

## Abstract

El crecimiento poblacional, la industrialización y la expansión comercial han incrementado el uso de colorantes industriales en sectores como el textil, farmacéutico y cosmético; la industria textil por sí sola contribuye aproximadamente al 20% de la contaminación mundial del agua potable (Parlamento Europeo, 2024). Esta situación ha impulsado la búsqueda de métodos eficientes para el tratamiento de efluentes, entre los cuales destacan los procesos de oxidación avanzada (POA), ya que generan especies oxidantes in situ y producen menos residuos que los métodos físicos, químicos o biológicos tradicionales. Dentro de los POA, la fotocatálisis es particularmente relevante debido a la generación de pares electrón-hueco (e<sup>-</sup>/h<sup>+</sup>), los cuales favorecen los procesos de degradación. Una forma de mejorar su eficiencia es mediante la reducción del tamaño de las nanopartículas (NPs) y la incorporación de defectos que estrechen la brecha de energía y promuevan la separación de carga. Con este objetivo, se sintetizaron nanopartículas de ZnO puro y dopado con erbio mediante el método solvotermal, con potencial aplicación en procesos fotocatalíticos, y se caracterizaron mediante SEM, EDS, DRX y fotoluminiscencia. Los resultados preliminares muestran variaciones en los parámetros de red, morfología esférica y modificaciones en las propiedades ópticas, lo que indica una adecuada incorporación del dopante.

## Introducción

Entre varios óxidos metálicos, el ZnO dopado ha generado un gran interés debido a sus propiedades, ya que estos iones proporcionan niveles de energía adicionales, mejorando la absorción de luz UV y la generación de defectos estructurales que favorecen la actividad fotocatalítica y la emisión lumínica. Además, estudios recientes indican que la incorporación controlada de erbio en la matriz de ZnO induce defectos como sitios de oxígeno anti-site y oxígeno intersticial, los cuales mejoran tanto la emisión luminosa en la región visible como la capacidad de degradar contaminantes en agua (Divya(2016)).

