ISSN: 1692-7257 - Volumen 1 – Número 47 - 2026

ORIGINAL

RCTA
Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada
UNIPAMPLONA

Síntesis de placas de níquel recubiertas mediante electrodeposición con NixSy

Synthesis of nickel plates coated by electrodeposition with NixSy

Esteban Quintero Moreno[1,2]
Héctor Darío Sánchez Londoño[1]
Edwin García Quintero[1]

[1] **Universidad de Antioquia, Facultad de ingeniería, Grupo de investigación TESLA, Medellín, Antioquia, Colombia.**
[2] **ITM, Institución Universitaria, Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas, Departamento de Ciencias Básicas, Medellín, Antioquia, Colombia.**

Recibido: 12 noviembre 2025. Revisado: 30 noviembre 2025. Aceptado: 18 diciembre 2025. Publicado: 09 febrero 2026.
Autor de correspondencia: Esteban Quintero Moreno

Cómo citar: E. Quintero Moreno, H. D. Sánchez Londoño, and E. García Quintero, "Síntesis de placas de níquel recubiertas mediante electrodeposición con NixSy", *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada (RCTA)*, vol. 1, no. 47, feb. 2026, art. no. 4355, doi: 10.24054/rcta.v1i47.4355

Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Resumen:

El presente artículo tiene como objetivo analizar los parámetros de corriente, voltaje y tiempo en la electrodeposición de nanocapas de sulfuro de níquel sobre placas de níquel puro mediante una vía de síntesis basada en variaciones del número de ciclos (1, 3, 4 y 7). Cada ciclo consta de cuatro escalones de voltaje diferentes en el rango de (0.54–2.4) V, los cuales se repiten de acuerdo con el número de ciclos correspondiente. Como electrolito se utilizó una solución de nitrato de níquel hexahidratado (0.05 mol/L) y tiosulfato de sodio pentahidratado (0.1 mol/L). Los valores de voltaje presentan una alta estabilidad, con oscilaciones de ±0.2 V, lo que indica que los métodos empleados permiten un elevado control sobre el proceso de electrodeposición. Adicionalmente, se obtuvo una ganancia de masa en el rango de (0.44–6.57) mg para las electrodeposiciones realizadas.

Palabras clave: nanotecnología, electrodeposición, ingeniería de capas, azufre, níquel.

Abstract:

The present article aims to analyze the current, voltage, and time parameters involved in the electrodeposition of nickel sulfide nanolayers on pure nickel plates through a synthesis route based on variations in the number of cycles (1, 3, 4, and 7). Each cycle consists of four different voltage steps within the range of 0.54–2.4 V, which are repeated according to the corresponding number of cycles. A nickel nitrate hexahydrate solution (0.05 mol/L) and sodium thiosulfate pentahydrate (0.1 mol/L) were used as the electrolyte. The voltage values exhibit high stability, with oscillations of ±0.2 V, indicating that the employed methods provide a high degree of control over the electrodeposition process. Additionally, a mass gain in the range of 0.44–6.57 mg was obtained for the electrodepositions.

Keywords: nanotechnology, electrodeposition, layer engineering, sulfur, nickel.

INTRODUCCIÓN

El planeta enfrenta desafíos constantes, hace unos años en el 2023 ya sobrepasábamos seis de los límites planetarios [1], y fue el añoanterior (2025)cuando sobrepasamos siete de los nueve límites planetarios [2], un elemento preocupante es la acidificación de los océanos, ya que pone en riesgo la vida marina del planeta. En este sentido se encaminan muchos esfuerzos, incluyendo el encontrar formas alternativas de producción de energía de forma amigable con el planeta y en este sentido la producción de hidrógeno [3] mediante electrólisis del agua es una gran herramienta [4], [5], [6], [7], para la cual necesitamos profundizar sobre el papel de los electrodos empleados en el proceso [8] y como algunos dopajes sobre los electrodos ayudan a mejorar el proceso [9], [10], [11], adicionalmente encontramos que el electrodepositar NixSy sobre placas de níquel es un proceso muy prometedor [12], [13] para lo cual realizamos el diseño experimental y caracterizamos la masa depositada.

