

Isabel Rodríguez García

Plan de Investigación

Estudio de catalizadores basados en óxidos mixtos con bajo contenido en metales nobles para la producción de hidrógeno verde mediante electrolisis de agua.

Instituto de Catálisis y Petroleoquímica (ICP-CSIC). Grupo de Energía y Química Sostenibles

Directores: Dra. María Retuerto Millán y Dr. Sergio Rojas Muñoz



**XLII Reunión del Grupo
Especializado de
Electroquímica de la RSEQ**

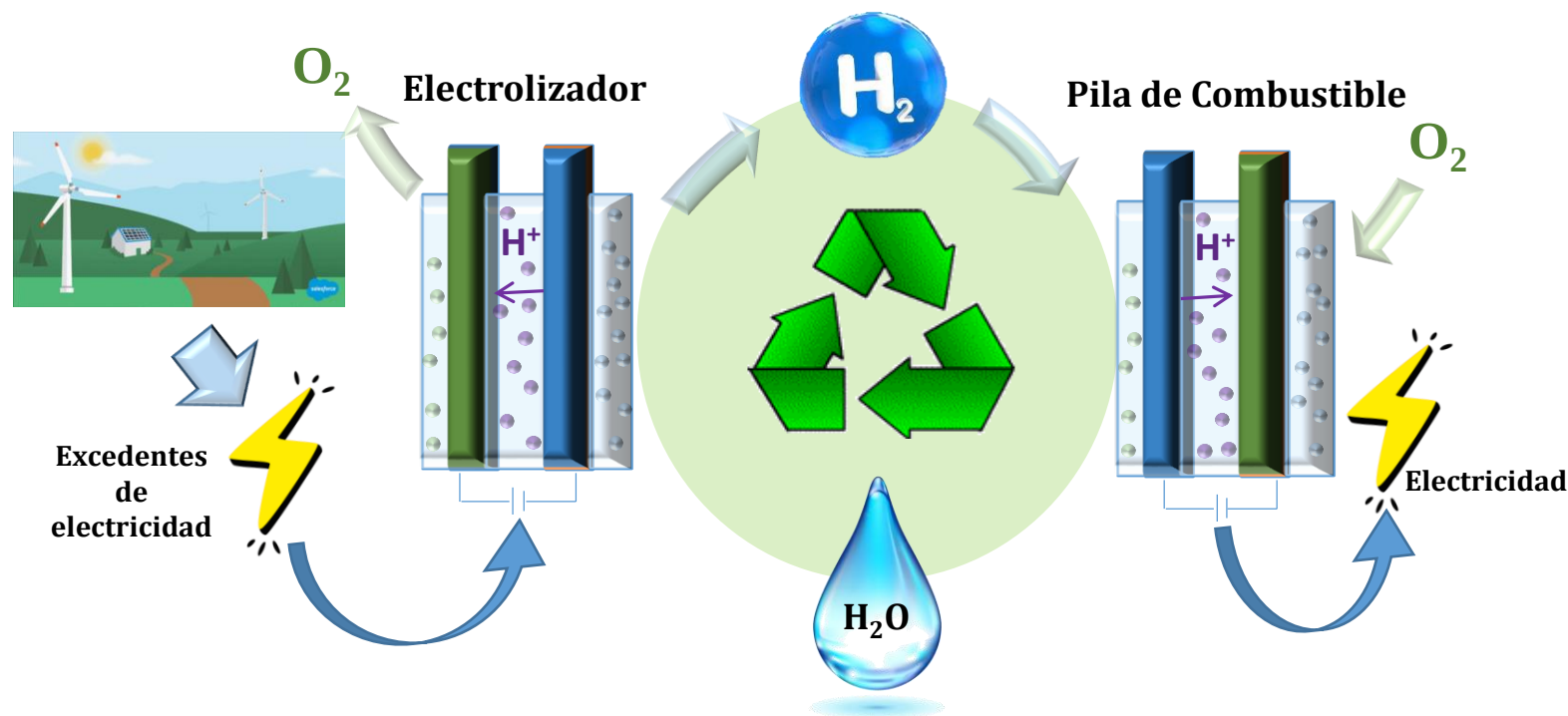


Problemática actual y cómo podríamos darle solución

El modelo energético actual basado en el uso de combustibles fósiles es un **riesgo para el desarrollo sostenible.**

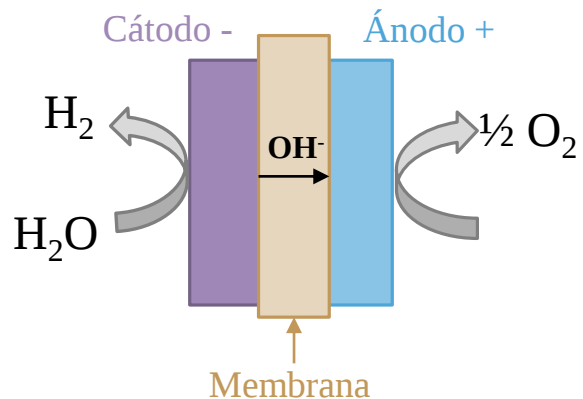


El **HIDRÓGENO VERDE** es un vector energético, capaz de acumular el exceso de energía proveniente de renovables y después poder utilizarla cuándo y dónde sea necesaria.