## Metodología

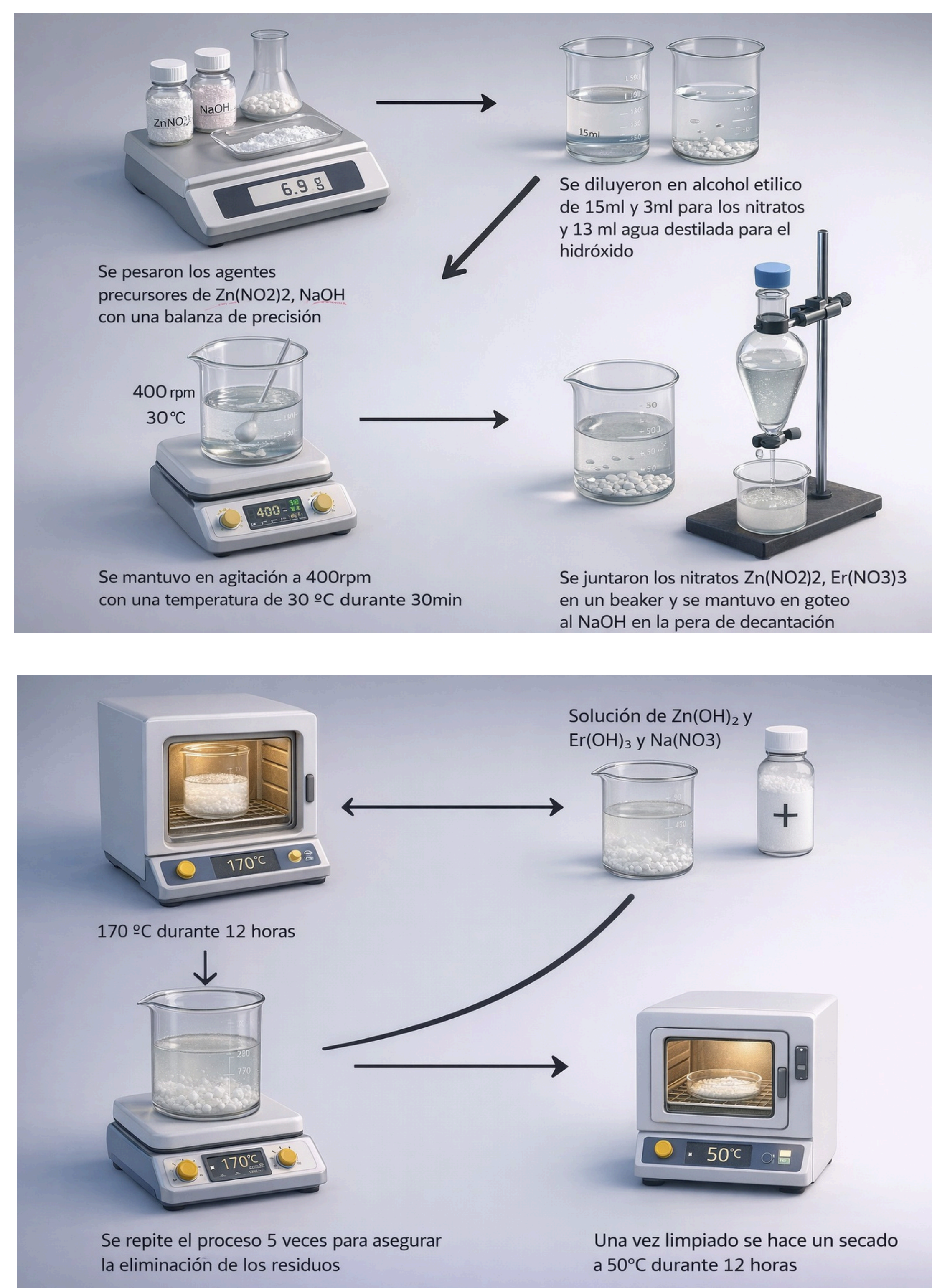


Figura 1: Metodología de síntesis. (a) Primera parte del proceso; (b) Segunda parte del proceso.

