



Facultad de Química

Proyecto DGAPA-UNAM-PAPIME PE201324 Alumno: Meneses Sánchez José Gustavo

QUÍMICA ANALÍTICA SUSTENTABLE Y ESPECTROFOTOMETRÍA UV-VISIBLE



Universidad Nacional Autónoma de México

Proyecto de Estancia Estudiantil, semestre

2026-1

Departamento de Química Analítica

OBJETIVOS

- 1) Investigación Formativa a través de una Investigación Documental Especializada en las diversas especies de la macroalga parda del género *Sargassum* para:
- 2) Consultar la literatura reportada sobre análisis cualitativos y cuantitativos de interés farmacológico y farmacéutico utilizando espectrofotometría UV-Visible.
- 3) Identificar y analizar los criterios metrológicos empleados.
- 4) Identificar y evaluar la aplicación de los Principios de Química verde en las metodologías analíticas.
- 5) Procesar y Analizar la información que permitan evaluar fortalezas, debilidades y vacíos en la literatura existente.
- 6) Homologar los hallazgos con normatividad nacional e internacional vigente, identificando posibles oportunidades de mejora respecto a métodos normativos actualmente establecidos para el análisis del recientemente clasificado como recurso pesquero en México.
- 7) Diseñar una propuesta experimental sustentable para el análisis de un analito de interés farmacológico en el sargazo, que integre el uso de espectrofotometría UV-Visible, los criterios metrológicos identificados y los principios de química verde.
- 8) Elaboración de Infografía y presentación de seminario, con base en el análisis y procesamiento de la información de la investigación.
- 9) Difusión de los materiales resultantes en formato digital que se visualizará en la plataforma institucional AMyD de la Facultad de Química: <https://amyd.quimica.unam.mx/course/view.php?id=459§ion=2>.

HIPÓTESIS

El proceso de Investigación Documental Especializada permitirá confirmar y evaluar la aplicación de principios de química verde y criterios metrológicos robustos, en estudios donde se haya llevado a cabo análisis cuantitativos o cualitativos de analitos de interés farmacológico o farmacéutico en extractos de sargazo, y donde se haya utilizado la espectrofotometría UV-visible como técnica principal. Esta evaluación permitirá tanto la comparación de los hallazgos con el estatus regulatorio nacional e internacional actual para análisis de sargazo, como también la optimización preliminar de una metodología para el análisis de un analito en extracto de sargazo.

METODOLOGÍA (INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL ESPECIALIZADA)

La investigación comenzó con una revisión preliminar de fuentes recientes y confiables sobre Química Verde, criterios metrológicos relevantes en química analítica y distribución del sargazo (género *Sargassum*). Esta información se integró en un documento base disponible en: <https://drive.google.com/drive/folders/1j0Y9dMOUFs62RPXcjXXZVxXVsrxEBqTY?usp=sharing>.

Posteriormente se realizó la investigación documental formal, enfocada en estudios (2020-2025, inglés o español) que emplearan espectrofotometría UV-Vis para analizar extractos de sargazo con interés farmacéutico o farmacológico. La búsqueda se efectuó principalmente en la Biblioteca Digital de la UNAM, seleccionando únicamente artículos arbitrados y literatura científica especializada. Se aplicaron filtros avanzados como "Proximity" y "Find all my search terms", utilizando las combinaciones "sargassum" AND "uv-vis" y "sargazo" AND "uv-vis", recopilaron 179 artículos, cada uno de los cuales fue analizado individualmente con base en los objetivos del proyecto. Se extrajo, sintetizó y clasificó la información para construir una base de datos estructurada, disponible en el mismo repositorio mencionado. A partir de este análisis se elaboró una propuesta preliminar de optimización metodológica y se desarrollaron materiales de difusión: una presentación para Seminario e infografía del proyecto, alojados en la plataforma académica: <https://amyd.quimica.unam.mx/course/view.php?id=459&ion=2>