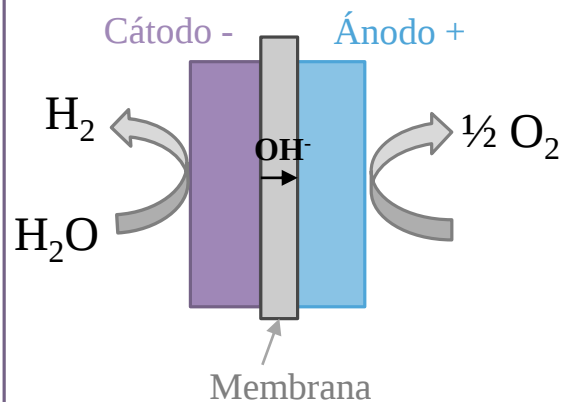


Tipos de electrolizadores

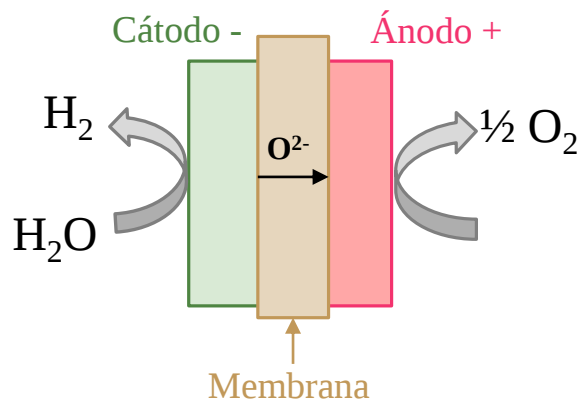
Electrólisis Alcalina



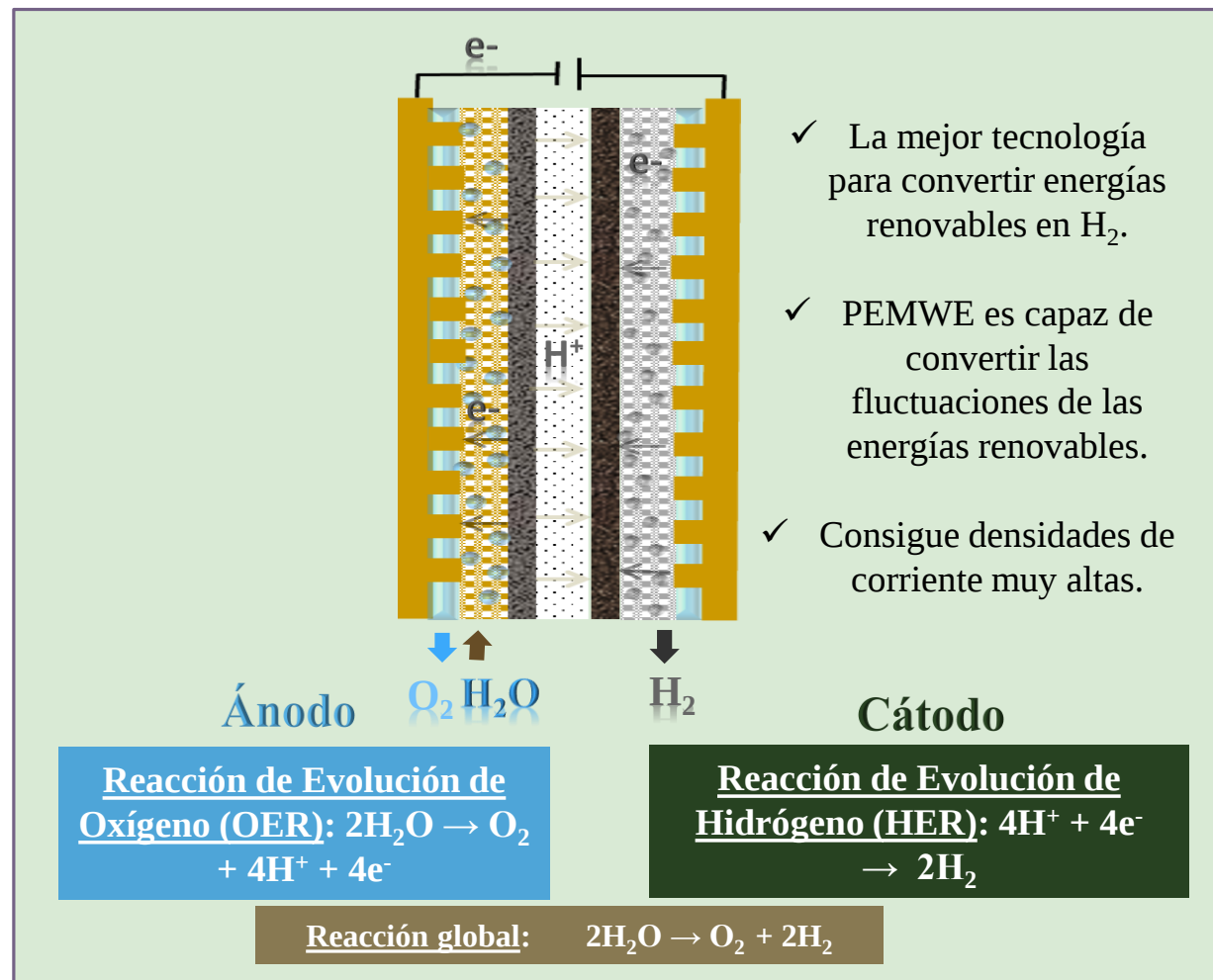
Electrólisis Alcalina (AEM) *Anion Exchange Membrane*