## RESULTADOS

### DRX

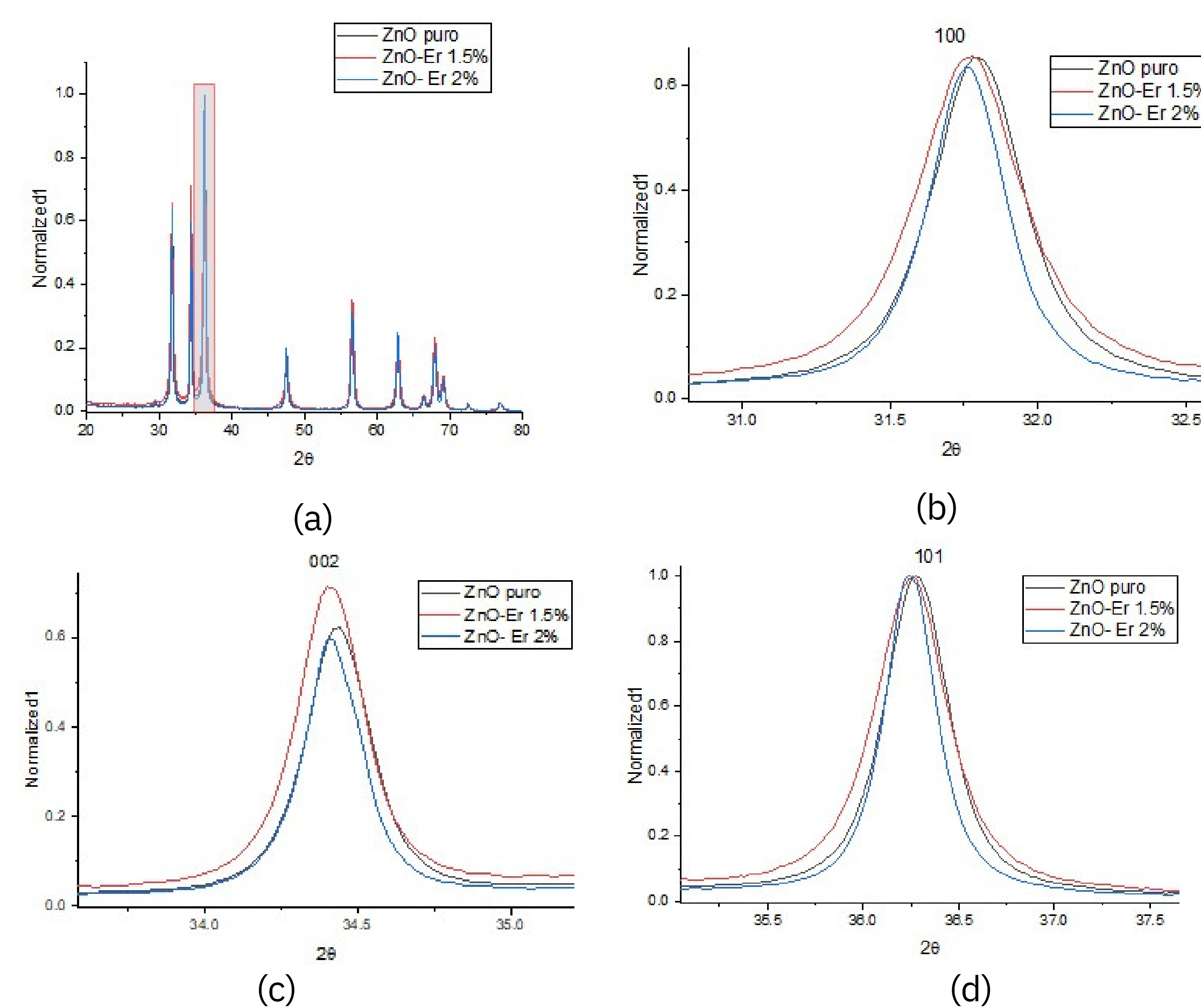


Figura 1: Difractograma ZnO puro y dopado. (a) difractograma completo; (b) plano de difracción (100); (c) plano de difracción (002); (d) plano de difracción (101).

