

ELECTRODOS 3D DE Ni APLICADOS A LA ELECTROREDUCCIÓN DEL AGUA



Antony Bazan-Aguilar^{1,2*}, Gonzalo García³, Elena Pastor Tejera³, Angélica M. Baena-Moncada^{1,2}

¹Laboratorio de Investigación de Electroquímica Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Ingeniería, Av. Túpac Amaru 210, Rímac, Lima, Perú.

²Centro para el desarrollo de materiales avanzados y Nanotecnología, Universidad Nacional de Ingeniería, Av. Túpac Amaru 210, Rímac, Lima, Perú.

³Instituto Universitario de Materiales y Nanotecnología, Departamento de Química, Universidad de La Laguna (ULL), PO Box 456, 38200, La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, España.

* abazana@uni.pe

RESUMEN

Hoy en día, el H₂ es catalogado como el principal sustituto de los combustibles fósiles. [1] Sin embargo, la producción de H₂ a través de la electrolisis alcalina del agua se encuentra limitada por el alto costo de los electrocatalizadores comerciales. [2] Por ende, es imperativo el desarrollo de electrocatalizadores no-nobles. [3] En esta línea, se indaga en el carácter electrocatalítico de los electrodos 3D de espuma de Ni (NiF) y de su forma activada (NiFA), obtenida por tratamiento ácido en ultrasonido. Mediante el estudio espectroscópico y electroquímico de sus superficies se determina que el proceso de activación remueve la bicapa primigenia de NiO/Ni(OH)₂ en el NiF, lo cual, expone sitios activos de Ni y/o Ni/NiO. Esto reduce el sobrepotencial de evolución de H₂ (m/Z = 2) de 45,7 (NiF) a 6,2 mV (NiFA) en NaOH 0,1 mol L⁻¹, sin alterar su cinética (mecanismo de Heyrovsky, $b \sim 40$ mV dec⁻¹), y acelera la desorción del H₂ tras aplicarse una corriente de -5 mA cm⁻² durante 1 h. Lo cual representa una mejora electrocatalítica prometedora.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la electrolisis alcalina del agua representa la principal ruta sostenible de generación de H₂ gaseoso, sin embargo, la baja abundancia relativa de los metales utilizados en el diseño de los electrocatalizadores comerciales aplicados para este fin, incrementa considerablemente su costo de fabricación; a este limitante se suma la discutida actividad catalítica de los metales nobles en medio alcalino y el restringido escalamiento que reportan. [1].

