

# TRANSFORMACIÓN DE LUZ SOLAR DE ALTA ENERGÍA PARA SU APROVECHAMIENTO EN CELDAS SOLARES FOTOVOLTAICAS

Rosalba Carrera Peralta<sup>1</sup>, Germán López Pacheco<sup>2</sup> y Federico González García<sup>2\*</sup>,

<sup>1</sup> Posgrado en Energía y Medio Ambiente, Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa, CDMX, México.

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica, Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa, CDMX, México.

\*Correo electrónico: fgg@xanum.uam.mx

## DESCRIPCIÓN

A través de la síntesis de matrices de óxido de itrio ( $Y_2O_3$ ) dopado con iones lantánidos de praseodimio ( $Pr$ ) e iterbio ( $Yb$ ) y sus soluciones sólidas derivadas, se plantea obtener sistemas que, desde el punto de vista físico, tengan el potencial de ampliar la región de aprovechamiento del espectro solar de una celda fotovoltaica de silicio cristalino (CSF/Si-c) y, en consecuencia, den lugar al aumento de su eficiencia. El fenómeno que permitiría lo anterior es la transferencia de energía del  $Pr^{3+}$  al  $Yb^{3+}$ , cuyo resultado final es la emisión de fotones en el cercano infrarrojo (NIR, por sus siglas en inglés) a través del mecanismo de conversión descendente en el que un fotón de alta energía que absorbe el praseodimio, que actuará como ión sensibilizador, es transformado en dos fotones en el NIR a través de la emisión del iterbio que fungirá como ión activador.

