

**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Facultad de Química**

Departamento de Química Analítica  
Laboratorio 3-A, edificio A



Programa de Estancias Cortas de Investigación 2025-2

**Investigación Formativa en Química Analítica Ambiental**

# **MACROALGAS**

Análisis y Aplicación

Alumnos: Est. QFB. Silva-Mata Danna E. y Pas. QI. Vitela-Escudero, Francisco I.

Tutora: Dra. Ma. Teresa de Jesús Rodríguez Salazar

**31 DE AGOSTO 2025**

# CONTENIDOS

**1. Introducción**

**2. Objetivo**

**3. Metodología**

**4. Resultados**

**5. Análisis de resultados**

**6. Conclusiones**

**7. Agradecimientos**

**8. Bibliografía**

# Macroalgas

Las macroalgas marinas son organismos autótrofos multicelulares y macroscópicos que, de acuerdo con sus características morfológicas y pigmentarias, se agrupan en tres divisiones taxonómicas: Chlorophyta (algas verdes), Rhodophyta (algas rojas) y Phaeophyta (algas pardas) (Choudhary et al., 2021). Dentro de este último grupo, el género *Sargassum*, particularmente *Sargassum fluitans III*, ha despertado gran interés debido a sus propiedades químico-biológicas, destacando la presencia de metabolitos secundarios con actividad antioxidante.(Poonam Choudhary et al ,2021).

# Macroalgas

En el marco de la química ambiental y analítica, este estudio busca optimizar técnicas espectrofotométricas basadas en el método UV-Vis, aplicadas a extractos obtenidos de biomasa de *Sargassum* recolectada en el Caribe mexicano. La finalidad es cuantificar y caracterizar compuestos bioactivos, lo que no solo aporta al conocimiento de su potencial farmacológico, sino también a la valorización de un residuo marino considerado problemático.

# Interés de estudio



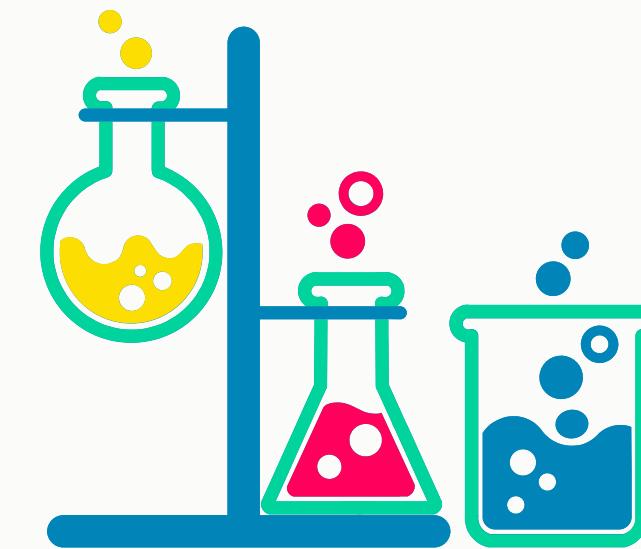
## Biorremediación

Uso de plantas o microorganismos y/o sus enzimas novedosas para eliminar, neutralizar o degradar sustancias tóxicas bajo condiciones establecidas y controladas



## Economía circular

Propone aprovechar los residuos como recursos, diseñar sin desperdicios, mantener materiales en uso y regenerar la naturaleza. En este marco, el alga *Sargassum sp.* se reutiliza como recurso para diversas aplicaciones, como la biorremediación. ( Santos et al., 2018 ).



## Química verde

La química verde es un campo interdisciplinario que se centra en minimizar las sustancias peligrosas y promover alternativas sostenibles en los procesos químicos a los procesos y productos químicos convencionales (Kurul, Doruk, & Topkaya, 2025)