METODOLOGÍA

Diseño experimental y diseños factoriales

El diseño y análisis de experimentos nos permitió determinar, dos elementos centrales en la investigación, el primero es que nos permitió determinar las variables determinantes de las síntesis y que tienen impacto en el espesor de capa de la muestra final y segundo nos permitió determinar el número de muestras necesarias y con ello, optimizar el tiempo total de la fase experimental[14],[15].

Para la investigación, construimos un diseño factorial de dos factores para la síntesis I el número de ciclos y el cambio de voltaje (ΔV=V_(final)−V_(inicial)), un ciclo tiene un tiempo de 4 min y consta de establecer un valor de voltaje diferente cada minuto, tomamos la decisión de construir un factorial4*x*3(4 niveles para ciclos y 3 niveles deΔV) con una réplica y para dos tratamientos diferenciados, que en lo sucesivo se identificarán “Síntesis I, Tratamiento I” y “Tratamiento II”, que se pueden observar en las siguientes figuras respectivamente, Fig. 1 y Fig. 2, adicionalmente presentamos las tablas, 1 y 2 con los valores respectivos.

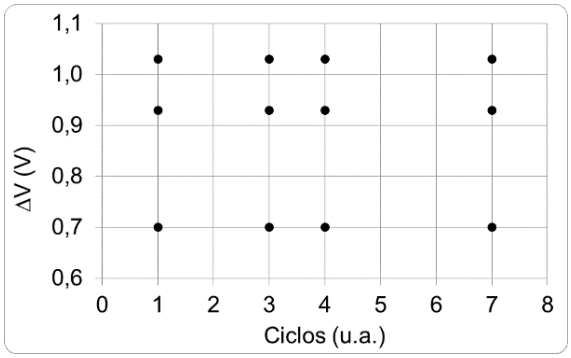

Fig. 1. Representación del diseño factorial 4 x 3, Síntesis I, Tratamiento I.

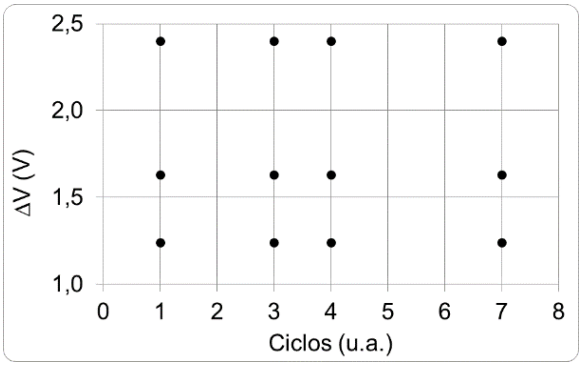

Fig. 2. Representación del diseño factorial 4 x 3, Síntesis I, Tratamiento II.

Es importante aclarar que en el proceso de síntesis el electrolito tiene múltiples factores como la concentración, la temperatura, la agitación, entre muchos otros[16], por lo tanto, se tomó la decisión de conservar todos estos factores invariantes para toda la fase experimental, esto lo hacemos realizando el mismo protocolo de síntesis sin variar los precursores del electrolito, adicionalmente se mantiene invariante la configuración del sistema de electrodeposición.

Tabla 1: Datos de la representación del diseño factorial 4 x 3, Síntesis I, Tratamiento I.

Ciclos (u.a)	V (V)
1	0.70 – 0.93 – 1.03
3	0.70 – 0.93 – 1.03
4	0.70 – 0.93 – 1.03
7	0.70 – 0.93 – 1.03

Tabla 2: Datos de la representación del diseño factorial 4 *x* 3***, Síntesis I, Tratamiento II.***

Ciclos (u.a)	V (V)
1	1.24 – 1.63 – 2.40
3	1.24 – 1.63 – 2.40
4	1.24 – 1.63 – 2.40
7	1.24 – 1.63 – 2.40

En el proceso de síntesis se tomó la decisión de conservar todos estos factores invariantes para toda la fase experimental que consta de 24 experimentos cada uno con una réplica, también se mantiene invariante la configuración del sistema de electrodeposición de la Fig. 3.

El electrodo de níquel es una lámina cuadrada con un área aproximada de1 cm^2y unos pocos milímetros de espesor.