### JUSTIFICACIÓN

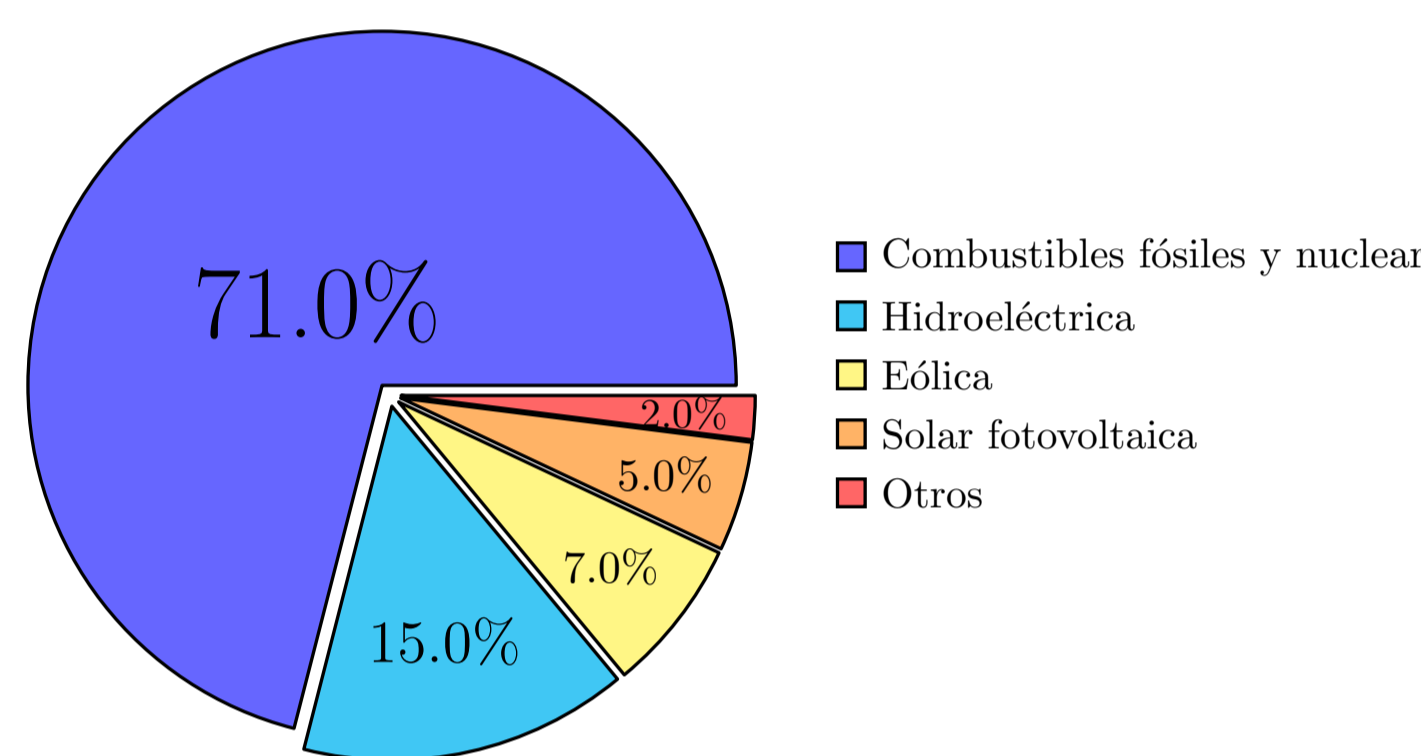


Fig. 1 Contribución de las fuentes de energía en la producción mundial de electricidad en 2021 [1]