# Méjico

Distribución: Pelágico.Océano Atlántico

## Gran Cinturón de Sargazos del Atlántico

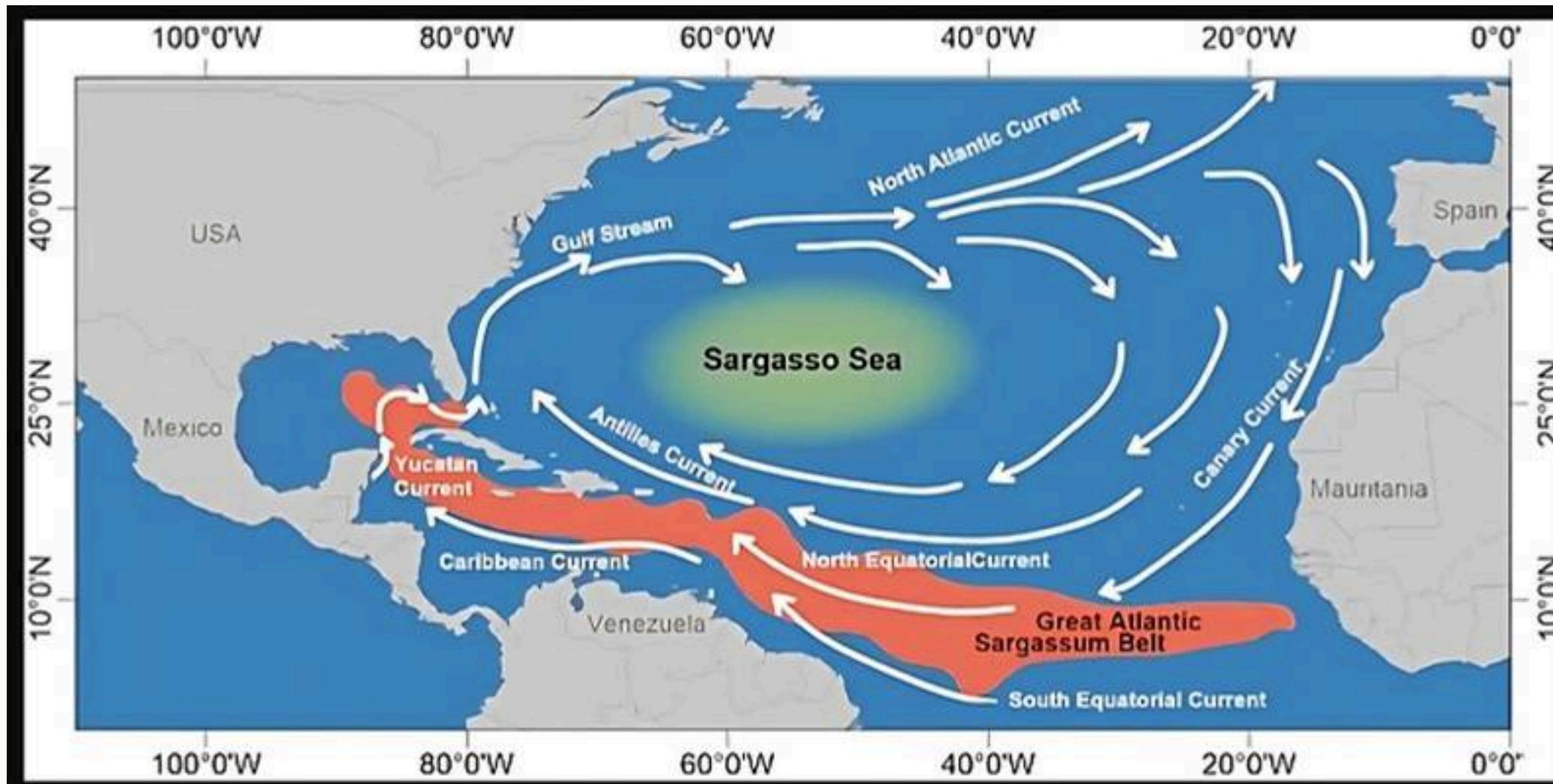


Figura 1. Mapa Océano Atlántico. Gran Cinturón de Sargazos del Atlántico

Youngzine. (2023, 21 de mayo). ¿Qué es el Gran Cinturón de Sargazo del Atlántico? Imagen ilustrativa [Imagen]. Youngzine. Recuperado de [INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DEL GOLFO Y MAR CARIBE Seguimiento del sargazo para el Atlántico y Mar Caribe BOLETÍN I.O.G.M.C. NÚM. 1128/13 de julio 2025](#)



Figura 2. Arribo masivo de sargazo en una playa del Caribe mexicano. Fuente: Universidad Veracruzana, Ciencia UV (2025). Recuperado de [EL SARGAZO EN LAS COSTAS MEXICANAS](#)

# México



## Boletín seguimiento y prognóstico de *Sargassum* en el Mar de Caribe

Elaborado por el Instituto Oceanográfico  
del Golfo y Mar Caribe (IOGMC) para  
informar al Mando Naval y apoyar la toma  
de decisiones ante posibles impactos del  
fenómeno en las costas mexicanas.

09 de julio de 2025



Semáforo: alto  
**Nivel de alertamiento para la  
Zona Económica Exclusiva  
(ZEE)**

Basado en el **comportamiento de  
corrientes y vientos, análisis histórico**  
y **fotografías diarias** por la ZOFEMAT  
(Zona Federal Marítimo Terrestre)



**Operación Sargazo 2025**  
**Más de 164 toneladas  
recolectadas**

Modelo de triple hélice:  
gobierno, iniciativa privada y  
sociedad civil; junto con el  
sector hotelero.

# **Sargassum fluitans**

Borgesen, 1914

Hierba del golfo de dientes anchos

**Dominio** Eukaryota (eucaryotes)

**Clase** Phaeophyceae (algas pardas)

**Orden** Fucales

**Familia** Sargassaceae

**Género** Sargassum

**Especie** *Sargassum fluitans*

*Sargassum fluitans*. (n.d.). NCBI.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/datasets/taxonomy/143163/>

Børgesen, F. (1914). The marine algae of the Danish West Indies. Part 2. Phaeophyceae.  
København: Bianco Lunos Bogtrykkeri.

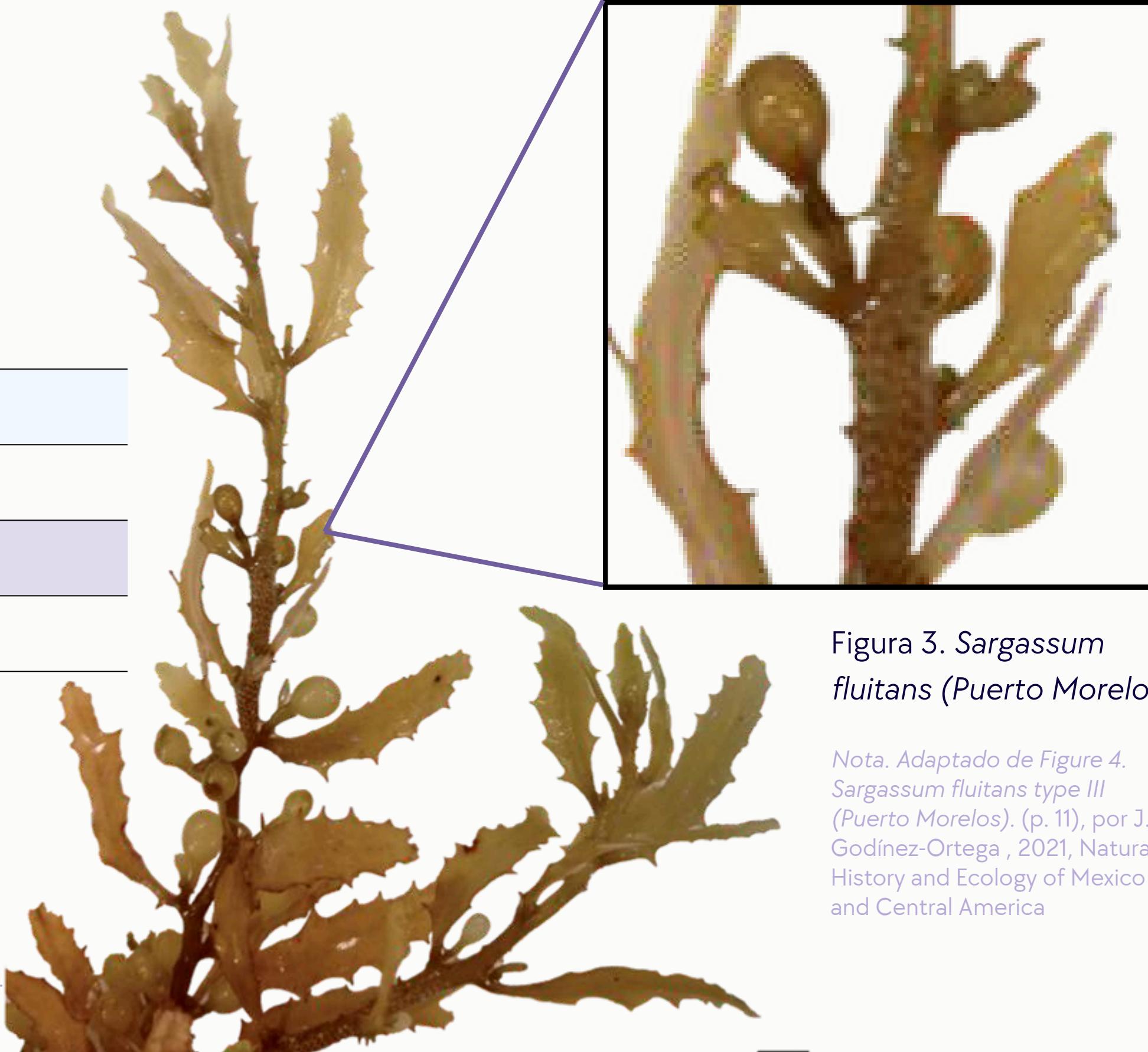


Figura 3. *Sargassum fluitans* (Puerto Morelos)

Nota. Adaptado de Figure 4. *Sargassum fluitans* type III (Puerto Morelos). (p. 11), por J. L. Godínez-Ortega , 2021, Natural History and Ecology of Mexico and Central America