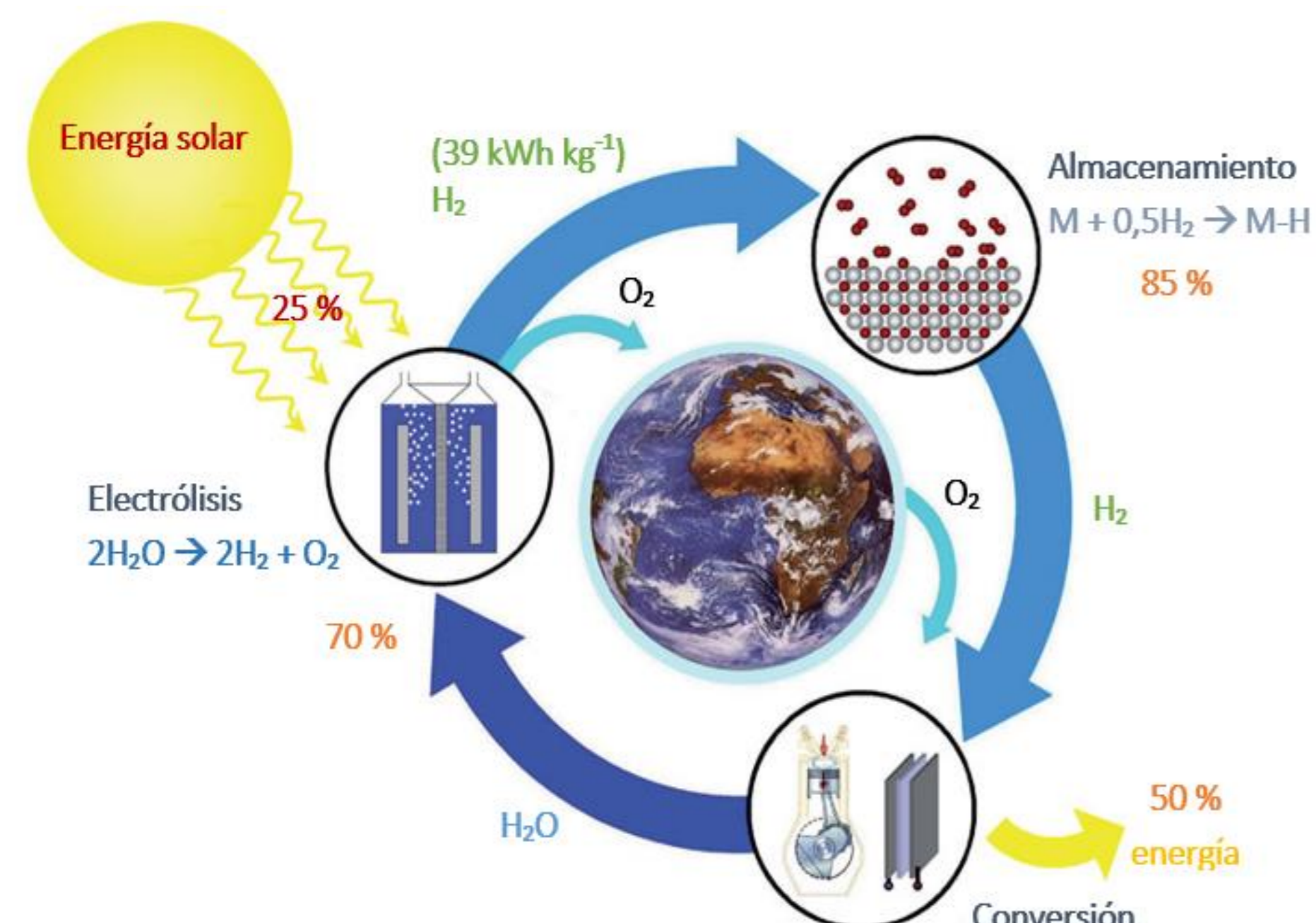


Fig. 1: La producción sostenible de hidrógeno, como parte de un sistema cíclico y renovable de conversión y almacenamiento de energía.

HIPÓTESIS

Una superficies electroactivas que presente energías intermedias de enlace [Metal-H] promueve la rápida desorción de los iones OH⁻ y la sucesiva reducción de los iones H⁺ a H₂ en medio alcalino. Con lo cual, se reduce el valor de los sobrepotenciales de evolución de H₂ (η), se promueve una rápida cinética de evolución de H₂ y altas densidad de corrientes asociadas a la generación del gas.[3]

OBJETIVO

Describir y optimizar el carácter electrocatalítico de las matrices de espuma de Ni (NiF) sobre la reacción de evolución de hidrógeno (HER), mediante la activación química de su superficie (NiFA).

REFERENCIAS

- Müller, K.; Arlt, W.; Energy Technol. 2013, 1, 501.
- Naimi, Y.; Antar, A.; Adv. Hydrog. Gener. Technol. 2018.
- Mahmood, N.; Yao, Y.; Zhang, J. W.; Pan, L.; Zhang, X.; Zou, J. J. Adv. Sci. 2018.