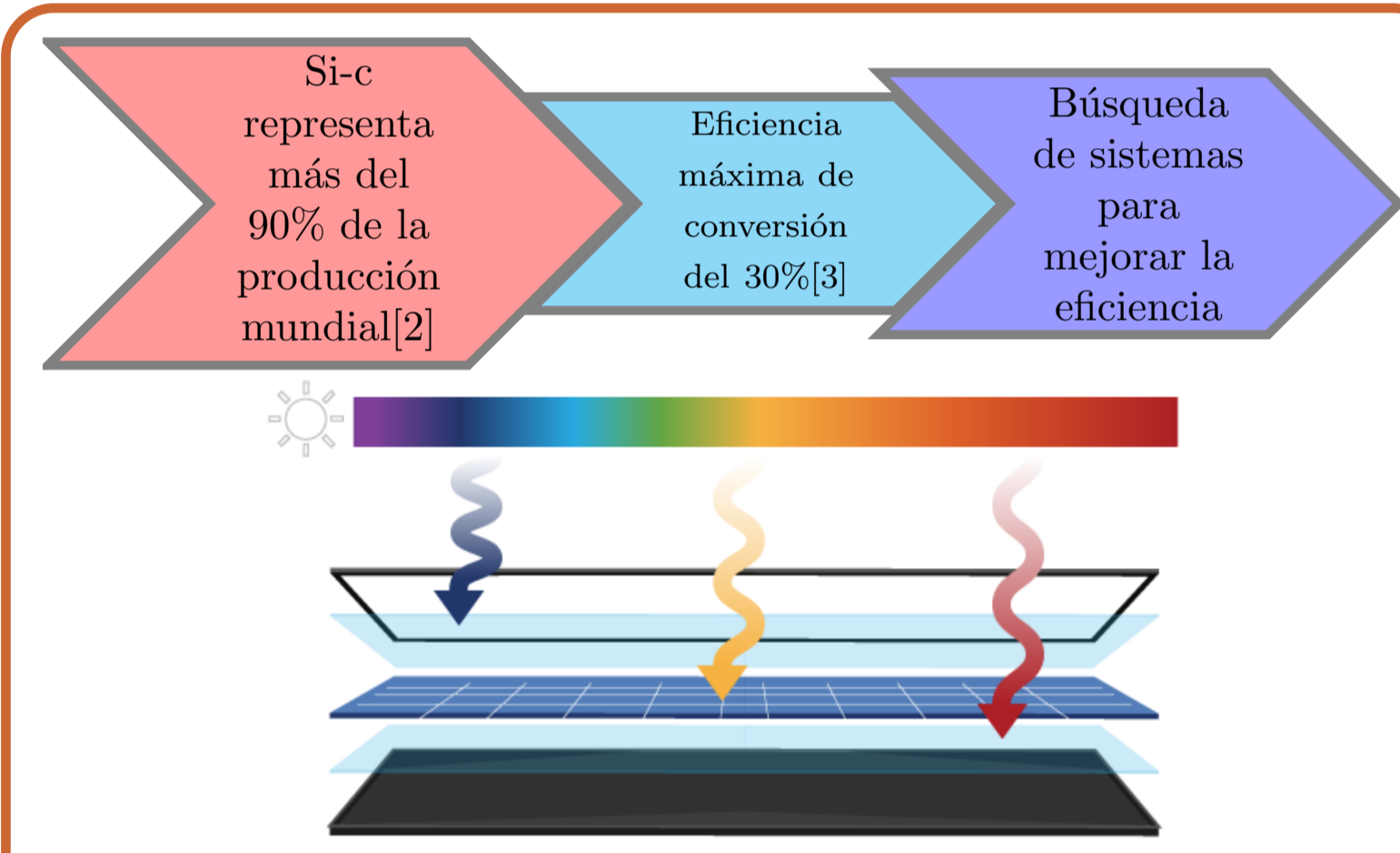


Fig. 2 Celda solar multiunión.