# *Sargassum sp.*

Contenido en peso seco



# Interés de estudio

## Polifenoles

- Son metabolitos secundarios que incluyen moléculas polifenólicas como ácidos fenólicos, flavonoides, isoflavonoides, estilbenos, lignanos o polímeros fenólicos (Galasso et al., 2019).
- Dichos compuestos presentan varias bioactividades de interés, como la **eliminación de radicales, la antiinflamatoria, la antialérgica, la antitumoral, la antienvejecimiento, la antimicrobiana y la antiviral** (Levasseur et al., 2020; Galasso et al., 2019), así como antimicóticas y antioxidantes. (José H Isaza, et al, 2005)

## Flavonoides

- Los flavonoides son compuestos fenólicos naturales presentes en frutas, verduras, raíces, corteza, té y vino.
- Destacan por sus **propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antimutagénicas y anticancerígenas**.
- Se consideran clave en productos nutracéuticos, farmacéuticos y cosméticos.
- La investigación actual se enfoca en su aislamiento, caracterización y aplicaciones en salud. (Panche et al, 2016)

# ¿Qué relación tienen entre ellos?

Un flavonoide es parte de la familia de los polifenoles lo que significa que provienen de una estructura base de un fenol el cual contiene uno o mas grupos funcionales alcohol.

Ambos contienen propiedades antiinflamatorias y son utilizados en medicamentos como en la industria alimenticia.

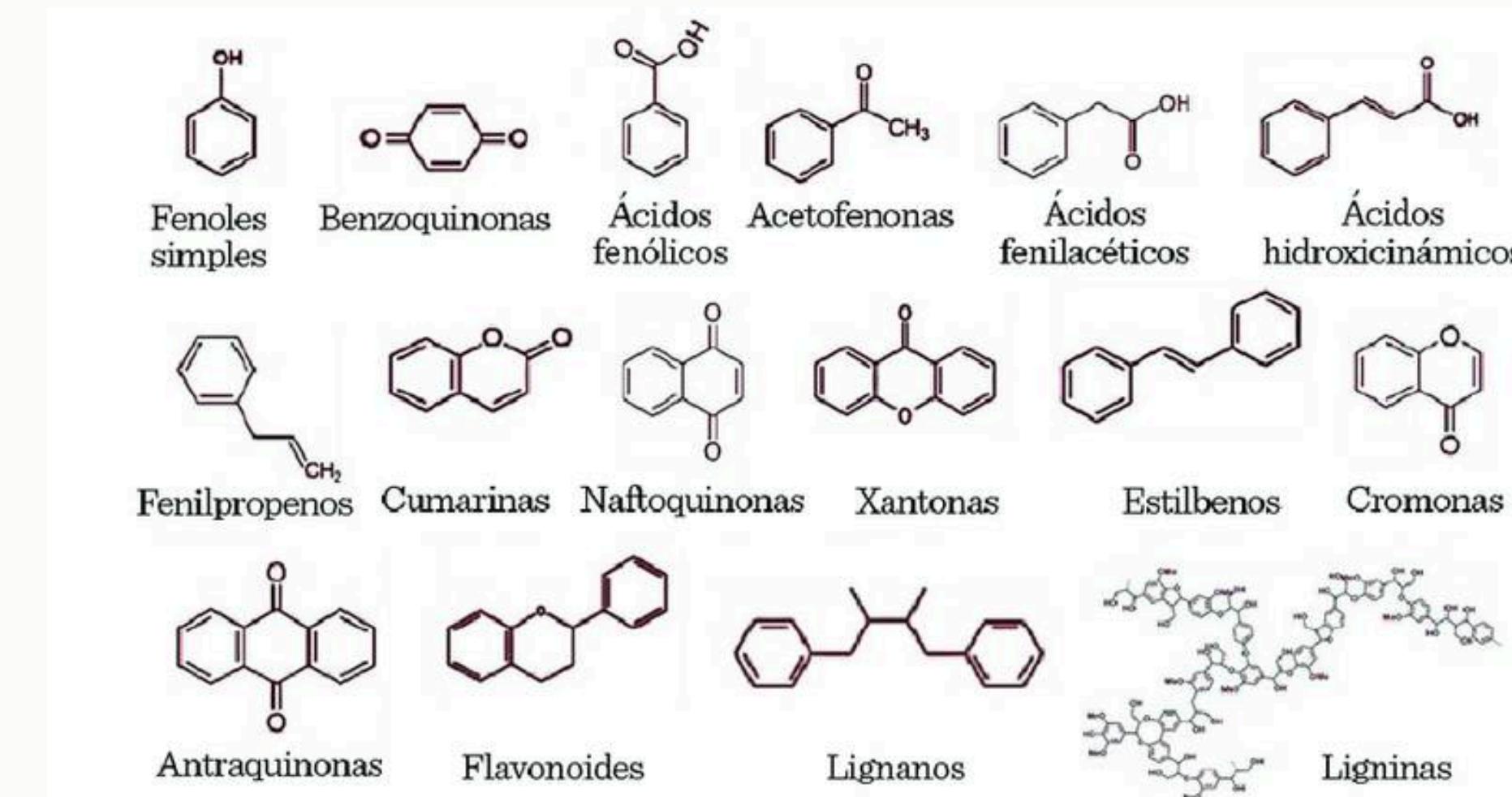
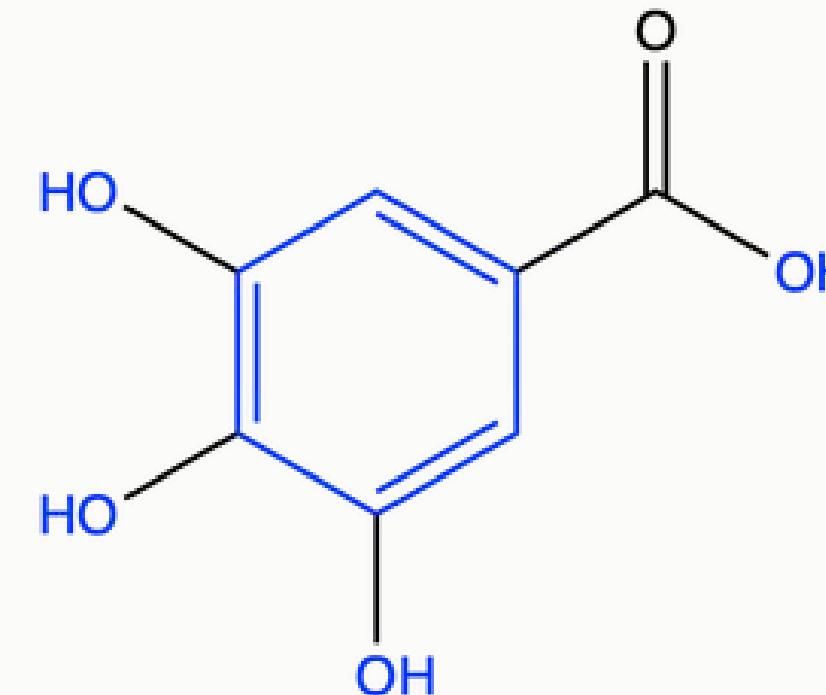