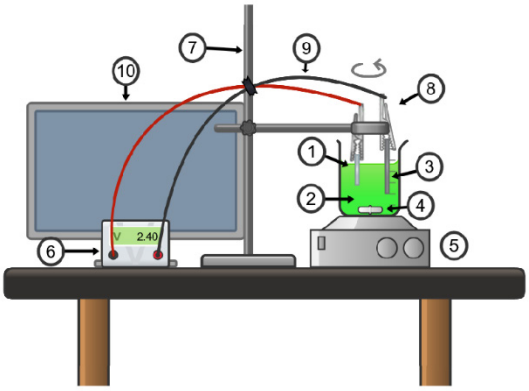

Fig. 3. *Sistema de electrodeposición. 1. Electrodo de níquel. 2. Electrolito de la síntesis. 3. Electrodo de acero inoxidable. 4. Barra de agitación magnética. 5. Agitador magnético y calentador. 6. Fuente de voltaje o corriente. 7. Soporte vertical. 8. Pinzas. 9. Cables. 10. Computador con software para adquisición de datos provenientes del arduino.*

Adquisición de datos

El suministro de energía para la electrodeposición se reguló de manera precisa con un regulador de voltaje DC-DC Wuzhi WZ5005, el cual tiene un rango de voltaje de alimentación de(6−55) VDCy parámetros de salida de(0−50) VDCy(0−5) A, con precisión de entrega0.01Vy0.001Apara voltaje y corriente respectivamente.

Aunque el regulador de voltaje tiene un visualizador, se implementó un circuito divisor de voltaje conectado en paralelo con las terminales positivo y negativo, que nos permite almacenar los datos.

Por otro lado debido a que es necesario la lectura de la corriente, se usó un sensor de efecto Hall. Este se conectó en serie con el circuito de alimentación del regulador de voltaje al sistema de electrodeposición.

Por último, para la adquisición de datos y programar los tiempos de muestreo se utilizó una tarjeta Arduino Mega en la cual los sensores y circuitos de lectura se conectaron por medio de los puertos análogos, los cuales disponen de un módulo ADC de 10 bits para señales de(0−5) VDC. Los datos fueron almacenados en una tarjeta microSD con la ayuda de un "datalogger" el cual se comunicaba con el Arduino por medio de protocolo SPI, creando un archivo .TXT para análisis estadístico.

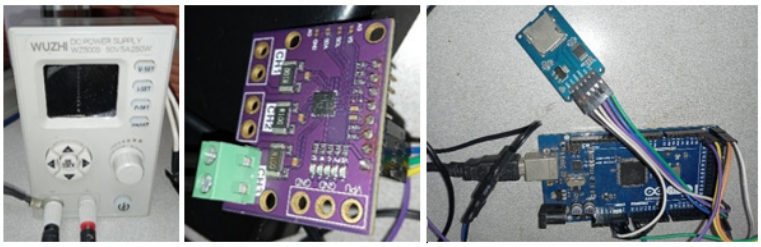

Fig. 4. *Superior izquierda: regulador de voltaje. Superior derecha: sensor de efecto hall. Inferior: "datalogger" y Arduino Mega.*

Síntesis

Los experimentos de la síntesis se realizaron conNi(NO_(3))_(2)*6H_(2)O(0.05*mol/l*) yNa_(2)S_(2)O_(3)*5H_(2)O(0.1*mol/l*) con agitación por10*min*, como se muestra en la Fig. 5 y que corresponden a 24 síntesis cada una con una réplica que se presentan en la

Tabla 1, en la cual se identifican el tratamiento I que corresponde a ciclos de 1, 3, 4 y 7 para los voltajes de0.54−0.84−1.14−1.24 Vque corresponden a la serie 1, luego para los voltajes de0.7−0.92−1.17−1.63 Vque corresponden a la serie 2 y luego para los voltajes de1.37−1.68−1.94−2.4 Vque corresponden a la serie 3; y también se identifica el tratamiento II que corresponde a las series 1, 2 y 3 con un ciclo adicional de 4 minutos en el voltaje máximo de cada síntesis.