### RESPUESTA ESPECTRAL DE UNA CSF/Si-c

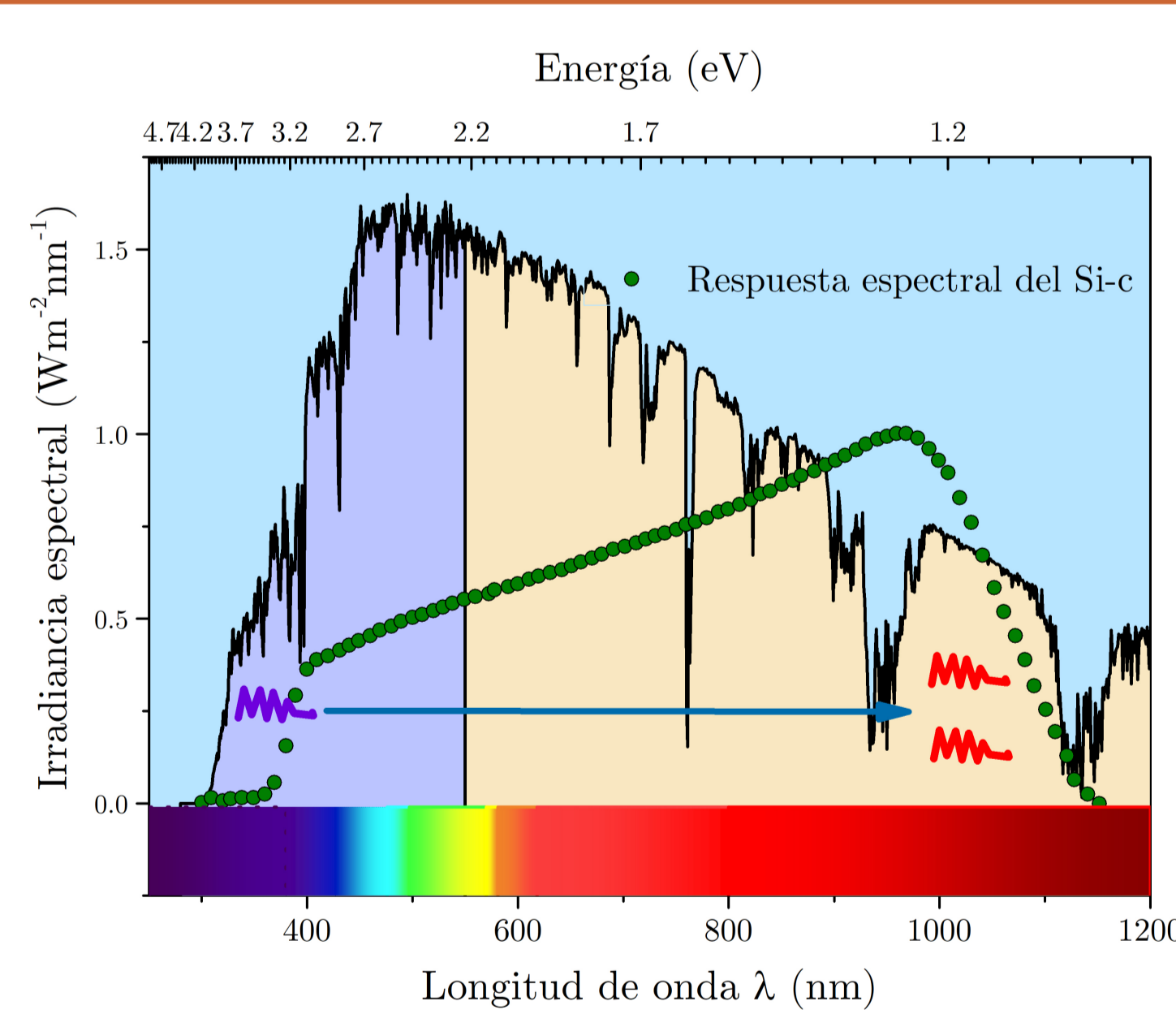
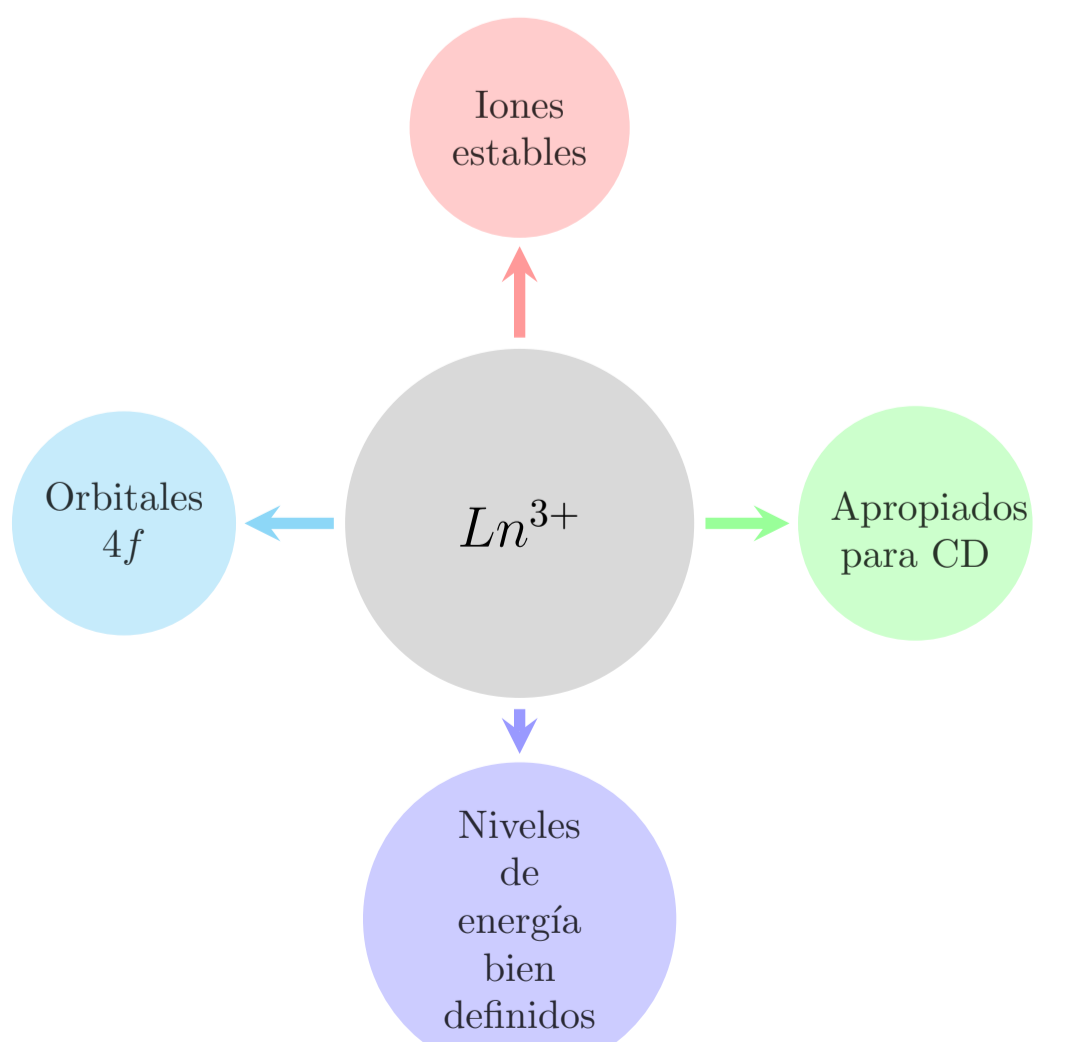