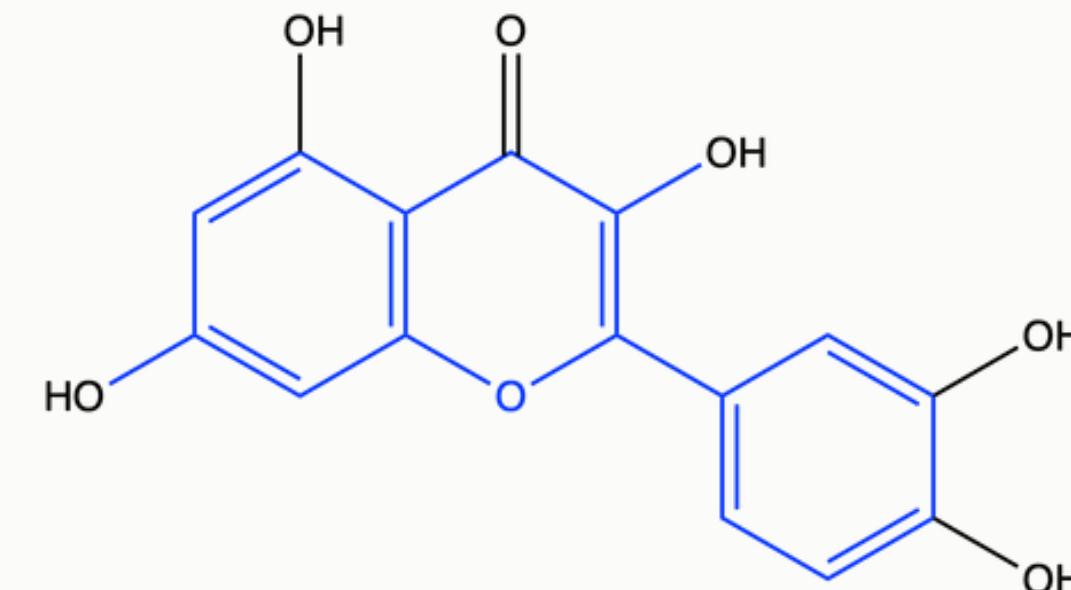
Imagen: Lizárraga Velázquez, E., Hernández, C., Aguilar, G., & Heredia, J. B. (2018). Propiedades antioxidantes e inmunoestimulantes de polifenoles en peces carnívoros de cultivo. CienciaUAT, 12(2), 127. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v12i2.904>

# Polifenoles



Ácido gálico

# Flavonoides



Quercetina

Se caracterizan por sus potentes actividades antioxidantes y se han estudiado por sus posibles efectos antiinflamatorios, antivirales, cardioprotectores y anticancerígenos.

Vicente-Vicente, L., Prieto, M., & Morales, A. I. (2013).

# Flavonoides

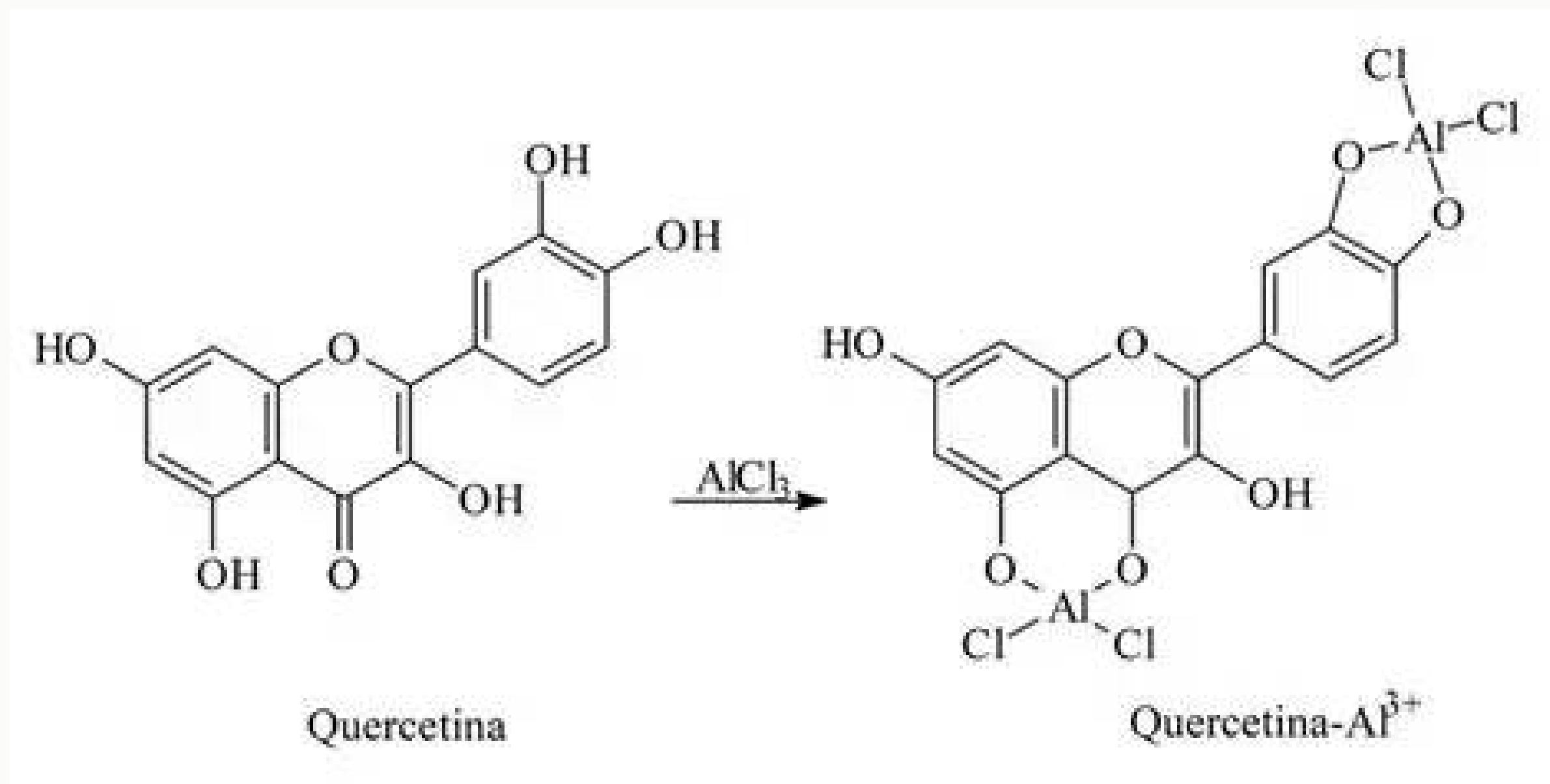


Figura 4. Reacción general para la formación de Al-QE

Silva, E. O., Araújo, E. M., Silva, A. F., & Rolim Neto, P. J. (2012). Teor de flavonoides totais em produtos contendo pata-de-vaca (*Bauhinia L.*) comercializados em farmácias de Recife/PE. Revista Brasileira de Plantas Medicinais, 14(4), 586-591.