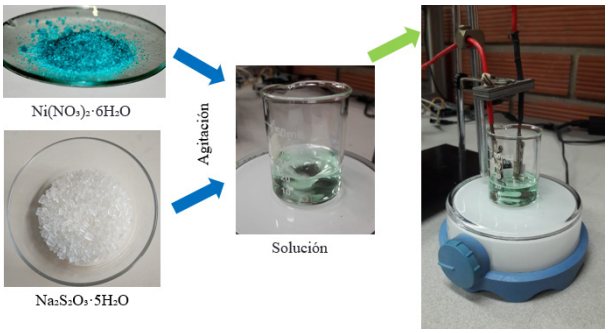

Fig. 5. *Esquema síntesis I.*

Tabla 1: Conjunto de experimentos que se realizaron para la síntesis, en esta se encuentran la etiqueta de la muestra, el voltaje suministrado por cada minuto y el número de ciclos; primero se encuentra el tratamiento I y luego el tratamiento II que corresponde al ciclo adicional.

Tratamiento I			
Muestra	Voltaje (V)	Ciclos	
1	0.54 – 0.84 – 1.14 – 1.24	1	
2		3	
3		4	
4		7	
5	0.7 – 0.92 – 1.17 – 1.63	1	
6		3	
7		4	
8		7	
9	1.37 – 1.68 – 1.94 – 2.4	1	
10		3	
11		4	
12		7	
Tratamiento II			
13	0.54 – 0.84 – 1.14 – 1.24	1	4 minutos a 1.24 V
14		3	
15		4	
16		7	
17	0.7 – 0.92 – 1.17 – 1.63	1	4 minutos a 1.63 V
18		3	
19		4	
20		7	
21	1.37 – 1.68 – 1.94 – 2.4	1	4 minutos a 2.4 V
22		3	
23		4	
24		7	

Se determinó realizar esta ruta de síntesis posterior a un análisis de diferentes opciones [17], [18], [19], [20], [21].

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Síntesis

En la síntesis se desarrollaron dos (2) tratamientos, cada uno con sus particularidades y que se van a desarrollar y explicar de manera diferenciada en Tratamiento I y Tratamiento II respectivamente.

Tratamiento I

En el tratamiento I se realizaron tres series de experimentos, los cuales son los siguientes:

Serie 1: muestras 1 a 4.

Serie 2: muestras 5 a 8.

Serie 3: muestras 9 a 12.

En la serie 1 se tiene un rango de voltaje de0.7*V*. En la muestra 1 (Fig. 6) al igual que en su réplica, se puede observar que la

corriente al inicio de la síntesis presenta un incremento, es decir cuándo del voltaje es de$0.54V$, que posteriormente disminuye de manera gradual en ese primer ciclo, posteriormente para el segundo nivel de voltaje, se presenta nuevamente un incremento en la corriente, aunque esta vez casi al mismo valor de corriente inicial, en el tercer nivel de voltaje la corriente presenta un aumento mayor y luego un decaimiento y por último, en el cuarto nivel de voltaje donde estamos a$1.24V$se observa el pico de corriente más alto de toda la síntesis, esto se puede deber al aumento del potencial y la pasivación de la corriente en cada uno de los niveles y se puede deber a que el sistema va incorporando capas de material sobre el electrodo y esto va disminuyendo la corriente a medida que transcurre el tiempo.

En la muestra 2 (Fig. 7) al igual que en su réplica, durante los tres ciclos la corriente presenta un comportamiento similar a las muestras 1 y 1* en cuanto al primer ciclo, pero para el segundo ciclo se observa que la corriente en el primer nivel de voltaje es casi nula, lo cual se repite para el tercer ciclo y que se evidencia mucho más en el segundo nivel, el cual casi desaparece, lo cual nos puede estar indicando una pasivación del electrodo. Adicionalmente los picos de corriente en los tres ciclos en el nivel cuatro de voltaje van disminuyendo su intensidad, lo cual nos habla de una estabilidad para el sistema.