Fig. 3 Espectro de la irradiación solar estándar (AM 1.5) y respuesta espectral de una celda solar de Si-c[4]. Las franjas de colores en la parte inferior de la figura indican el color que corresponde a cada longitud de onda.

### IONES LANTÁNIDOS PARA CD



### PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Se podrán conferir propiedades fisicoquímicas al sistema  $Y_2O_3 : (Pr, Yb)$  de modo que sea posible convertir fotones de la región más energética del sol en fotones que aprovecha mejor una celda fotovoltaica de Si-c?

### METODOLOGÍA EXPERIMENTAL



### MÉTODO DEL COMPLEJO POLIMÉRICO



- Se molieron las muestras para su caracterización
- Se realizaron dos procesos de calcinación: el primero a  $350\text{ }^\circ\text{C}$  por 2 h y el segundo a  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  por 1 h
- El calentamiento se mantuvo constante hasta obtener una resina
- Después se dejó secar la solución hasta conseguir una solución traslúcida
- Se agregó ácido cítrico y etilenglicol bajo agitación constante
- Se disolvieron  $Y(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$  y  $Pr(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$  en una solución de agua desionizada bajo agitación constante a  $70\text{ }^\circ\text{C}$
- Se pesaron los precursores obedeciendo a la estequiometría deseada

### SOLUCIONES SÓLIDAS SINTETIZADAS DE $Y_{2-x-y}Pr_xYb_yO_3$

I. y=0	II. x=0	III.	
1. x=0	y=0.0125	x=0.005,	y=0.0250
2. x=0.0005	y=0.0250	y=0.0500	
3. x=0.0050	y=0.0500	y=0.0750	
4. x=0.0100	y=0.0750	x=0.0005,	y=0.0250
5. x=0.0150	y=0.1000	y=0.0500	
6.		y=0.0750	