EXPERIMENTAL

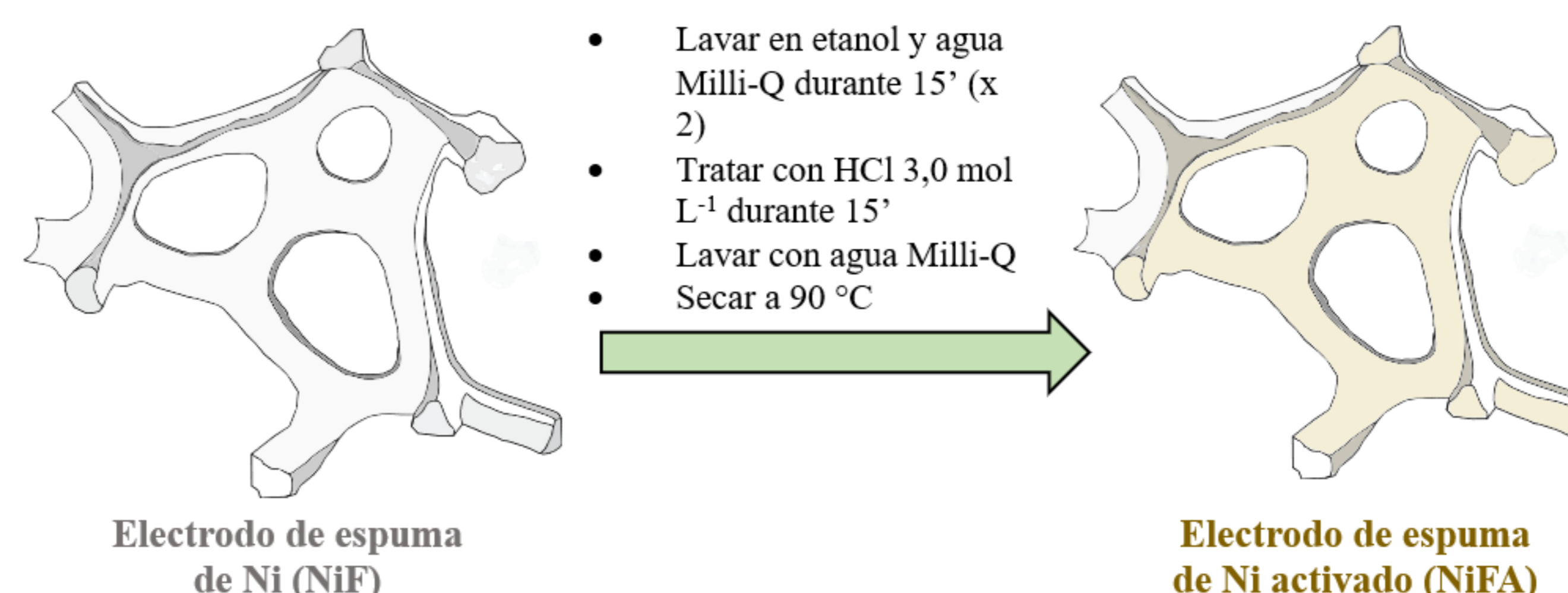


Fig. 2: Esquema de la activación química del soporte NiF por tratamiento ácido en ultrasonido.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

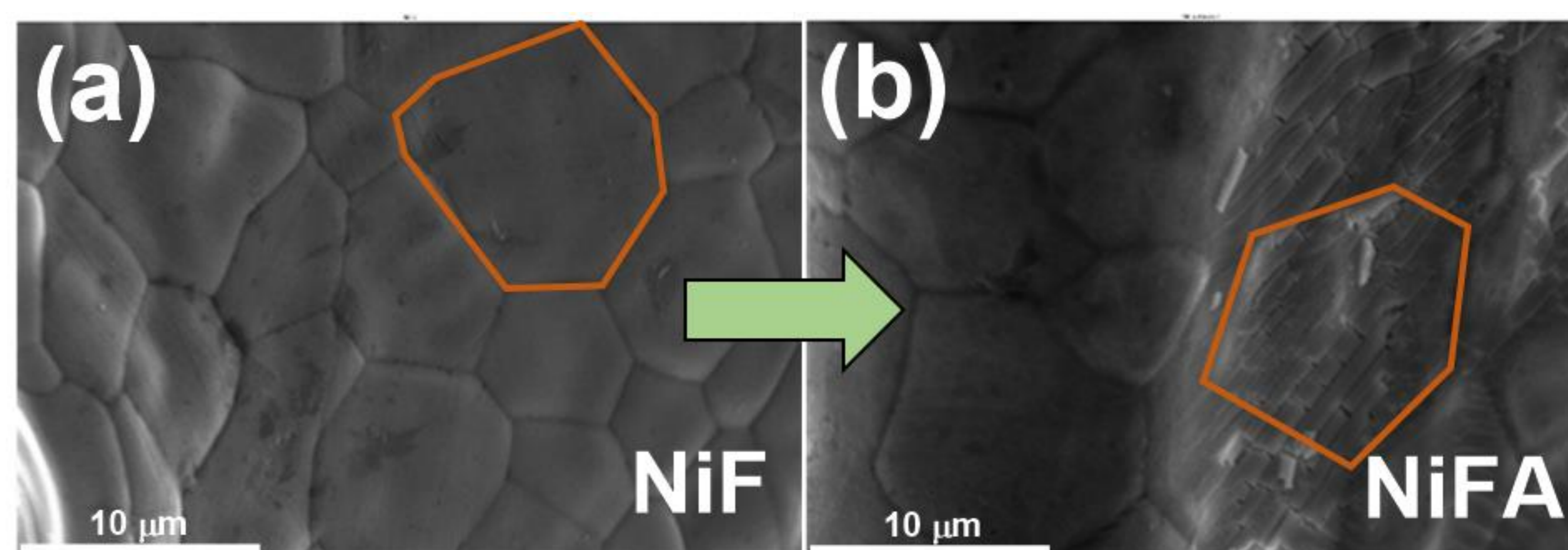


Fig. 3: Imágenes SEM de los electrodos de (a) espuma de Ni (NiF) y (b) espuma de Ni activada. La superficie del soporte activado NiFA, formada por granos poligonales internamente fragmentados.