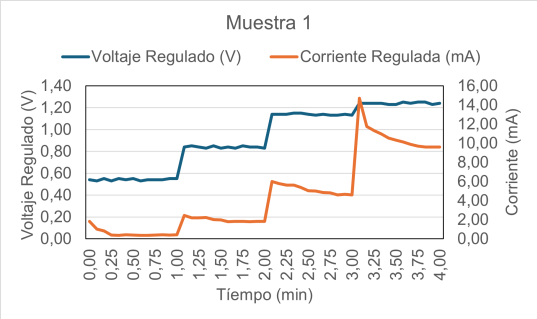

Fig. 6. *Muestra 1, con un ciclo, para cuatro niveles de voltaje.*

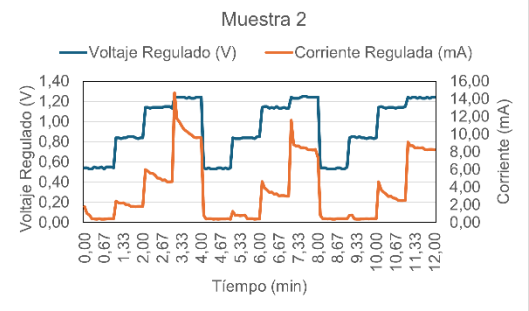

Fig. 7. *Muestra 2, con tres ciclos, para cuatro niveles de voltaje.*

En la muestra 3 (Fig. 8) al igual que en su réplica, para el cuarto ciclo se observa que la corriente en el primer nivel de voltaje es prácticamente inexistente al igual que para el segundo nivel de voltaje, aun así para el tercer y cuarto nivel de voltaje en el cuarto ciclo se evidencia un sistema muy estable, lo cual nos puede estar indicando una pasivación del electrodo.

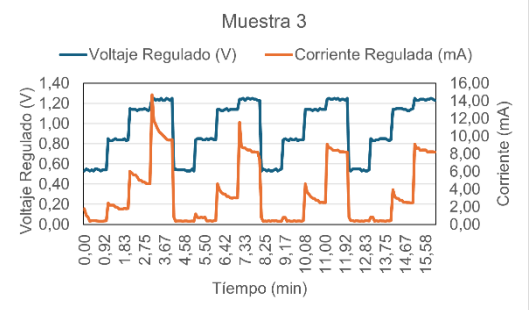

Fig. 8. *Muestra 3, con cuatro ciclos, para cuatro niveles de voltaje.*

Los picos de corriente en las muestras 1, 2, 3 y 4 estuvieron con valores entre14.71mAy8.63mA.

En la serie 2 se tiene un rango de voltaje de$0.93V$, en cuanto a la corriente se observó que presenta un comportamiento

similar a las muestras anteriores, con la diferencia de tener picos de corriente en valores de20.02mAy11.09mA.

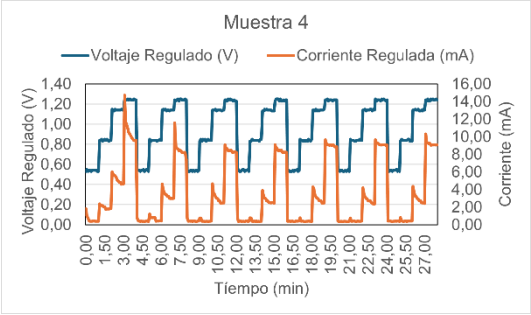

Fig. 9. *Muestra 4, con siete ciclos, para cuatro niveles de voltaje.*

En la serie 3 se tiene un rango de voltaje de1.03V, en cuanto a la corriente se observó que presenta un comportamiento similar a las síntesis anteriores con la diferencia de tener picos de corriente en valores de28.22mAy16.59mA.

Es de agregar que el voltaje se comportó de manera estable en todos los experimentos y para todos los ciclos.

Tratamiento II

En el tratamiento II se realizaron tres series de experimentos, los cuales son las siguientes:

Serie 1: muestras 13 a 16.

Serie 2: muestras 17 a 20.

Serie 3: muestras 21 a 24.

En las muestras 13, 14, 15 y 16 (Fig. 10) y sus respectivas réplicas muestras 13*, 14*, 15* y 16*, el voltaje se comportó de manera estable en todos los experimentos y para todos los ciclos, en cuanto a la corriente se observó que presenta un comportamiento similar a las síntesis anteriores con la diferencia de tener en el último ciclo una corriente estable con diferencia de1mApara todas las muestras.