### RESULTADOS PRELIMINARES

#### CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL

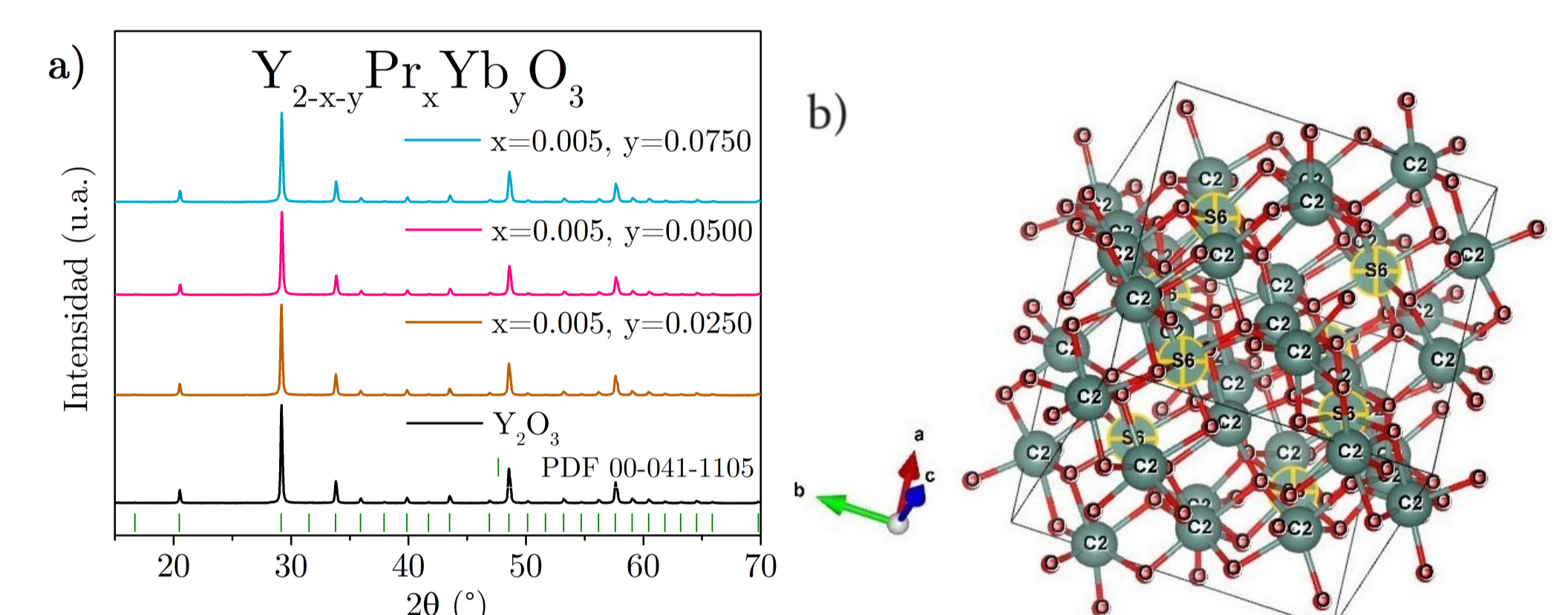


Fig. 4 a) Patrones de difracción de rayos X de las muestras representativas de  $Y_{2-x-y}Pr_xYb_yO_3$ , con  $x = 0.005$ ,  $y = 0.0250, 0.0500, 0.0750$ . Todas las muestras fueron calcinadas a  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  por 1 h. Las marcas verticales en la parte inferior de la figura corresponden a las posiciones de Bragg del  $Y_2O_3$ , reportadas en el archivo PDF 00-041-1105 del ICDD. b) Estructura cristalina del  $Y_2O_3$ .