<https://doi.org/10.1590/S1516-05722012000400008>

# Objetivos

## Generales



Investigación formativa en el tema



Propuesta experimental.  
Espectrofotometría UV-Vis,  
complejometrica

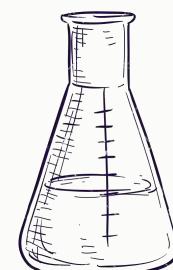


Elaboración de infografía y seminario para *Administrador de Manuales y Documentos (AMyD)*.

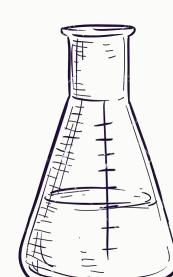
## Específicos



Cuantificación de flavonoides (TFC) y polifenoles (TPC) en *S. fluitans*



Comparar proporción de TPC y TFC en una matriz compleja.



Comparar la sensibilidad de métodos de TPC y TFC en una matriz compleja.

# Cómo evalúan la sensibilidad? evaluaron LD y LQ? consulten terminología al respecto y utilicen la correcta

Se puede evaluar el LD y el LQ siguiendo el método en donde **CL** es la concentración de analito en el límite de cuantificación o detección, **k** es un constante que es 10 para el límite de cuantificación y 3 para el límite de detección, **S<sub>bt</sub>** desviación estándar correspondiente a la señal del estándar y **b** la pendiente de la curva de calibración.

$$CL = \frac{k \times S_{bt}}{b}$$

*Ecuación 3 Determinación de límites de cuantificación y detección*

$$CL = \frac{3 \times S_{bt}}{b}$$

*Ecuación 4 Límite de detección*

$$CL = \frac{10 \times S_{bt}}{b}$$

*Ecuación 5 Límite de cuantificación*

Urbano Rojas, C. (2019). Validación del método analítico para la cuantificación de polifenoles totales en productos elaborados con té verde por método colorimétrico Folin Ciocalteu [Tesis de licenciatura, Universidad Icesi].

# Metodología experimental

## REACTIVOS

- **S. fluitans III** (Puerto Morelos , Q. Roo , UASA 24.02.2025)
- **H<sub>2</sub>O Destilada** (Facultad de Química, Laboratorio de Ingeniería Química)
- **Agua Desionizada** (H<sub>2</sub>O DI) (Marca MEYER, Grado ACS, ).
- **Cloruro de aluminio** 99% (AlCl<sub>3</sub> , Marca Meyer, Grado ACS )
- **Quercetina** >95% (Marca Sigma Aldrich, Grado HPLC)
- **Metanol** (Marca Meyer, Grado ACS)
- **Etanol Desnaturalizado** 40B (Marca J.T.Baker)
- **Acetato de potasio** (Marca Meyer, Grado ACS)

## INSTRUMENTACIÓN

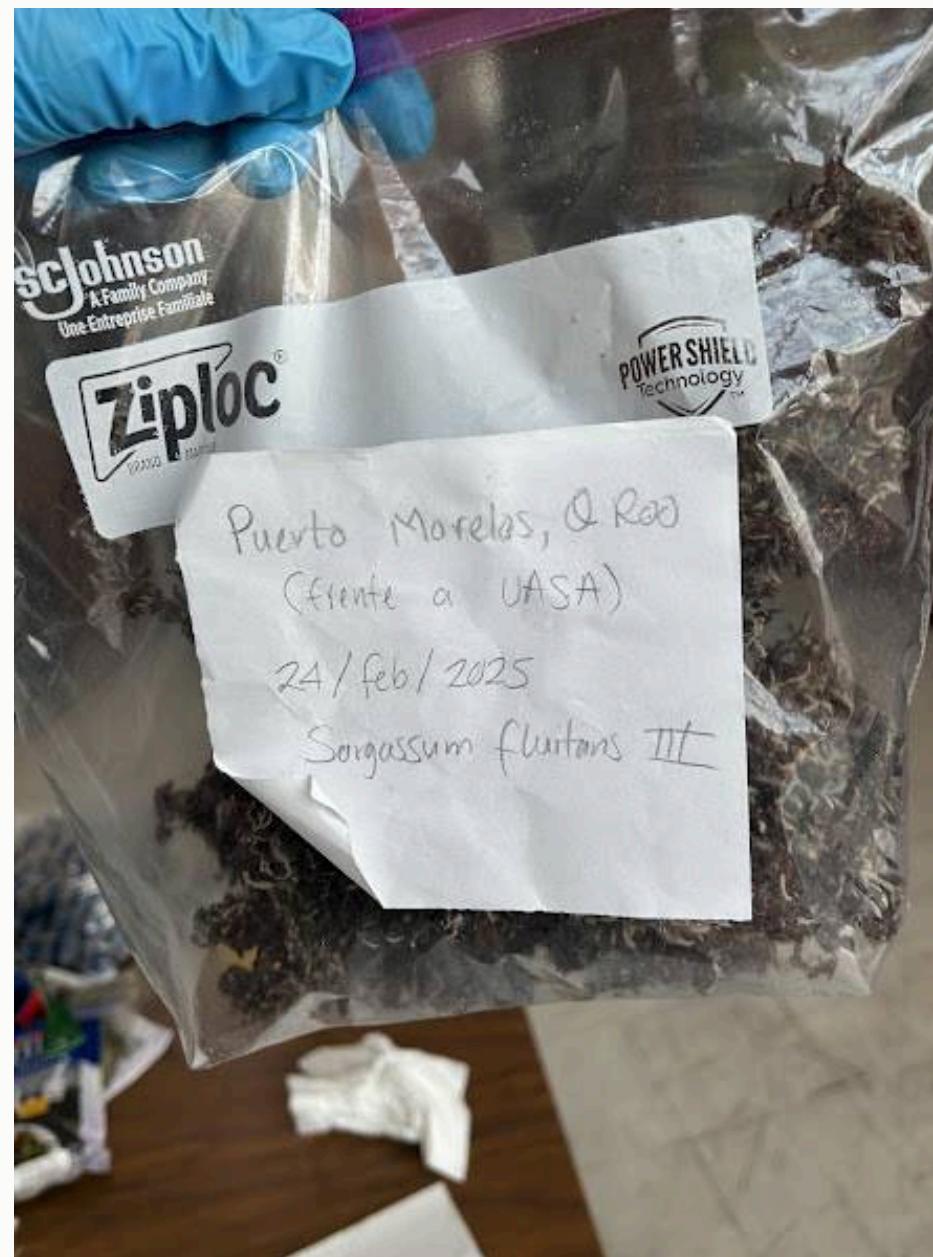
- Horno de calentamiento. Marca ECOSHES UNAM
- Molino de cafe y especias KRUPS
- Mortero y pistilo de ágata
- Tamiz No. 50 Grupo FIICSA
- Espectrofotómetro UV-Visible VELAB VE-5100UV
- Centrífuga SM0406S, Science Med
- Balanza analítica; Marca: Adventurer OHAUS.
- Baño Ultrasonido CS-UB32, C scientific
- Matraces volumétricos 10. 0 mL
- Micropipetas Science ME Vol 10-1
- Medidor multiparamétrico HI9812-51 c/ Sensor HI1285-51, HANNA
- Celdas de vidrio 10 mm
- Celdas de cuarz 10 mm

# Lavado del sargazo

Procedimiento para lavado de sargazo con agua desionizada

## Materiales:

- Agua desionizada (DI) suficiente (varios litros, según la cantidad de muestra).
- Papel filtro o tela de malla fina.
- Guantes de nitrilo (para evitar contaminación).