### SEM

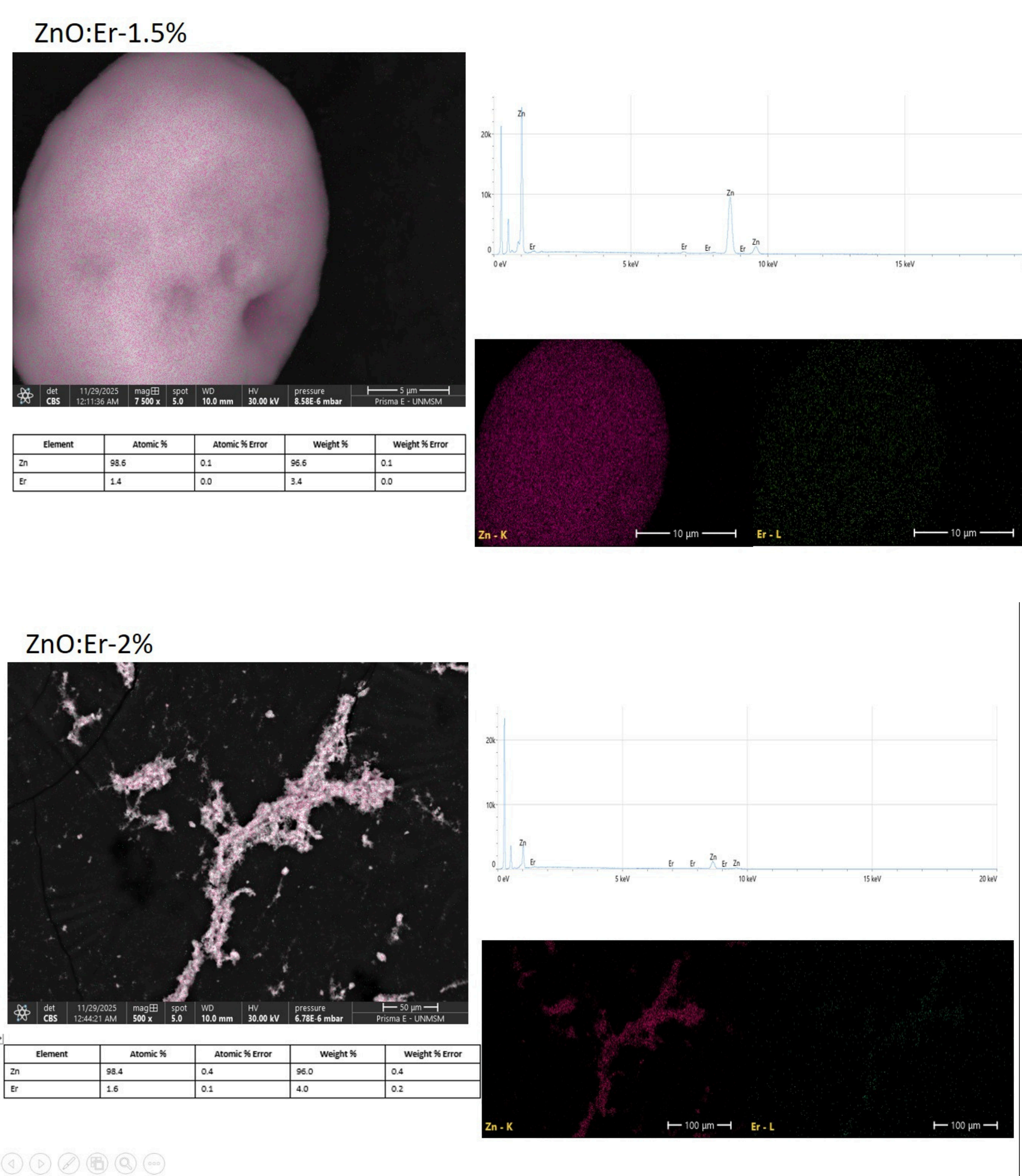


Figura2: Evolución del proceso mostrada en 2 etapas. (a) ZnO:Er1,5; (b) ZnO:Er2.