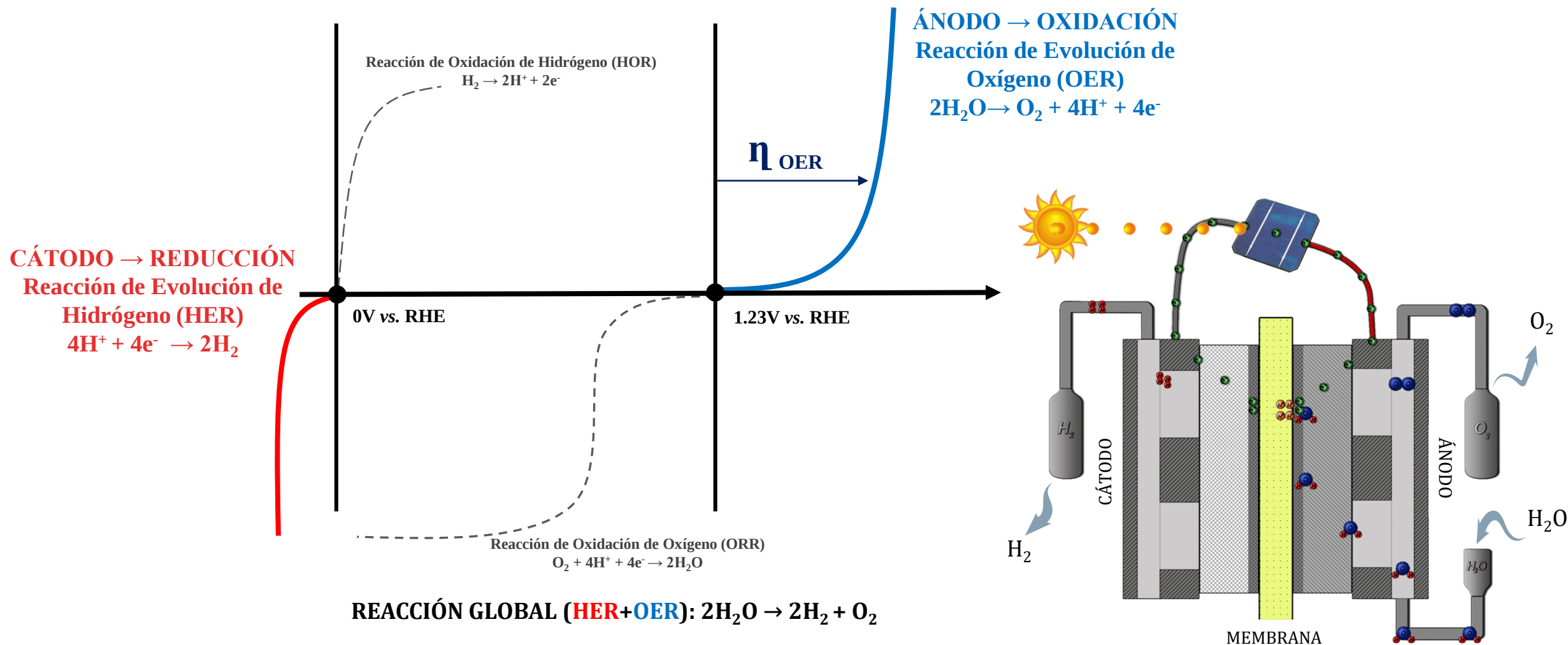
Electrólisis de Óxido Sólido (SOEC) *Solid Oxide Electrolysis Cells*



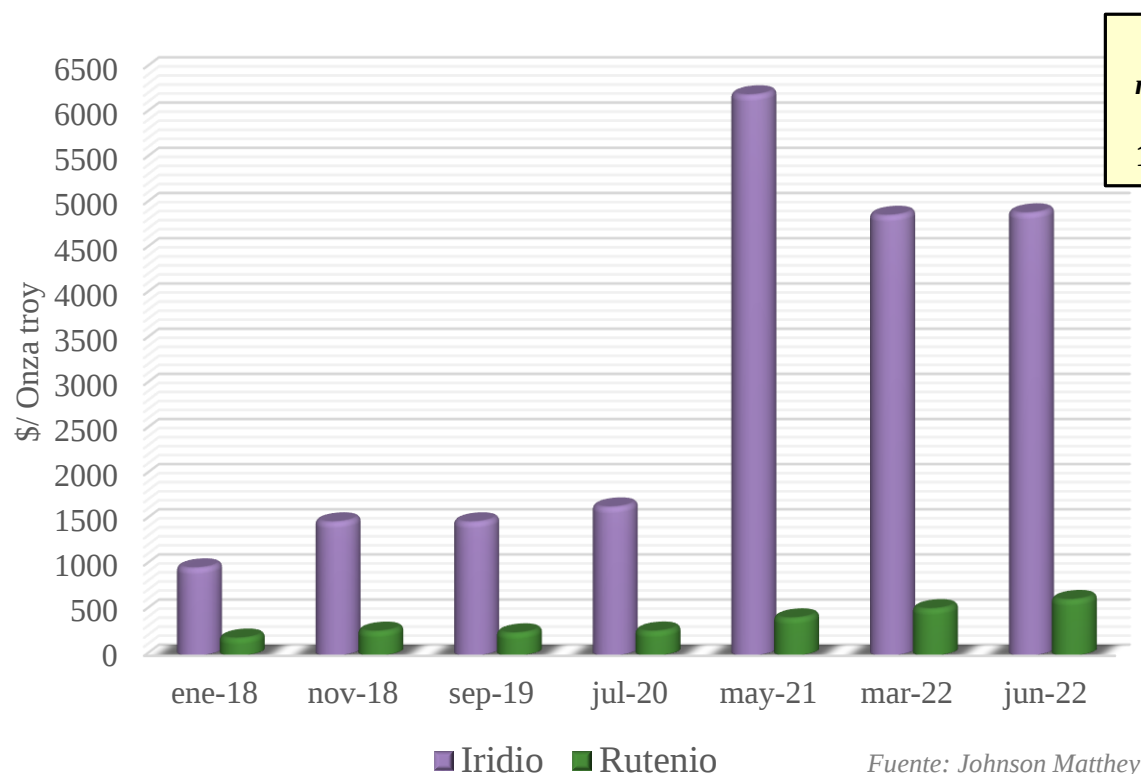
Electrólisis de agua con membrana de intercambio protónico (PEMWE) *Proton Exchange Membrane Water Electrolysis*