# Lavado del sargazo

## Pasos:

1. Retira manualmente restos de arena, conchas o basura adherida al sargazo.

### Lavado inicial

1. Colocar el sargazo en un recipiente grande.
2. Añadir agua desionizada en exceso (ejemplo: 5 veces el volumen del sargazo).
3. Agitar durante 5–10 minutos para desprender sales y partículas.
4. Decanta el agua con cuidado y/o filtra con malla fina.

### Lavados sucesivos

1. Repetir el paso anterior al menos de 3–5 veces, renovando el agua DI en cada ciclo.
2. Continúa hasta que el agua de enjuague ya no se observe turbia ni salobre (puedes comprobarlo midiendo conductividad del agua de enjuague: debe acercarse a la del agua DI).



# Lavado del sargaso

Escurrir y secado (si corresponde)

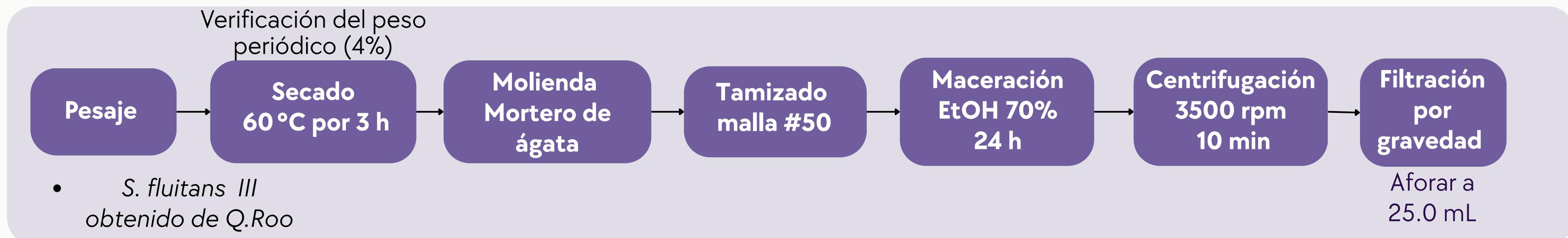
Esurre el exceso de agua.

Secado al aire libre por 3 días. Tapado en un recipiente al cual permeé el aire pero no permita el paso de sustancias, ni de la luz solar.

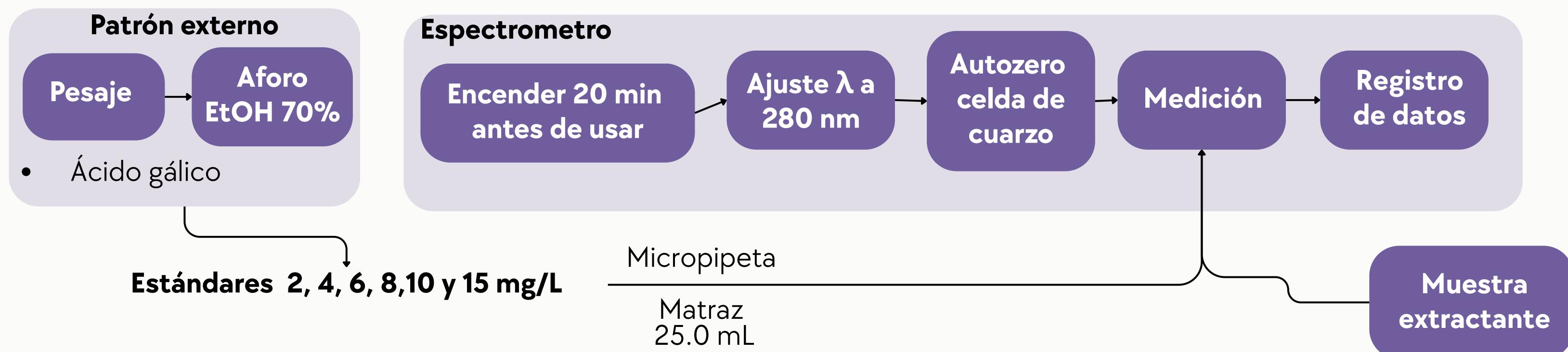
Secar en estufa a baja temperatura ( $60^{\circ}\text{C}$ ) hasta peso constante, o congela y luego liofiliza para preservar componentes.