AGRADECIMIENTOS

- Proyecto DGAPA-UNAM-PAPIME PE201324
- Departamento de Química Analítica Facultad de Química
- Dr. José Luz González Chávez, Jefe del Departamento de Química
- Dra. Domínguez Ramírez Lila Lubianka, Coordinadora de la carrera de Química Farmacéutico Biológica
- Bárbara Alejandra Lerate Rosales, Secretaria de Apoyo de la Coordinación QFBs
- Dra. Mabel Clara Fragoso Serrano, Miembro del CAEE.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- El-Gendy, N. Sh., Hosny, M., Ismail, A. R., Radwan, A. A., Ali, B. A., Ali, H. R., El-Salamony, R. A., Abdelsalam, K. M., & Mubarak, M. (2024). A study on the potential of valorizing *Sargassum latifolium* into biofuels and sustainable value-added products. International Journal of Biomaterials, 2024, Article ID 5184399. <https://doi.org/10.1155/2024/5184399>.
- Davis, D., Simister, R., Campbell, S., Marston, M., Bose, S., McQueen-Mason, S.J., Gomez, L.D., Gallimore, W.A., Tonon, T., Biomass composition of the golden tide pelagic seaweeds *Sargassum fluitans* and *S. natans* (morphotypes I and VIII) to inform valorisation pathways. Science of the Total Environment 762 (2021) 143134.
- Hasan, I. M. A., Tawfiq, A. R., & Assaf, F. H. (2023). A novel *Sargassum siliquastrum*-stabilized MnS nanospheres for malachite green adsorption from aqueous solutions. Separation Science and Technology, 58(5), 893-915. <https://doi.org/10.1080/01496395.2023.2174139>.
- López-Miranda, J. L., Mares-Brienes, F., Molina, G. A., González-Reyna, M. A., Velázquez-Hernández, I., España-Sánchez, B. L., Silva, R., Esparrza, R., & Estévez, M. (2023). *Sargassum natans* | Algae: An Alternative for a Greener Approach for the Synthesis of ZnO Nanostructures with Biological and Environmental Applications. Marine Drugs, 21(5), 297.
- Rodríguez Salazar, M. T. de J., Santos Trejo, C., Silva Mata, D. E., Viteles Escudero, F. I., Sustaya Azuara, M. A., Vera Jiménez, M. I., Rodríguez Pacheco, O. U., & Salcedo Mendoza, R. (2025). Cuaderno de propuestas experimentales para prácticas, con aplicación a la matriz macroalgas. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, Departamento de Química Analítica.
- Rodríguez Salazar, M. T. J., González Chávez, J. L., Gutiérrez Sánchez, C., Skladal Méndez, M., Morales Velázquez, A. J., Mendoza Solís, E. E., Ibarrá Contreras, R., & López Santiago, N. R. (2025). *Sargassum* spp. (Phylum: Ochrophyceae, Class: Phaeophyceae): Elemental analysis and spatial distribution approximation (Review). Cymbella, 11(0), 63-87. El-Gendy, N. Sh., Hosny, M., Ismail, A. R., Radwan, A. A., Ali, B. A., Ali, H. R., El-Salamony, R. A., Abdelsalam, K. M., & Mubarak, M. (2024). A study on the potential of valorizing *Sargassum latifolium* into biofuels and sustainable value-added products. International Journal of Biomaterials, 2024, Article ID 5184399. <https://doi.org/10.1155/2024/5184399>.
- Mohibullah, M., Haque, M. N., Sohag, A. A. M., Hossain, M. T., Zahari, M. S., Uddin, M. J., Hannan, M. A., Moon, I. S., & Choi, J.-S. (2022). A systematic review on marine algae-derived fucoxanthin: An update of pharmacological insights. Marine Drugs, 20(6), 279. <https://doi.org/10.3390/md20060279>.
- Hasan, I. M. A., Tawfiq, A. R., & Assaf, F. H. (2023). A novel *Sargassum siliquastrum*-stabilized MnS nanospheres for malachite green adsorption from aqueous solutions. Separation Science and Technology, 58(5), 893-915. <https://doi.org/10.1080/01496395.2023.2174139>.
- Yuan, D., Huang, Q., Li, C., & Fu, X. (2022). A polysaccharide from *Sargassum pallidum* reduces obesity in high-fat diet-induced obese mice by modulating glycolipid metabolism. Food & Function, 13(14), 7181-7191. <https://doi.org/10.1039/d2fo00890d>.
- Kingslin, A., Vanitha, A., Sathya Sheela, D., & Kalimuthu, K. (2023). Algae-mediated green fabrication of silver nanoparticles *Sargassum prasinum* V.Thauhan and its biological application potential. Analele Universității din Oradea, Fascicula Biologie, 30(1), 28-38.
- Yudiat, E., Azhar, N., Achmad, M. J., Sunaryo, S., Susanto, A., Yulianto, R. O., Alansari, W. S., & Shanlan, G. (2025). Alginate poly and oligosaccharide (AOS) from *Sargassum sp.* as immunostimulant in gnathobitic artemia challenge tests and antibacterial diffusion disc assay against pathogenic *Vibrio parahaemolyticus*, *V. vulnificus* and *V. harveyi*. Main Group Chemistry, 24(0), 137-148. <https://doi.org/10.3238/MGC-210116>.
- Ye, S., Xie, C., Agar, O. T., Barrow, C. J., Dunne, F. R., & Sulteris, H. A. R. (2024). Alginites from Brown Seaweeds as a Promising Natural Source: A Review of Its Properties and Health Benefits. Food Reviews International, 40(9), 2642-2710. <https://doi.org/10.1080/07559129.2023.2279583>.
- Melyon, S., Reig Rodrigo, P., Sérand, M., Breille, L., Sylvestre, M., Gaspard, S., Valencia, D. P., & Cebrán-Torrejón, G. (2024). Investigating the Inhibitory Effect of *Sargassum natans* and *Sargassum fluitans* Extracts on Iron Corrosion in 1.0 mol L⁻¹ HCl Solution. Coatings, 14(10), 1316. <https://doi.org/10.3390/coatings14101316>.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de más de 160 artículos permitió caracterizar el estado actual del conocimiento sobre extractos de sargazo con interés farmacológico y farmacéutico. Aunque existen avances relevantes, persisten brechas metodológicas, analíticas y regulatorias.

