensidad lumínica. Para el material AgTi-NPs se obtuvo la mayor respuesta de fotoluminiscencia a λex=350 nm.

Sin embargo, las lámparas estudiadas que simulan el espectro solar no emiten frecuencias de alta energía, necesarias para la generación del par [e^-/h^+] en el fotocatalizador AgTi-NPs.

Attribution-NonCommercial NoDerivatives 4.0 International

Uriel Chacón-Argáez, Marco Álvarez-Amparán, Aline Villarreal-Medina, Luis Cedeño-Caero
UNICAT, Dpto. de Ing. Química, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México
Proyectos: DGAPA IV100121 y PAPIME 100823. D. R. ©, 2023, UNAM-CC-BY-NC