Acumular energía sostenible en H₂. Electrólisis del agua



Problemática de los metales nobles para OER



Iridio: $4.900 \$ \cdot \text{troy oz}^{-1} \rightarrow 157.538 \$ \cdot \text{kg}^{-1}$

Rutenio: $625 \$ \cdot \text{troy oz}^{-1} \rightarrow 20.094 \$ \cdot \text{kg}^{-1}$

Las estructuras tipo **ÓXIDOS MIXTOS** son unas de las más estudiadas en la química y física de estado sólido y en la ciencia de materiales.

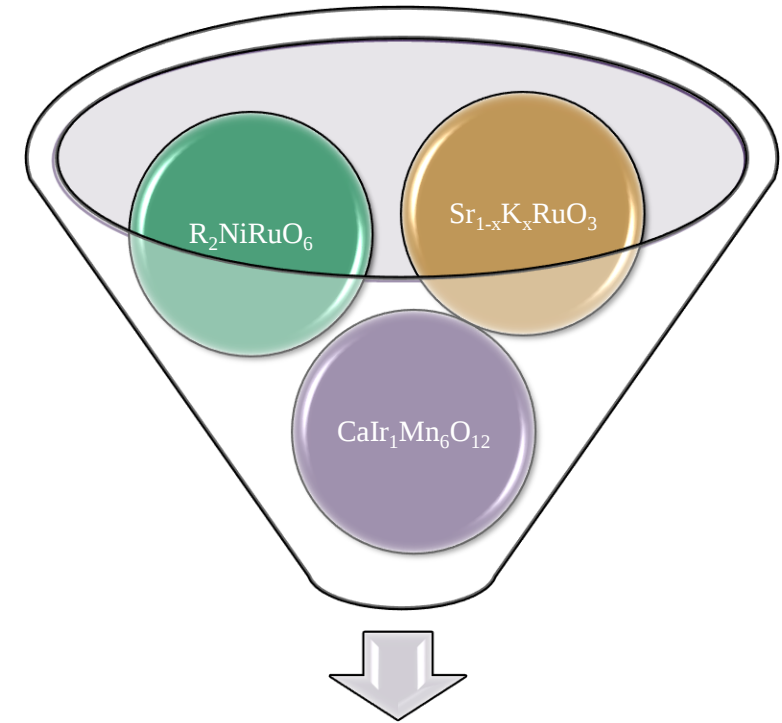
Estas estructuras son capaces de acomodar gran número de cationes en su interior, sus propiedades físicas son muy diversas y, por tanto, sus aplicaciones tecnológicas también.

ADECUADAS PARA LA ELECTROLISIS

Objetivos de la tesis doctoral

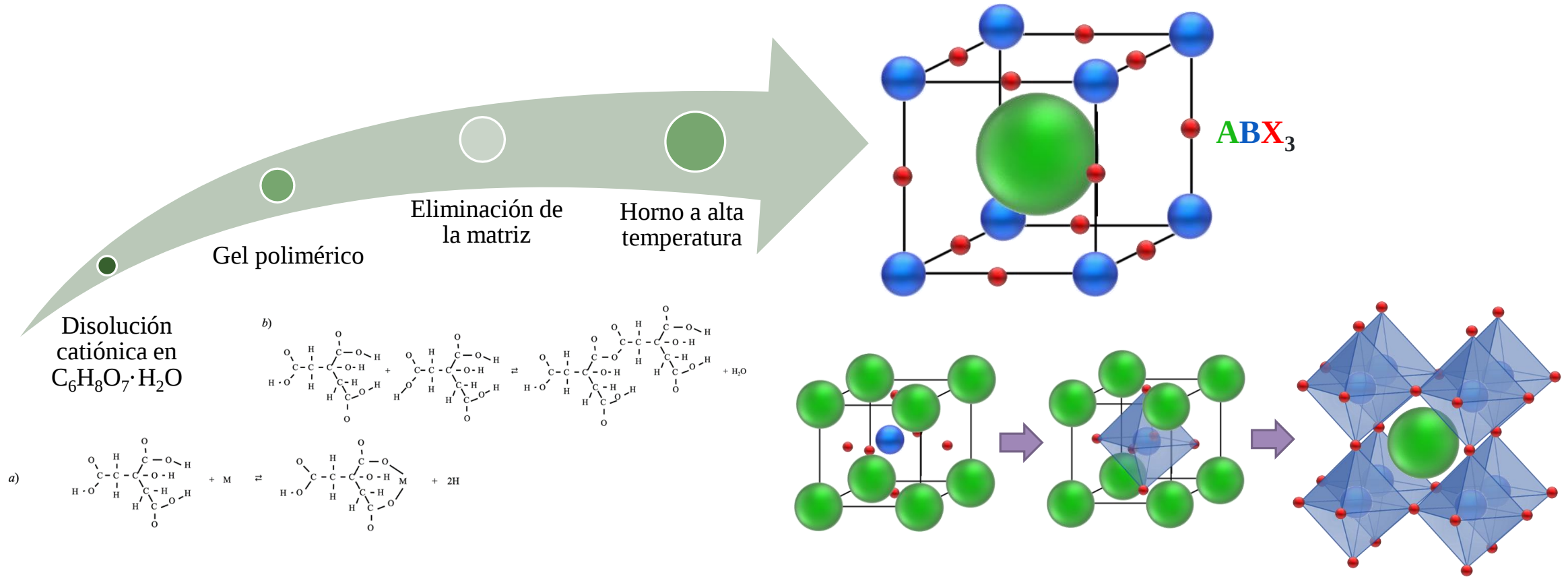
El objetivo principal de la tesis es el **estudio, síntesis y optimización de nuevos catalizadores con bajo contenido o sin contenido de metales nobles para su uso en el ánodo (reacción de evolución de oxígeno) en electrolizadores**. Este objetivo global se puede dividir en los siguientes objetivos parciales:

- Síntesis de catalizadores novedosos eficaces para la OER con bajo contenido o sin contenido de metales nobles.
- Caracterización amplia y en profundidad de los materiales sintetizados con técnicas tales como: XRD, TEM, XAS, XPS, NPD, etc.
- Estudio del mecanismo de reacción de la OER para este tipo de catalizadores tanto en medio ácido como en básico.
- Realización de diversas medidas y procedimientos electroquímicos para evaluar la actividad de los catalizadores y su durabilidad.



OBJETIVO FINAL DE MI TESIS DOCTORAL:
DISMINUIR O ELIMINAR COMPLETAMENTE
METALES NOBLES EN LAS ESTRUCTURAS TIPO
ÓXIDOS MIXTOS USADOS EN LA OER

Estructura perovskita y cómo se sintetiza



Así es posible ver a la perovskita como un arreglo tridimensional de poliedros enlazados por sus vértices.



Enhanced stability of SrRuO₃ mixed oxide via monovalent doping in Sr_{1-x}K_xRuO₃ for the oxygen evolution reaction

Isabel Rodríguez-García^a, Dmitry Galyamin^a, Laura Pascual^b, Pilar Ferrer^c, Miguel A. Peña^a, Dave Grinter^d, Georg Held^d, Mohamed Abdel Salam^d, Mohamed Mokhtar^d, Katabathini Narasimharao^d, María Retuerto^{a,c}, Sergio Rojas^{a,c}

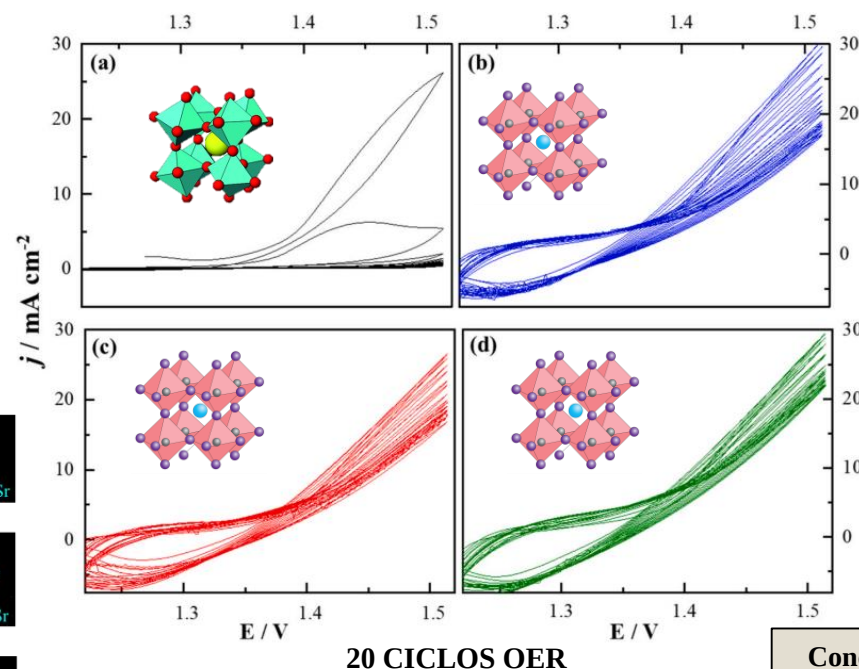
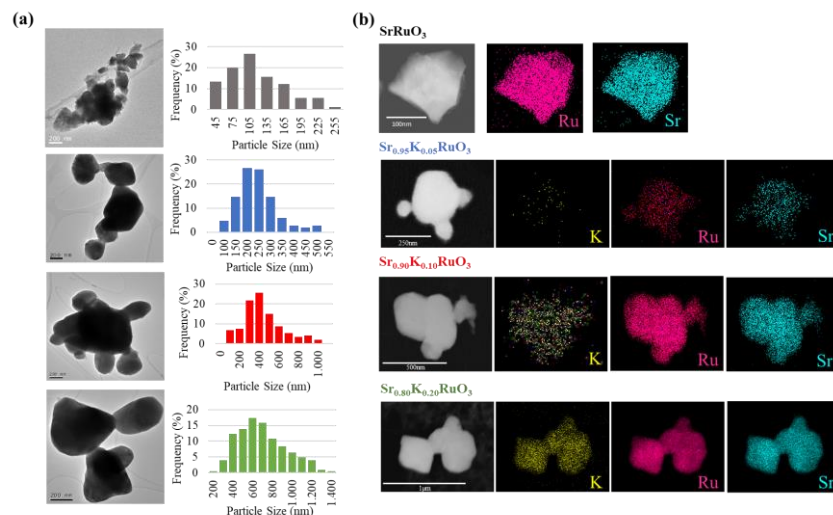
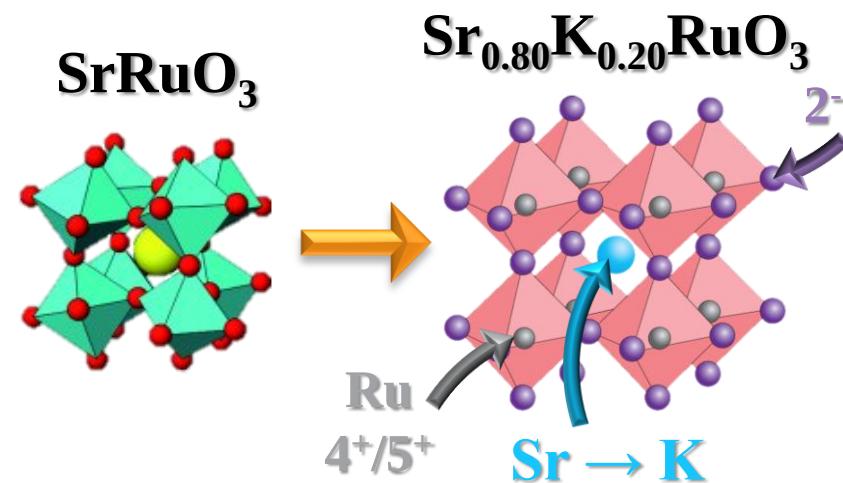
^a Grupo de Energía y Química Sostenibles, Instituto de Catálisis y Petrolquímica, CSIC, C/Marie Curie 2, 28049, Madrid, Spain