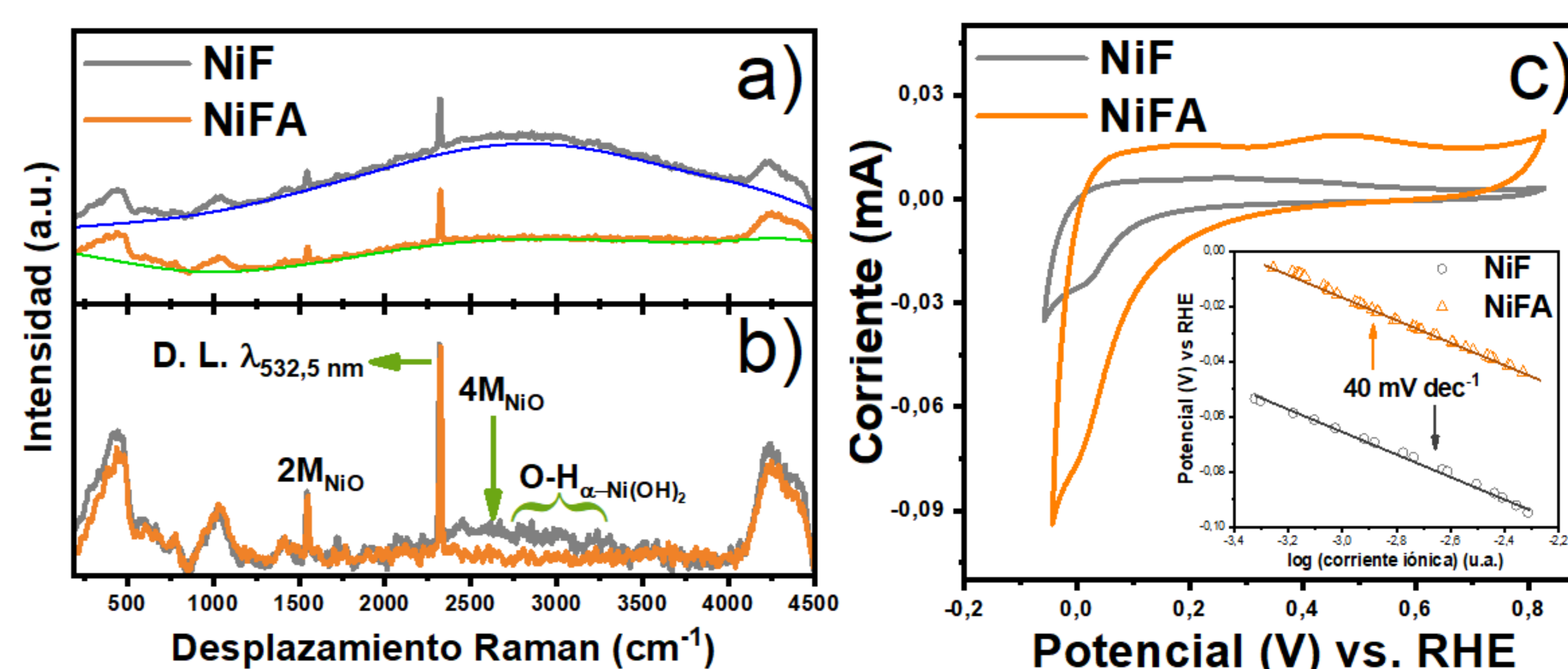


Fig. 4: Espectros Raman de los electrodos NiF y NiFA (a) antes y (b) después de eliminar la señal base por fluorescencia (D.L. $\lambda_{532,5}$ nm, dispersión Raman de la fuente de excitación láser de 532,5 nm). (c) Voltamperometría cíclica de los electrodos NiF y NiFA desde -0,1 a 0,8 V a 20 mV s⁻¹ en NaOH 0,1 mol L⁻¹. (Insertada) Pendientes de Tafel de los electrodos NiF y NiFA.

CONCLUSIONES

- El soporte electroactivo NiF muestra una superficie compacta formada por granos poligonales unidos entre sí. En contraste, las matrices de espuma de níquel activadas (NiFA) presentan fracturas internas de la superficie poligonal de NiF con una morfología rectangular de menor dimensión, con lo cual es posible afirmar un incremento del área superficial.
- Es posible afirmar que el incremento en el carácter electrocatalítico del electrodo NiFA, en comparación al electrodo NiF, a la presencia de grupos O-H de intercalación más expuestos a la interfaz electrodo/electrolito, promoviendo el intercambio de grupos hidroxilos en la electrolisis alcalina.
- El carácter electroactivo del soporte NiF sobre la reacción de evolución de hidrógeno (HER) se potencia al ser activado registrando un potencial onset de 6,2 mV en contraste, al registrado por la matriz NiF e igual a 45,7 mV; si cual significa una reducción en la demanda energética para promover la reacción HER sin alterar la cinética de evolución, guiada por la etapa de desorción electroquímica (mecanismo de Heyrovsky).

AGRADECIMIENTOS

- Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica (FONDECYT) y al Ministerio de Educación de Perú (208-2015-FONDECYT).
- Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN) (ENE2017-83976-C2-2-R (cofinanciado por FEDER).
- SEGAI—ULL.
- G.G. agradece al programa “Viera y Clavijo” (ACIISI & ULL), NANOtec, INTech y al Cabildo de Tenerife.