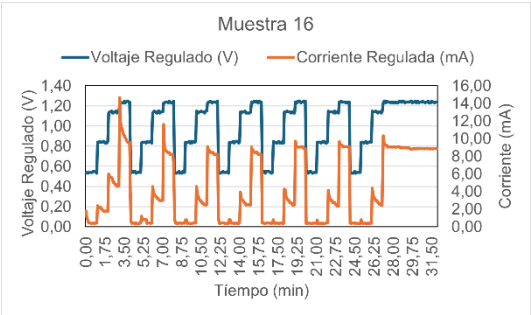

Fig. 10. *Muestra 16, con ocho ciclos, para cuatro niveles de voltaje.*

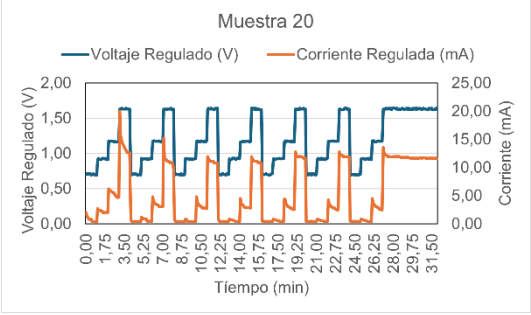

Fig. 11. *Muestra 20, con ocho ciclos, para cuatro niveles de voltaje.*

En la muestra 17, 18, 19 y 20 (Fig. 11) y sus respectivas réplicas muestra 17*, 18*, 19* y 20*, la corriente se observó que presenta un comportamiento similar a las síntesis anteriores con la diferencia de tener en el último ciclo una corriente estable con diferencia de1.95mApara todas las muestras. Este mismo comportamiento se presenta en la muestra 21, 22, 23 y 24 (Fig. 12) y sus respectivas réplicas muestra 21*, 22*, 23* y 24*, con la diferencia de tener en el último ciclo una corriente estable con diferencia de2.83mApara todas las muestras.

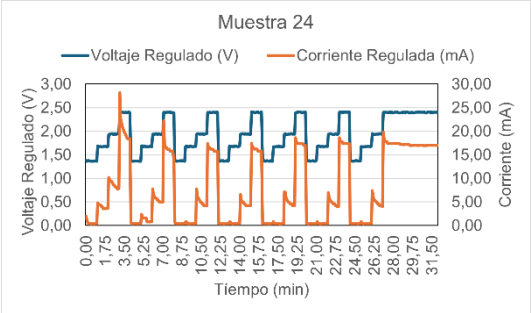

Fig. 12. *Muestra 24, con ocho ciclos, para cuatro niveles de voltaje.*

Cada una de las muestras, fue pesada antes y después de la electrodeposición y sus valores fueron registrados en la siguiente tabla:

Muestra	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Ganancia (g)
1	1,18258	1,18302	0,00044
1*	0,77618	0,77664	0,00046
2	0,86377	0,86492	0,00115
2*	0,97453	0,97557	0,00104
3	1,05432	1,05582	0,00150
3*	0,82215	0,82364	0,00149
4	0,94108	0,94358	0,00250
4*	1,12044	1,12302	0,00258
5	0,88763	0,88908	0,00145
5*	0,99231	0,99368	0,00137
6	0,79546	0,79748	0,00202
6*	1,08322	1,08522	0,00200
7	0,91457	0,91692	0,00235
7*	0,85690	0,85911	0,00221
8	1,15438	1,15788	0,00350
8*	0,83312	0,83657	0,00345
9	0,96745	0,96795	0,00050
9*	1,01239	1,01292	0,00053
10	0,78923	0,79063	0,00140
10*	0,87456	0,87594	0,00138
11	1,10231	1,10411	0,00180
11*	0,93412	0,93591	0,00179
12	0,84102	0,84416	0,00314
12*	0,98564	0,98887	0,00323
13	1,06744	1,06925	0,00181
13*	0,81235	0,81414	0,00179
14	0,89945	0,90197	0,00252
14*	1,14238	1,14492	0,00254
15	0,77894	0,78182	0,00288
15*	0,95671	0,95964	0,00293
16	1,03452	1,03902	0,00450
16*	0,86542	0,86995	0,00453
17	0,92218	0,92295	0,00077
17*	1,09874	1,09954	0,00080
18	0,80321	0,80534	0,00213
18*	0,88124	0,88324	0,00200
19	1,17125	1,17400	0,00275
19*	0,94563	0,94834	0,00271
20	1,02347	1,02812	0,00465
20*	0,85231	0,85702	0,00471
21	0,79122	0,79405	0,00283
21*	1,13456	1,13715	0,00259
22	0,90874	0,91253	0,00379
22*	0,97654	0,98023	0,00369
23	1,04562	1,05003	0,00441
23*	0,82945	0,83388	0,00443
24	0,89321	0,89958	0,00637
24*	1,11235	1,11892	0,00657

El análisis de los datos nos permitió determinar la ganancia de masa y luego analizando los tratamientos de manera individual por ciclos graficar un comparativo de crecimiento del tratamiento I contra el tratamiento II (Fig. 13) de esta manera encontramos que no hay una diferencia significativa entre los tratamientos y que el ciclo adicional en el tratamiento II agrega masa de manera regular a los electrodos.