^b Instituto de Catálisis y Petrolquímica, CSIC, C/Marie Curie 2, 28049, Madrid, Spain

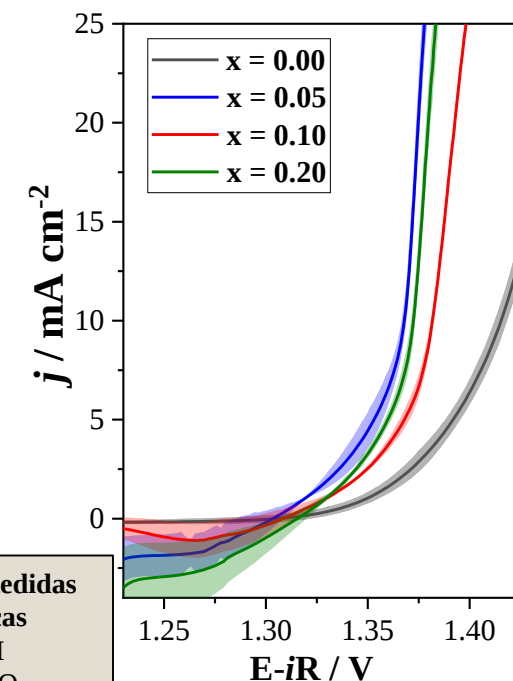
^c Diamond Light Source, Harwell Science and Innovation Campus, Didcot, OX11 0DE, UK

^d Chemistry Department, Faculty of Science, King Abdulaziz University, P.O Box 80200, Jeddah, 21589, Saudi Arabia