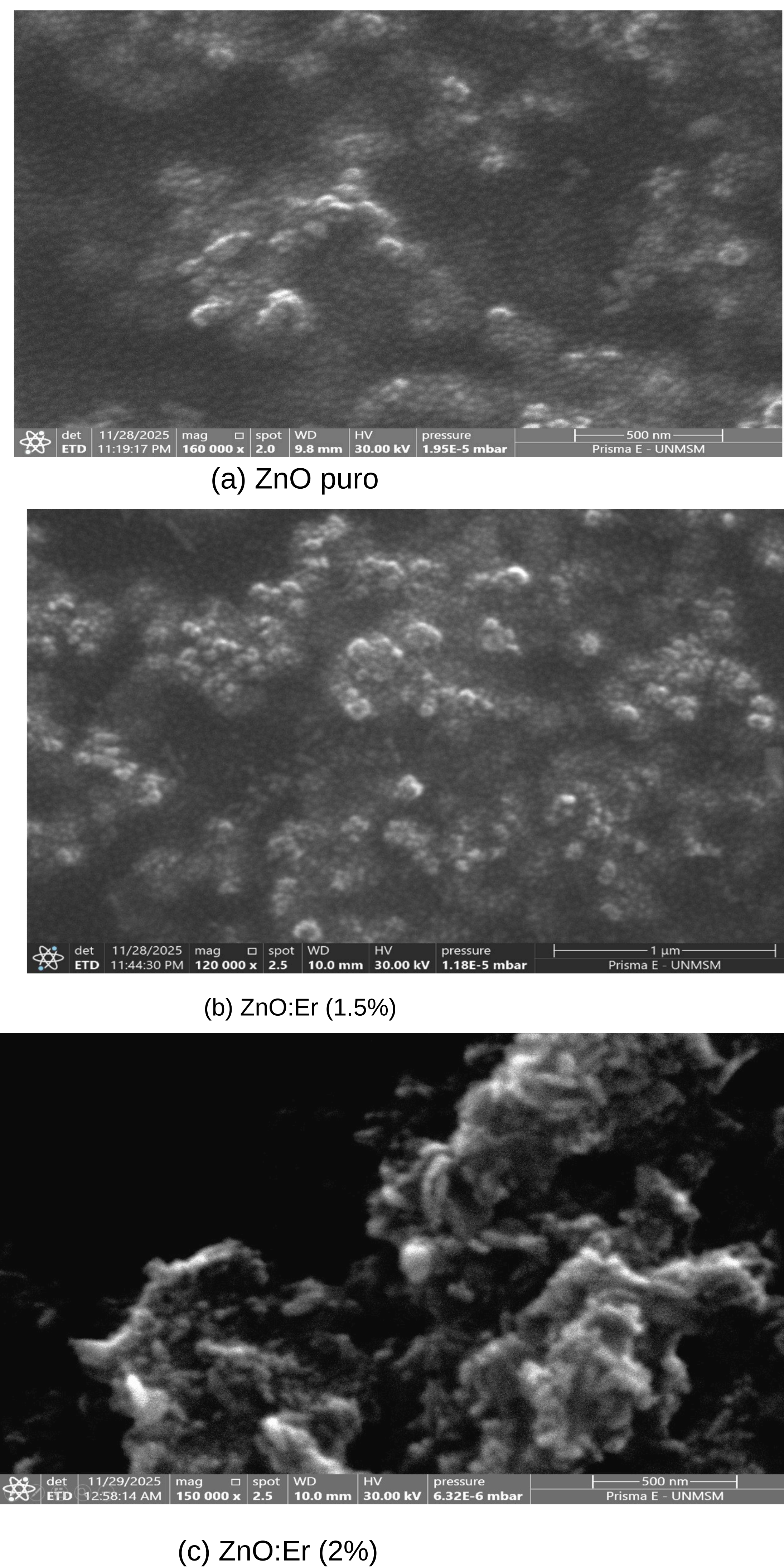


Figura 3: Micrografías SEM de (a) ZnO puro y ZnO dopado con erbio: (b) 1.5% y (c) 2%.