Aplicaciones experimentales

El uso más frecuente de extractos de sargazo es la síntesis verde de nanopartículas metálicas (Ag, Au, ZnO, CuO), aprovechando la capacidad reductora de polifenoles, flavonoides, fucoxantinas y polisacáridos como alternativas a reactivos tóxicos.

Química Verde

Se aplica parcialmente. Hay aprovechamiento de materia prima renovable y procesos más seguros, pero casi no se utilizan métricas cuantitativas de sostenibilidad (Factor E, Economía Atómica, Intensidad de Masa). Solo un estudio evaluó el desempeño verde con herramientas formales.

Riesgos y calidad

El sargazo combina compuestos bioactivos valiosos con niveles relevantes de arsénico, cadmio y plomo, lo que exige estandarización estricta y controles de calidad robustos para aplicaciones farmacéuticas o alimentarias.

Resumiendo:

El campo presenta alto potencial, pero requiere fortalecer metodologías analíticas, prácticas de sostenibilidad y marcos regulatorios para lograr una valorización segura, sostenible y científicamente sólida del sargazo.

CONCLUSIONES

La Investigación Documental Especializada permitió la confirmación y la evaluación de los aspectos de interés mencionados en los objetivos, obteniéndose como conclusión que: la espectrofotometría UV-Vis es la técnica más empleada para confirmar y caracterizar nanopartículas, realizar ensayos colorimétricos y cuantificar metabolitos en extractos de sargazo. Sin embargo, el uso de aplicaciones avanzadas (derivadas, quimiometría) sigue siendo limitado, lo que reduce la optimización analítica en matrices complejas. La literatura presenta debilidades metrológicas importantes: falta de validación formal, ausencia de incertidumbre de medición y trazabilidad deficiente. Aunque se aplican principios de Química Verde, casi no se utilizan métricas cuantitativas como Factor E, PMI o Economía Atómica, dificultando evaluar la sostenibilidad. En el ámbito regulatorio, el panorama es aún transitorio. El principal desafío para aplicaciones farmacéuticas es la elevada biosorción de metales, especialmente arsénico, que supera límites internacionales. No existen NOMs específicas para extractos de sargazo, por lo que se requiere regulación técnica. Un referente útil es la Farmacopea China, que demuestra la viabilidad de estandarizar polisacáridos mediante UV-Vis. Esta información permitió posteriormente la elaboración de los entregables correspondientes para el cumplimiento de los objetivos particulares. El protocolo titulado "Cuantificación de polifenoles totales (PFT) en macroalgas mediante espectrofotometría UV-Vis ($\lambda=280$ nm) con estándar externo de ácido gálico", que pertenece al conjunto de métodos analíticos descritos en el documento "CUADERNILLO DE PROPUESTAS EXPERIMENTALES PARA PRÁCTICAS, CON APLICACIÓN A LA MATRIZ MACROALGAS", de Rodríguez Salazar et al. (2025), se utilizó como referencia para la propuesta de mejoras encaminadas al robustecimiento en la inclusión de criterios metrológicos, junto con el cálculo de métricas de Química Verde para evaluar de manera cuantitativa la sustentabilidad del proceso experimental.

Uso de espectrofotometría UV-Vis

La técnica es dominante para confirmar nanopartículas (bandas de Plasmón Superficial) y cuantificar metabolitos clave. Sin embargo, su aplicación sigue siendo básica: no se emplean análisis multicomponente ni modalidades avanzadas, lo que limita la capacidad analítica. Además, existe una deficiente cultura metrológica: no se reportan incertidumbres, validaciones completas, verificaciones instrumentales ni estándares trazables.

Marco regulatorio

Las normativas actuales muestran avances ambientales, pero carecen de articulación sistemática para el uso del sargazo en productos de alto valor. Este vacío es crítico ante el crecimiento del Gran Cinturón de Sargazo del Atlántico, que supera los 20 millones de toneladas y genera impactos ecológicos y socioeconómicos graves.