Perovskitas simples (ABO₃) Sr_{1-x}K_xRuO₃

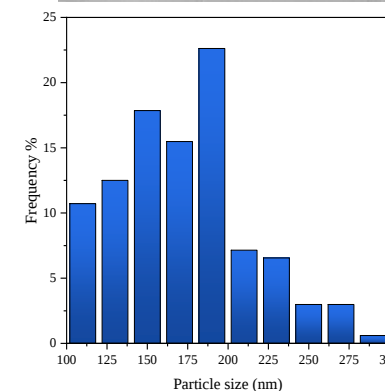
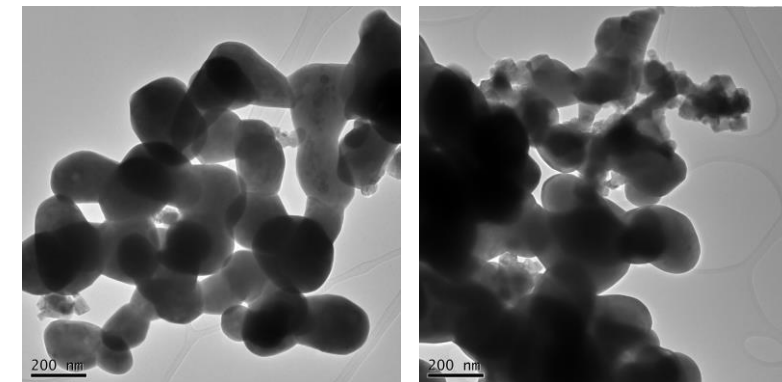
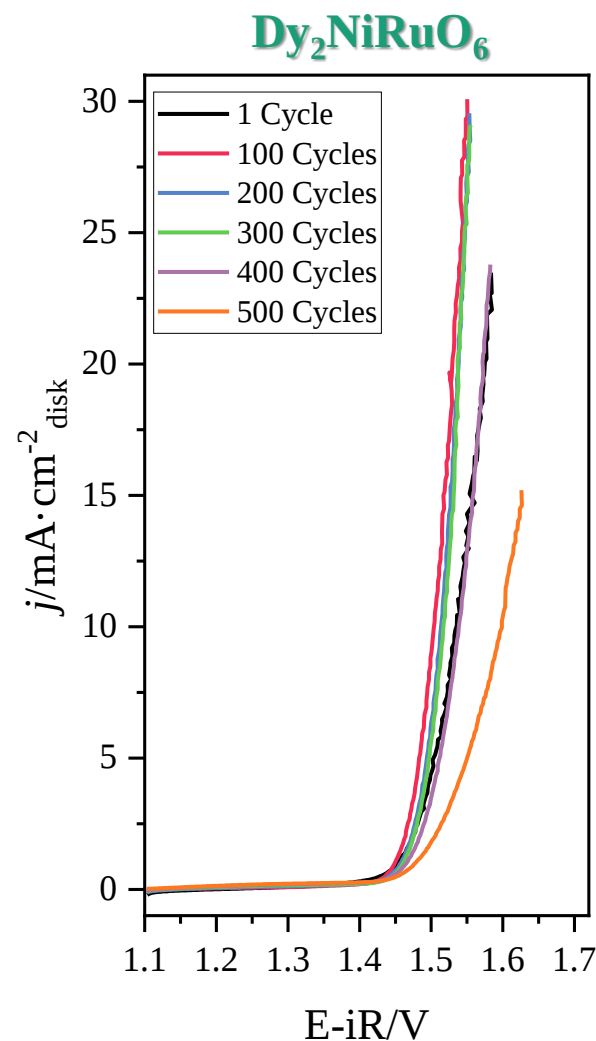
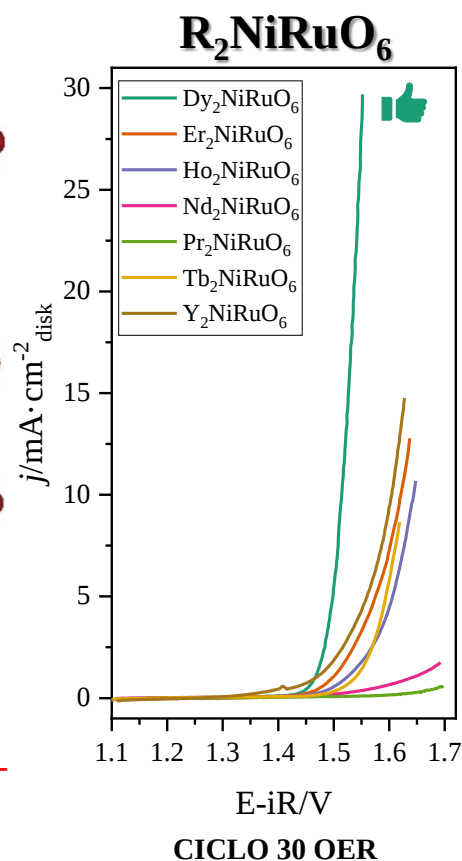
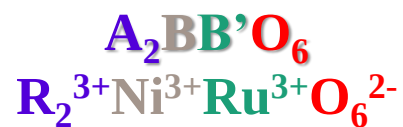
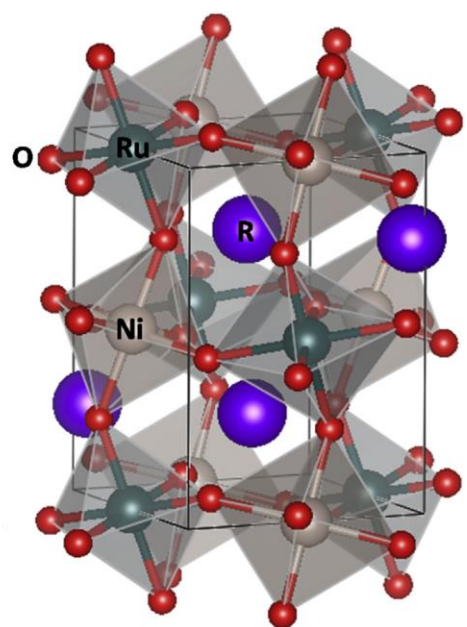


Condiciones de medidas electroquímicas
HClO₄ 0.1M
Saturación en O₂
Electrodo: 1600 rpm



Perovskitas dobles ($A_2BB'O_6$) R_2NiRuO_6

INVESTIGACIÓN EN CURSO



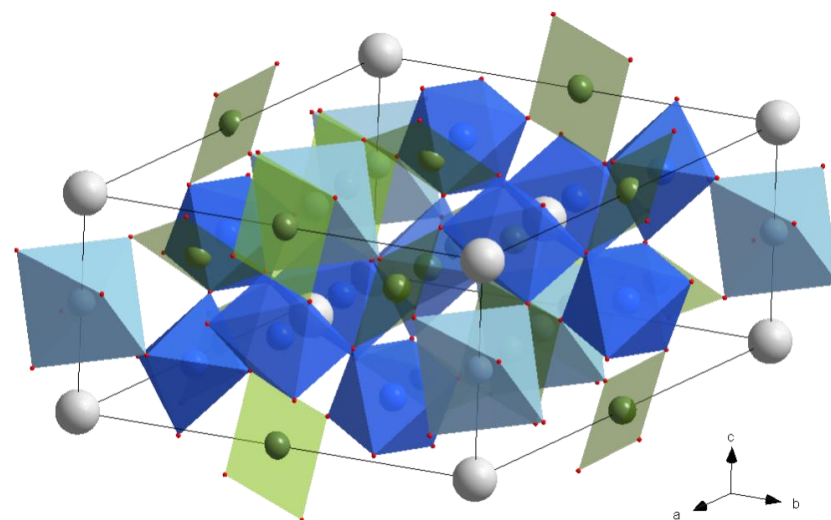
	% Peso	% Atómico
Dy	69.97	55.52
Ni	7.18	15.21
Ru	22.85	29.28