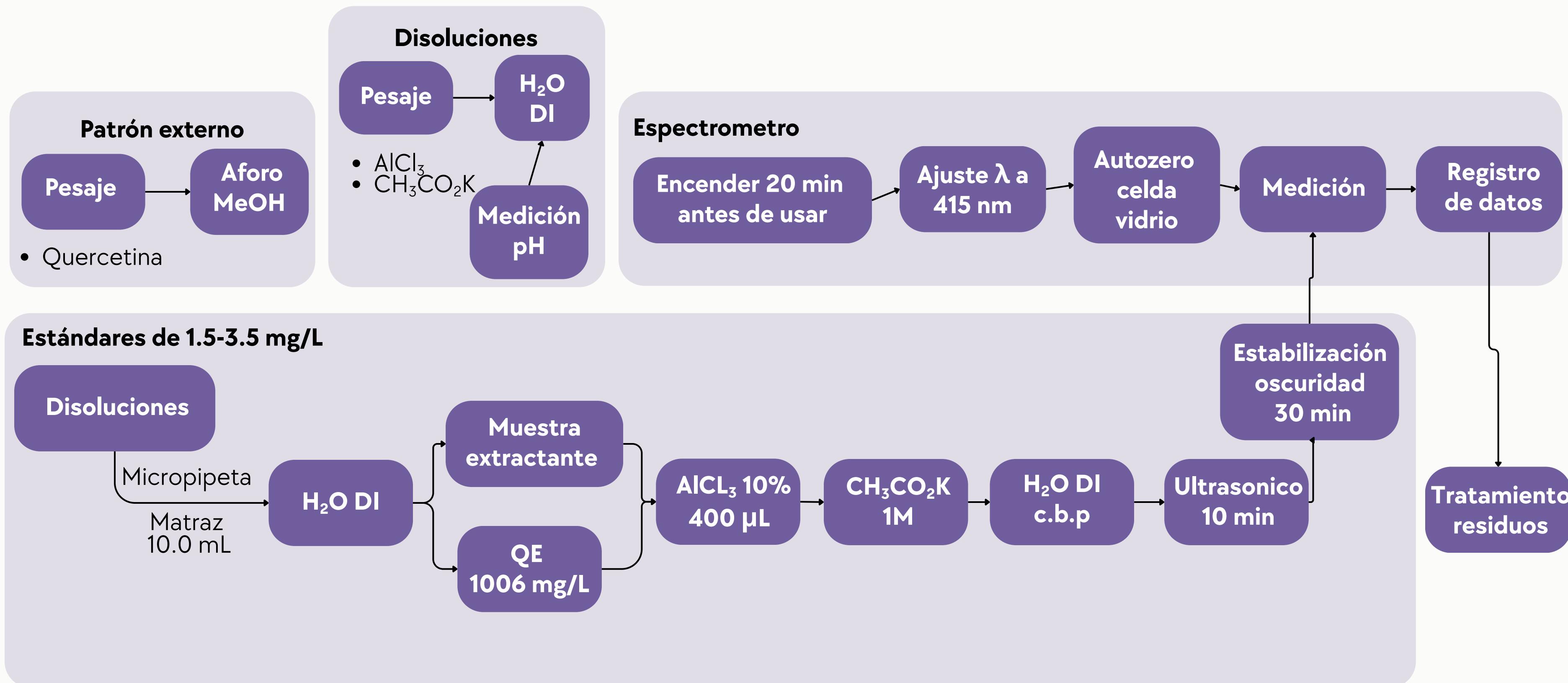
# Tratamiento de muestras

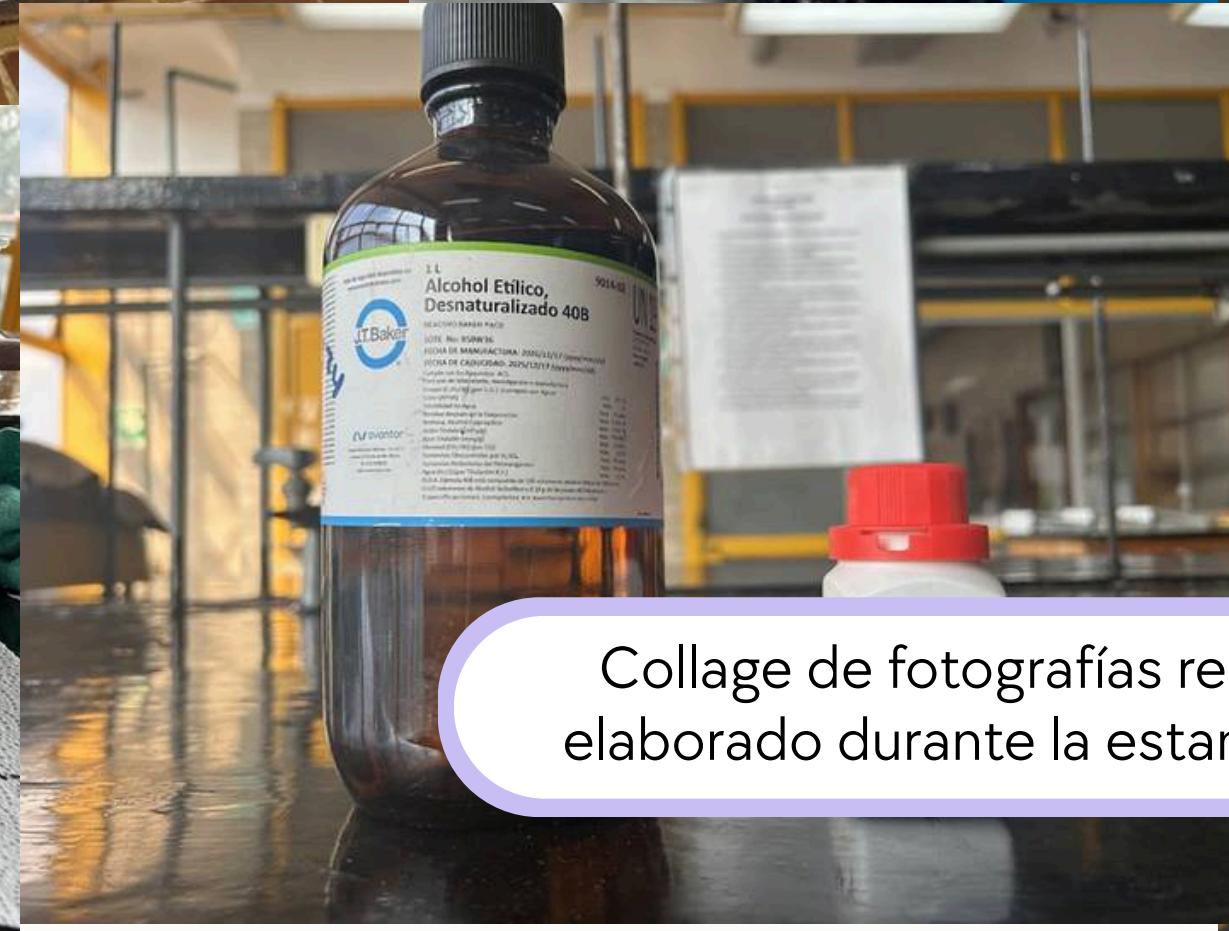
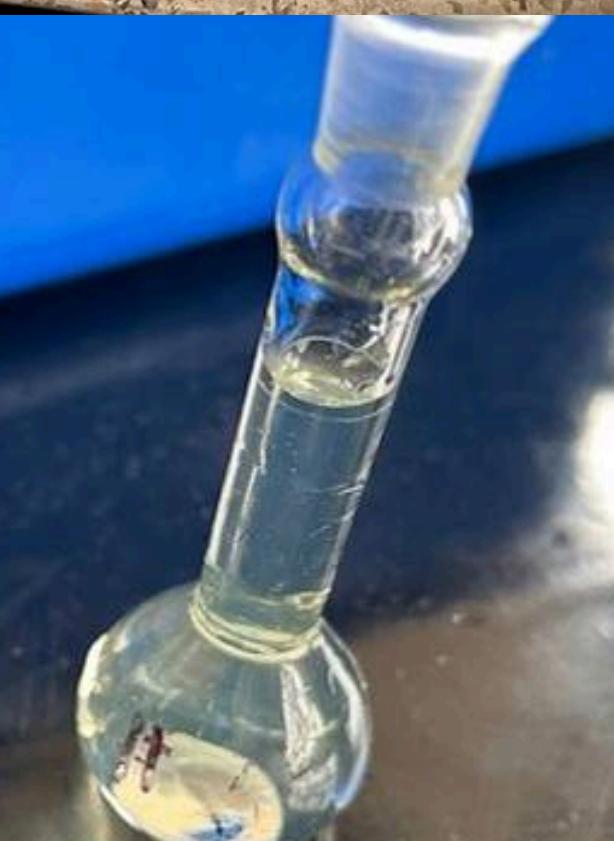