### Fotoluminiscencia

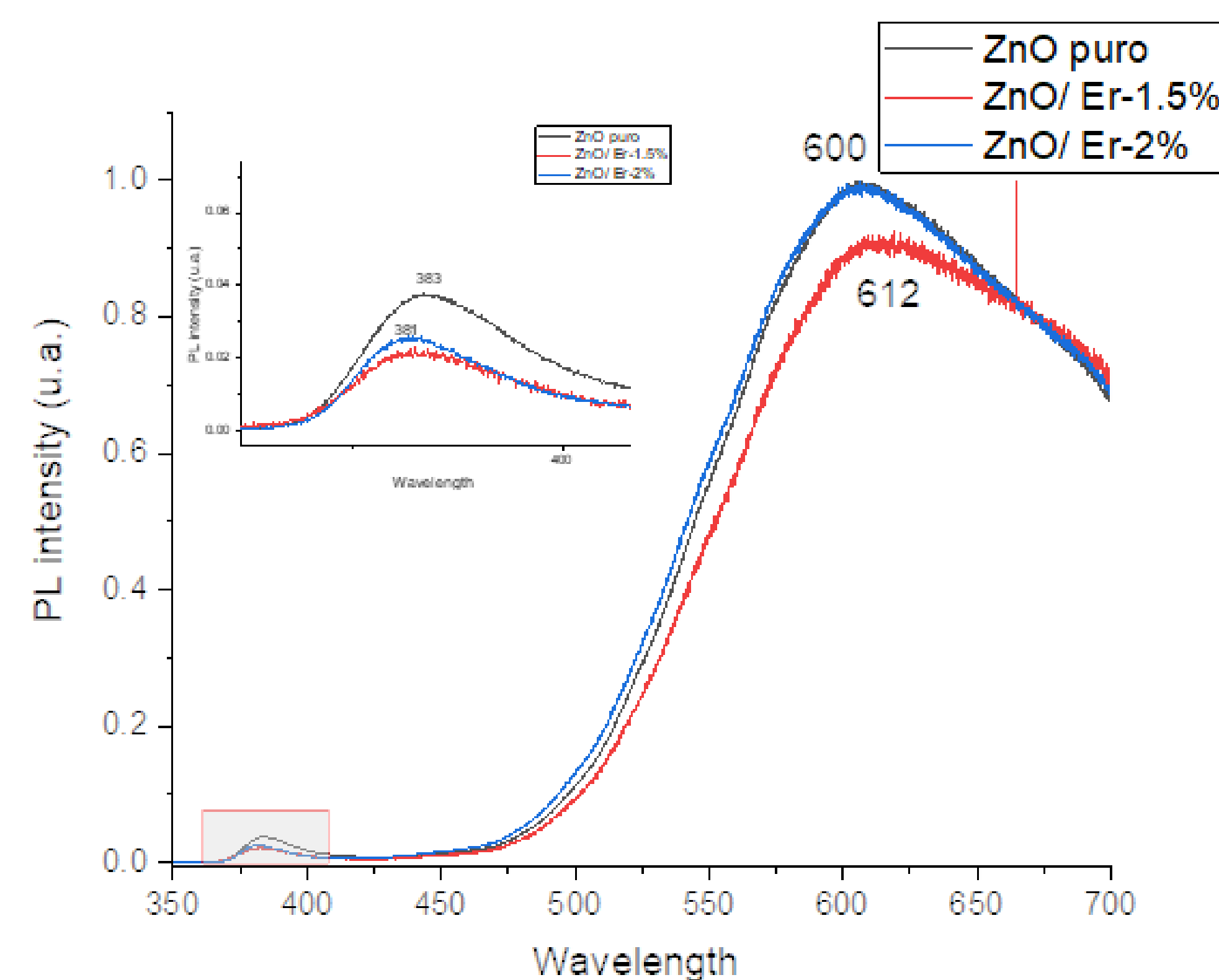


Figura 4: Espectros PL a temperatura ambiente a diferente concentración de Er en la región visible para una longitud de onda de excitación de 349 nm.