Tamaño de partícula = 177.454 nm
Error = ± 5.671 nm

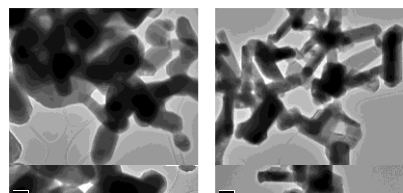
Condiciones de medidas electroquímicas
HClO₄ 0.1M
Saturación en O₂
Electrodo: 1600 rpm

Perovskitas cuádruples (AA'BB'O₁₂) $\text{CaMn}_{7-x}\text{Ir}_x\text{O}_{12}$

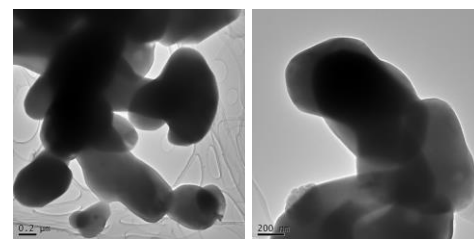
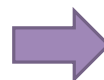
INVESTIGACIÓN EN CURSO



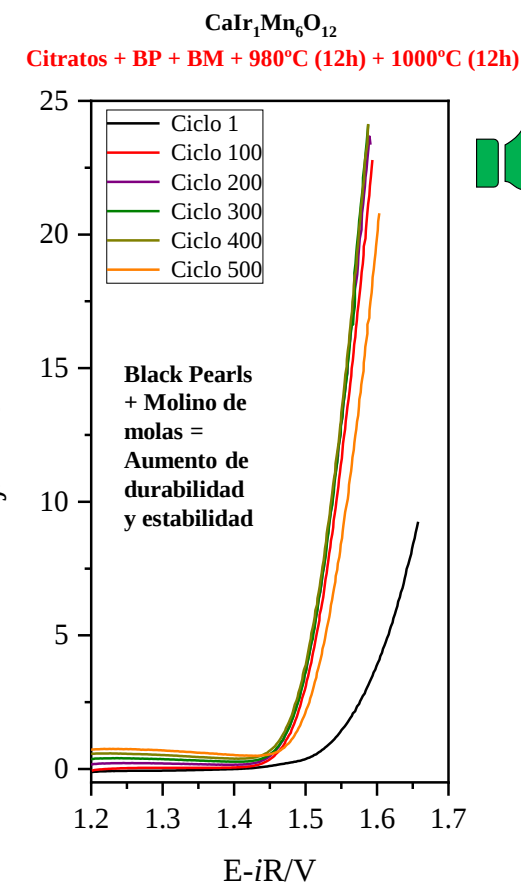
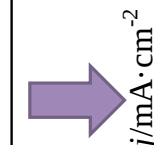
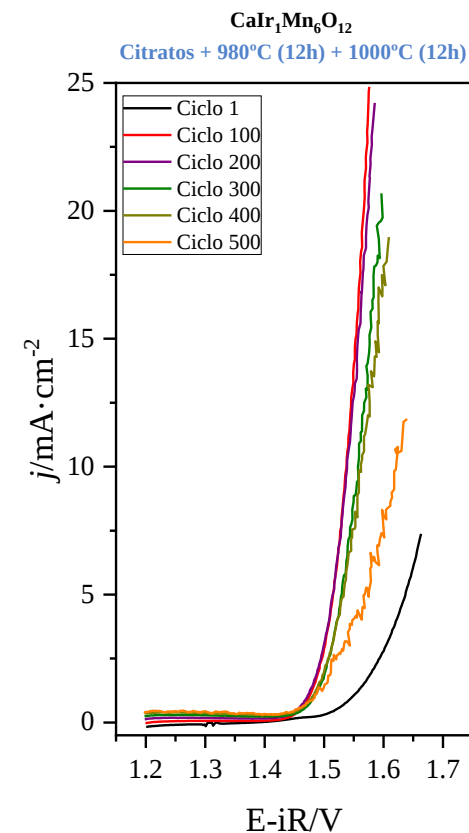
AA'BB'O_{12}



Tamaño medio de partícula: **0.303 μm**
Error estándar: 0.011 μm



Tamaño medio de partícula: **0.506 μm**
Error estándar: 0.015 μm



Condiciones de medidas electroquímicas
HClO₄ 0.1M
Saturación en O₂
Electrodo: 1600 rpm

Conclusiones

1. Se ha demostrado que la estructura perovskita SrRuO_3 se puede mejorar mediante el dopaje con K^+ en la posición Sr^{2+} . Como resultado más relevante se destaca la durabilidad obtenida para $\text{Sr}_{0.80}\text{K}_{0.20}\text{RuO}_3$. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2021.230950> ✓
2. Se está estudiando la estructura de perovskita doble R_2NiRuO_6 y más concretamente la de fórmula $\text{Dy}_2\text{NiRuO}_6$ ya que exhibe buenas condiciones de estabilidad y durabilidad en medio ácido para OER. ⚠
3. Se está estudiando la estructura de perovskita cuádruple $\text{CaMn}_{7-x}\text{Ir}_x\text{O}_{12}$ ya que exhibe buenas condiciones de estabilidad y durabilidad en medio ácido para OER. ⚠
4. Estudio en la mejora de la síntesis de estructuras tipo óxidos mixtos ya desarrolladas por el grupo de Energía y Química Sostenibles del ICP-CSIC. ⚠