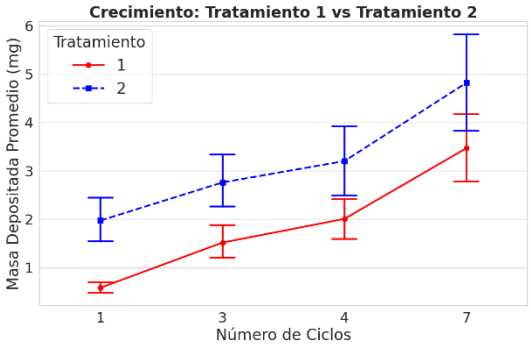

Fig. 13. *Comparativo de masa depositada promedio para cada tratamiento.*

CONCLUSIONES

El protocolo de síntesis de los recubrimientos para electrodos, vía síntesis de electrodeposición, es controlable para el voltaje y el número de ciclos.

Estos resultados sugieren que la electrodeposición es una técnica prometedora para la fabricación de electrodos o dispositivos electrónicos basados en sulfuro de níquel.

La síntesis de electrodeposición para síntesis de múltiples ciclos estable un decaimiento de la corriente con el tiempo, lo que indica que el sistema está entrando en un estado pasivo en el cual disminuye la razón de electrodeposición.

REFERENCIAS

[1] K. Richardson et al., "Earth beyond six of nine planetary boundaries", *Science Advances*, vol. 9, núm. 37, sep. 2023, doi:10.1126/sciadv.adh2458.

[2] B. Sakschewski et al., Planetary Health Check 2025 A Scientific Assessment of the State of the Planet. 2025. doi:10.48485/pik.2025.017.

[3] A. O. Oni, K. Anaya, T. Giwa, G. Di Lullo, y A. Kumar, "Comparative assessment of blue hydrogen from steam methane reforming, autothermal reforming, and natural gas decomposition technologies for natural gas-producing regions", *Energy Convers. Manag.*, vol. 254, p. 115245, 2022, doi:10.1016/j.enconman.2022.115245.

[4] N. M Santhosh, S. Gupta, V. Shvalya, M. Košiček, J. Zavašnik, y U. Cvelbar, "Advancing Oxygen Evolution Catalysis with Dual-Phase Nickel Sulfide Nanostructures", *Energy & Fuels*, vol. 39, núm. 2, pp. 1375–1383, ene. 2025, doi:10.1021/acs.energyfuels.4c05182.

[5] Y. Chen et al., "Nickel sulfide-based electrocatalysts for overall water splitting", *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 48, núm. 72, pp. 27992–28017, ago. 2023, doi:10.1016/j.ijhydene.2023.04.023.

[6] R.-C. Li et al., "One-step controlled electrodeposition nickel sulfides heterointerfaces favoring the desorption of hydroxyl groups for efficient hydrogen generation", *Rare Metals*, vol. 43, núm. 9, pp. 4377–4386, 2024, doi:10.1007/s12598-024-02806-6.

[7] Z. Wan et al., "Interface engineering of NiS/NiCo2S4 heterostructure with charge redistribution for boosting overall water splitting", *J. Colloid Interface Sci.*, vol. 653, pp. 795–806, 2024, doi:10.1016/j.jcis.2023.09.117.

[8] S. Haghverdi Khamene, N. van Dalen, M. Creatore, y M. N. Tsampas, "Structural and Electrochemical Evolution of Nickel Sulfides During Alkaline Hydrogen Evolution Reaction", ChemSusChem, dic. 2025, doi:10.1002/cssc.202501880.

[9] C. Lyu et al., "Electrodeposition and Optimisation of Amorphous Ni x S y Catalyst for Hydrogen Evolution Reaction in Alkaline Environment", *Chemistry – A European Journal*, vol. 30, núm. 66, nov. 2024, doi:10.1002/chem.202403030.