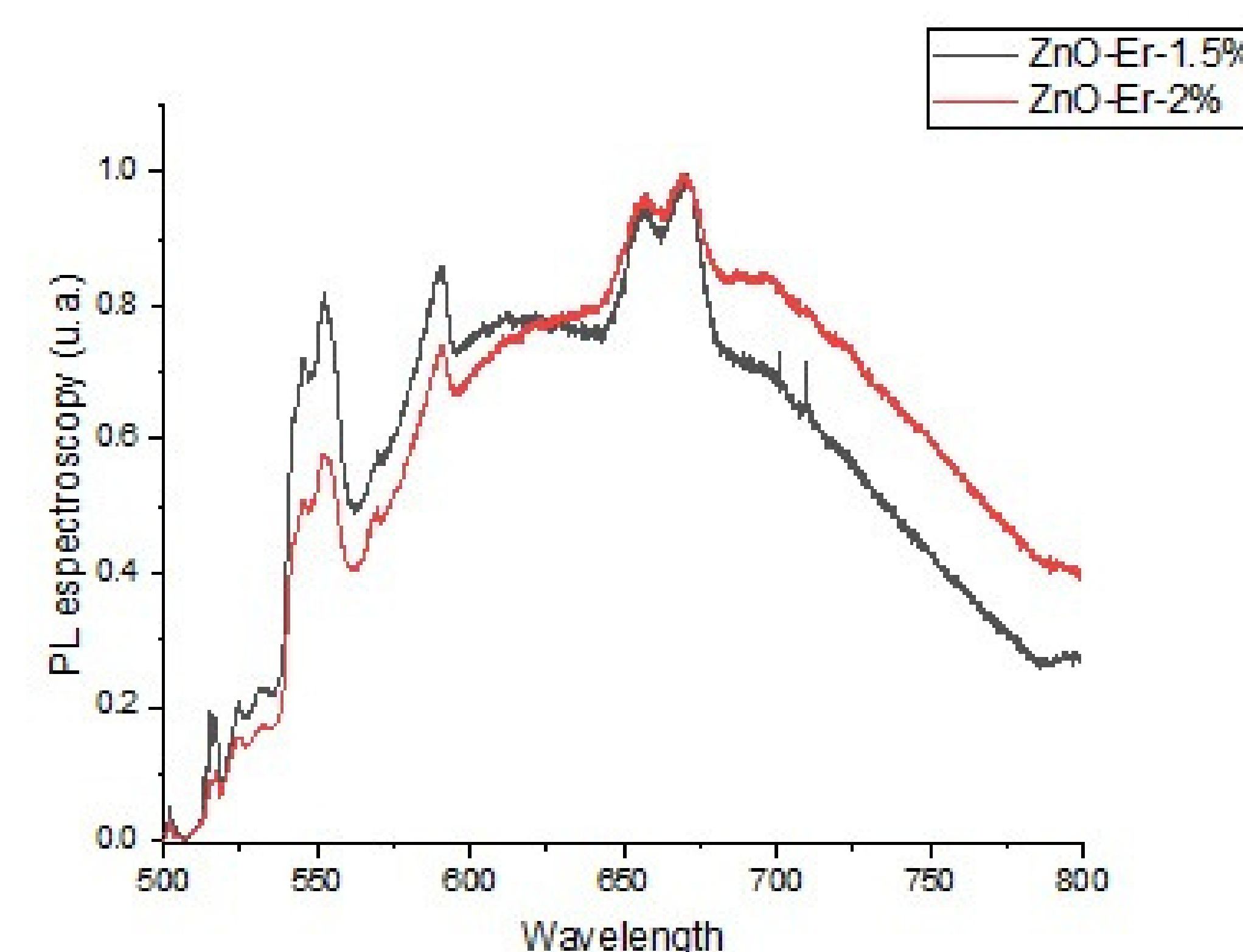


Figura 5: Efecto del dopaje con Er<sup>3+</sup> sobre la intensidad y el perfil espectral de la emisión visible del ZnO, obtenido mediante fotoluminiscencia (lambda<sub>exc</sub> = 349nm).

## Análisis de resultados

- Patrón corresponde a wurtzita ZnO sin fases secundarias detectables. El ligero ensanchamiento en las muestras dopadas indica cristallitos más pequeños y/o tensiones por incorporación de Er<sup>3+</sup>.
- El SEM del ZnO:Er muestra partículas ligeramente más pequeñas y con mayor rugosidad que el ZnO puro → mayor área superficial activa.
- El PL muestra emisión visible dominada por defectos (DLE). Al dopar con Er<sup>3+</sup> hay cambios en la intensidad y forma de la banda visible, lo que sugiere nuevos centros radiativos / transferencia de energía entre la red ZnO y Er.

## CONCLUSIONES

- Se confirma la incorporación de erbio dentro de la estructura del ZnO de forma sustitucional.
- El dopaje con Er<sup>3+</sup> no modifica significativamente la posición espectral de la emisión visible, lo que indica que la fotoluminiscencia está dominada por la matriz de ZnO. Sin embargo, se observan cambios en la intensidad y el ancho de banda de la emisión, atribuibles a la introducción de nuevos centros radiativos y defectos asociados al dopaje.

## REFERENCIAS

- [1] Parlamento Europeo. (2020). El impacto de la producción textil y de los residuos en el medio ambiente.
- [2] Divya, N., y Pradyumn, P. (2016). Solid state synthesis of erbium doped zno with excellent photocatalytic activity and enhanced visible light emission. <https://doi.org/10.1016/j.mssp.2015.10004>
- [3] Silva, M. C. R., Castro-Lopes, et.al (2024). Síntesis verde de nanopartículas de ZnO dopadas con Er: una investigación sobre la eliminación de azul de metileno, eosina e ibuprofeno mediante fotodegradación. doi: 10.3390/molecules29020391.

## AGRADECIMIENTO

The authors are indebted to the Center for Characterization of Materials (CAM-PUCP) facilities where the photoluminescence characterization was conducted