#### CARACTERIZACIÓN ÓPTICA

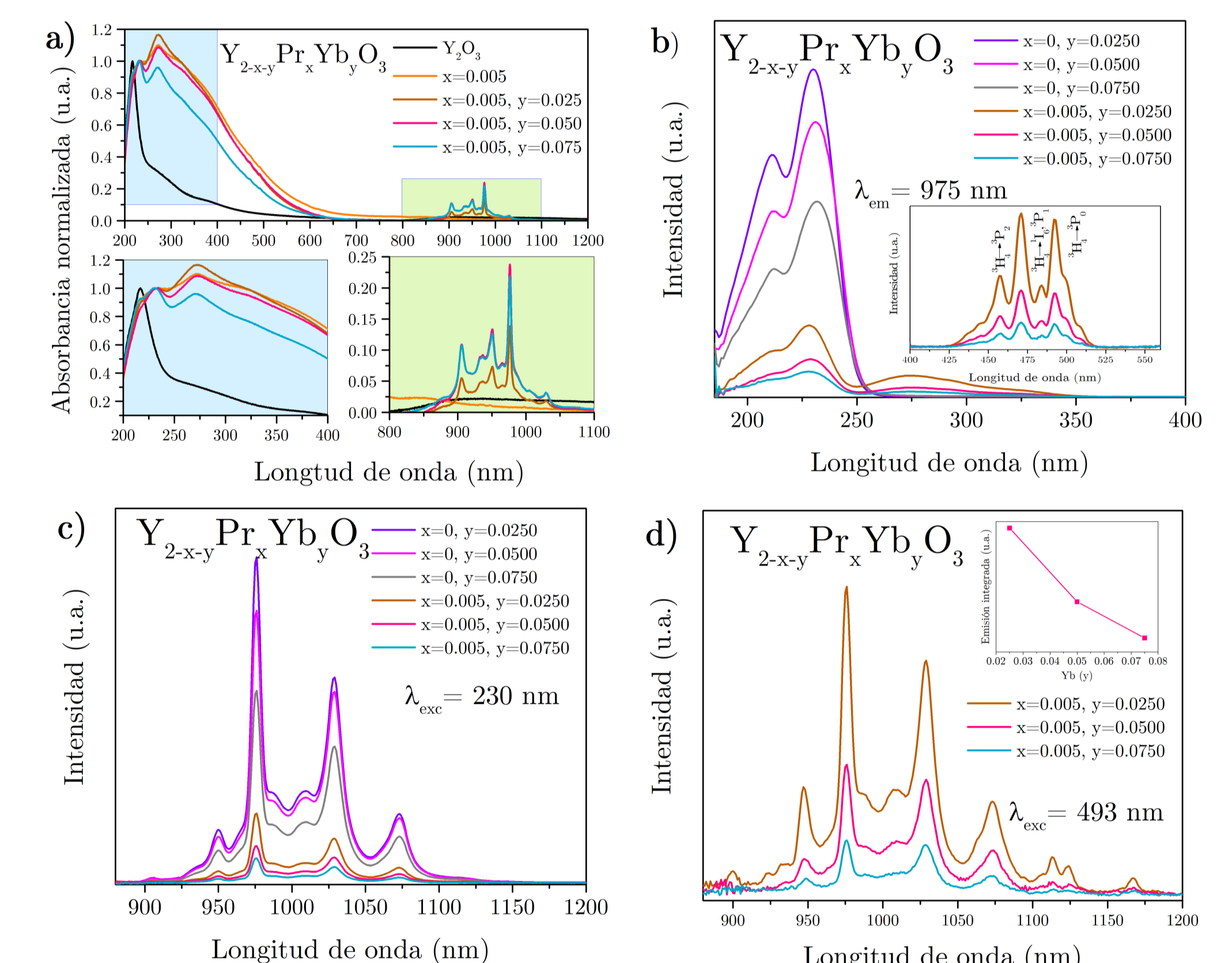


Fig. 5 a) Espectros de absorción y b) espectros de excitación monitoreando en  $\lambda_{em} = 975\text{ nm}$ . c) Espectros de emisión con  $\lambda_{exc} = 230\text{ nm}$  y d)  $\lambda_{exc} = 493\text{ nm}$  de las muestras de  $Y_{2-x-y}Pr_xYb_yO_3$ , con  $x = 0.005$ ,  $y = 0.0250, 0.0500, 0.0750$ . Todas las muestras fueron calcinadas a  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  por 1 h.

### CONCLUSIONES

La muestra de  $Y_2O_3$ , las muestras dopadas y codopadas de  $Y_2O_3 : Pr, Yb$  fueron sintetizadas a través del método del complejo polimérico. Los patrones DRX de las soluciones sólidas calcinadas a  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  durante 1h exponen la estructura cristalina de tipo cúbica. Los espectros de absorción óptica revelan la presencia de  $Pr^{4+}$  en las muestras dopadas y codopadas con  $Pr$ , y en las muestras con  $Yb$  se exhiben las transiciones f-f del  $Yb^{3+}$ . Los espectros de emisión y excitación de las muestras codopadas indican que existe algún tipo de mecanismo de transferencia de energía del  $Pr^{3+}$  al  $Yb^{3+}$ . La optimización del sistema podría emplearse para convertir un fotón de alta energía en dos fotones de baja energía (NIR). El acoplamiento del sistema con CSF/Si-c podría incrementar la eficiencia de conversión de la energía solar en energía eléctrica.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al CONAHCYT por la beca otorgada a Rosalba Carrera Peralta con CVU: 885979. De igual manera, se agradece a los laboratorios de Rayos X (T-128) y al laboratorio de Catálisis y Materiales Avanzados (T-258) UAM-I por las mediciones de RX y reflectancia difusa, respectivamente.

### REFERENCIAS

- International Energy Agency, *Trends in photovoltaic applications* (2022).
- A. Jager-Waldau et al., *Pv status report*, 7-94, (2019).
- M. Kerr et al., *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 11 (2):97-104, (2003).
- National Renewable Energy Laboratory, *Reference air mass 1.5 spectra*.