[10] P. Wang et al., "Interface Engineering of NixSy@MnOxHy Nanorods to Efficiently Enhance Overall-Water-Splitting Activity and Stability", *Nano-Micro Letters*, vol. 14, núm. 1, p. 120, dic. 2022, doi:10.1007/s40820-022-00860-2.

[11] W. Tan y H. He, "One-step electrodeposition of W, Mo-Ni 3 S 2 /NF catalyst: an efficient hydrogen evolution electrode for alkaline media", *RSC Advances*, vol. 15, núm. 47, pp. 39355–39367, 2025, doi:10.1039/D5RA07318A.

[12] R. Li, P. Kuang, S. Wageh, A. A. Al-Ghamdi, H. Tang, y J. Yu, "Potential-dependent reconstruction of Ni-based cuboid arrays for highly efficient hydrogen evolution coupled with electro-oxidation of organic compound", *Chemical Engineering Journal*, vol. 453, p. 139797, 2023, doi:10.1016/j.cej.2022.139797.

[13] I. A. Poimenidis, M. Lykaki, N. Papakosta, P. A. Loukakos, N. Kallithrakas Kontos, y M. Konsolakis, "One-step electrodeposition of NiS heterostructures on nickel foam electrodes for hydrogen evolution reaction: On the impact of thiourea content", *Results Chem.*, vol. 6, p. 101216, 2023, doi10.1016/j.rechem.2023.101216.

[14] D. Montgomery y C. St, Design and Analysis of Experiments, 9th Edition. 2022.

[15] D. McKenzie, "Designing and analysing powerful experiments: practical tips for applied researchers", *Fiscal Studies*, vol. 46, núm. 3, pp. 305–322, sep. 2025, doi:10.1111/1475-5890.70003.

[16] C. Miao et al., "Facile Electrodeposition of Amorphous Nickel/Nickel Sulfide Composite Films for High-Efficiency Hydrogen Evolution Reaction", *ACS Appl. Energy Mater.*, vol. 4, núm. 1, pp. 927–933, ene. 2021, doi:10.1021/acsaem.0c02863.

[17] B. Qiao et al., "NixSy/NF composites assembled by sulfidation of nickel foam (NF) for highly effective capture of iodine", *Chemical Engineering Journal*, vol. 479, p. 147864, 2024, doi:10.1016/j.cej.2023.147864.

[18] S. Esmailzadeh, T. Shahrabi, Gh. Barati Darband, y Y. Yaghoubinezhad, "Pulse electrodeposition of nickel selenide nanostructure as a binder-free and high-efficient catalyst for both electrocatalytic hydrogen and oxygen evolution reactions in alkaline solution", *Electrochim. Acta*, vol. 334, p. 135549, 2020, doi:10.1016/j.electacta.2019.135549.

[19] B. Zhong, S. Wan, P. Kuang, B. Cheng, L. Yu, y J. Yu, "Crystalline/amorphous Ni/NixSy supported on hierarchical porous nickel foam for high-current-density hydrogen evolution", *Appl. Catal. B*, vol. 340, p. 123195, ene. 2024, doi:10.1016/j.apcatb.2023.123195.

[20] P. Kotei, N. Boadi, S. Saah, y M. Mensah, "Synthesis of Nickel Sulfide Thin Films and Nanocrystals from the Nickel Ethyl Xanthate Complex", *Advances in Materials Science and Engineering*, vol. 2022, pp. 1–10, jul. 2022 doi:10.1155/2022/6587934.

[21] Y.-K. Hsu, A. Mondal, Y.-Z. Su, Z. Sofer, K. Shanmugam Anuratha, y J.-Y. Lin, "Highly hydrophilic electrodeposited NiS/Ni3S2 interlaced nanosheets with surface-enriched Ni3+ sites as binder-free flexible cathodes for high-rate hybrid supercapacitors", *Appl. Surf. Sci.*, vol. 579, p. 151923, 2022, doi:10.1016/j.apsusc.2021.151923.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Antioquia, al grupo de Investigación TESLA y a la Profesora Claudia Patricia Parra Medina por todos los aportes.

FINANCIACIÓN

Ninguna

CONFLICTOS DE INTERÉS

No existen

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Redacción - borrador original: Esteban Quintero Moreno, Héctor Darío Sánchez Londoño, Edwin García Quintero.

Redacción - revisión y edición: Esteban Quintero Moreno, Héctor Darío Sánchez Londoño, Edwin García Quintero.