## TPC-Método directo



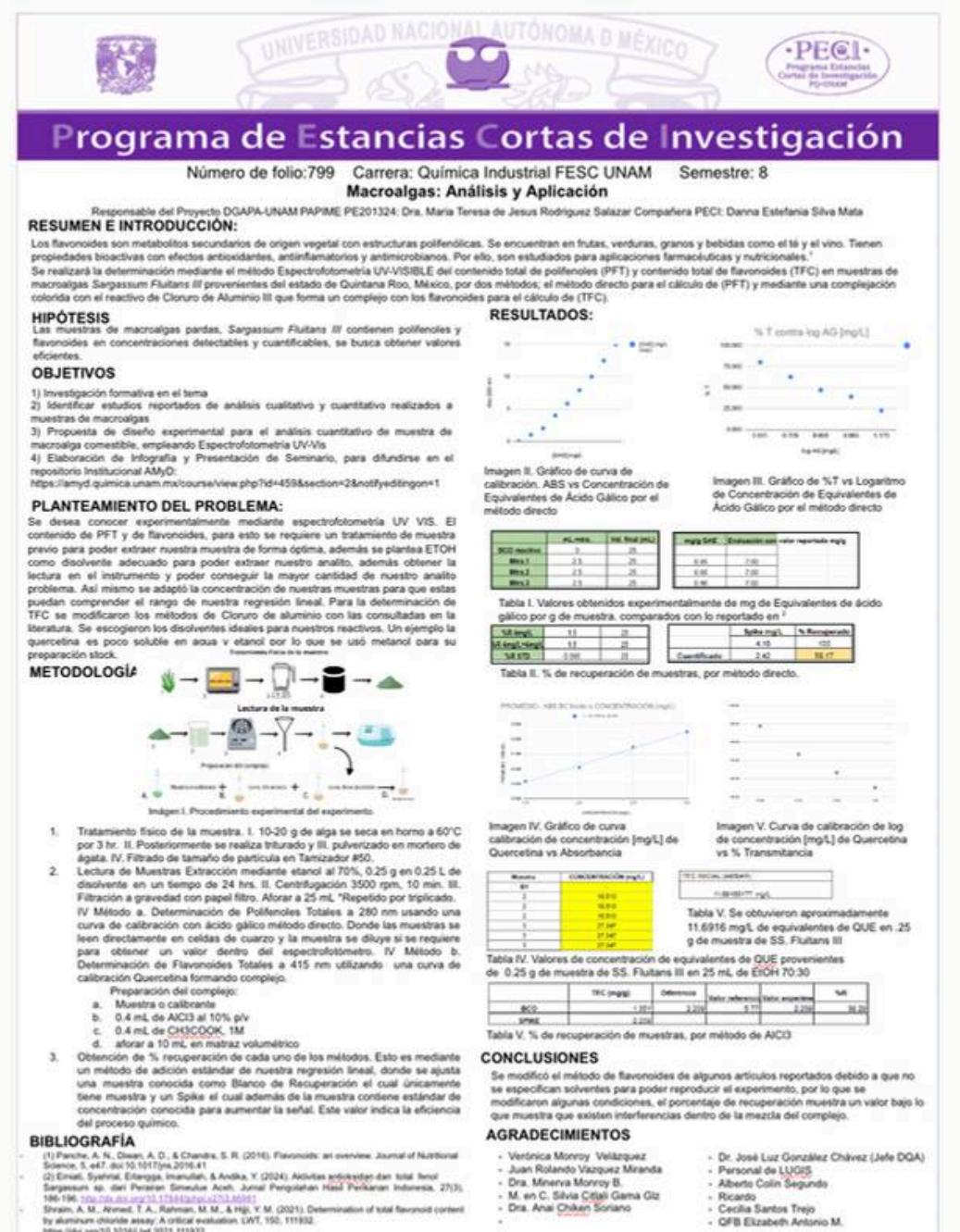
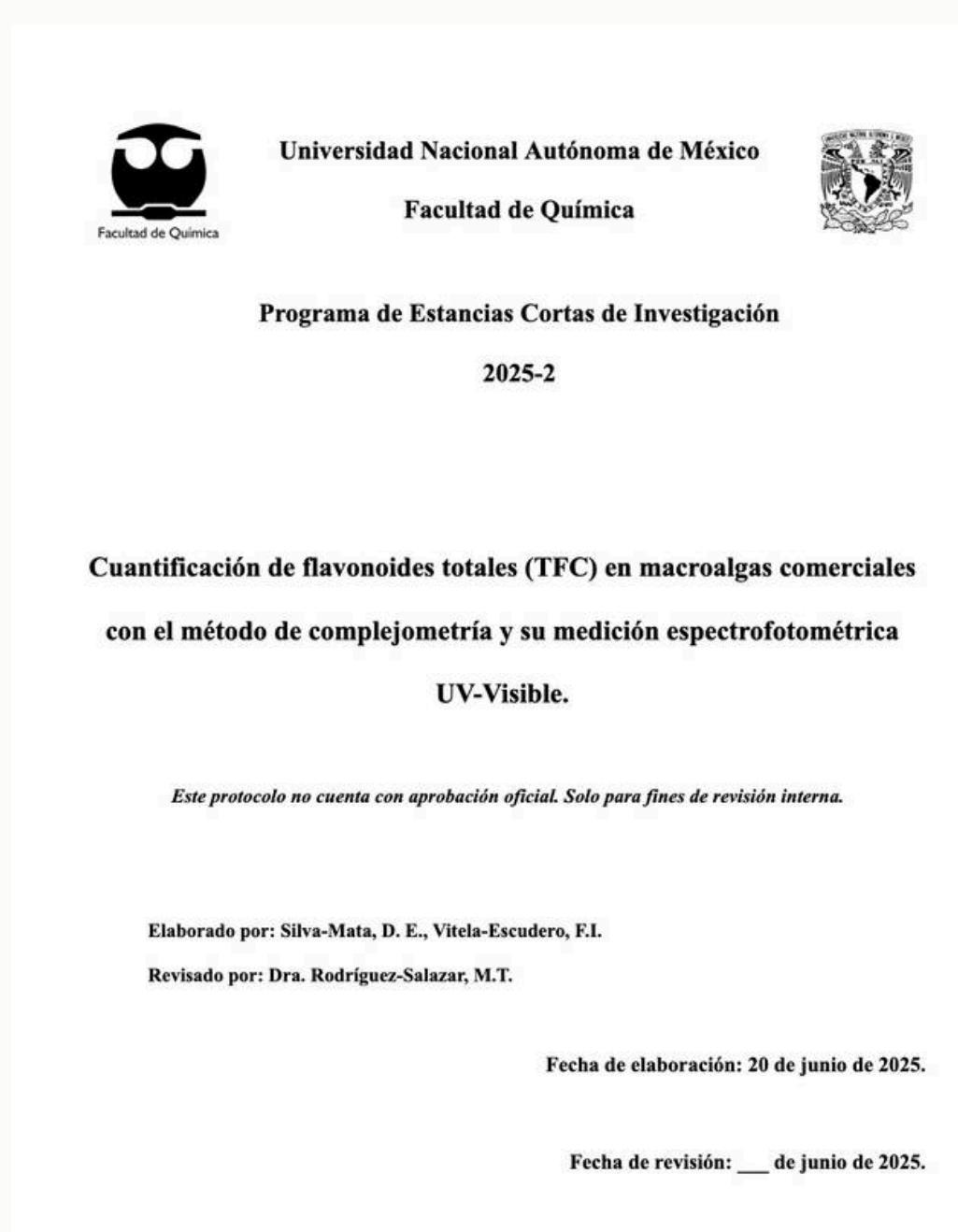
# TFC-Flavonoides totales





Collage de fotografías representativas del trabajo elaborado durante la estancia corta de investigación

# Documentos generados

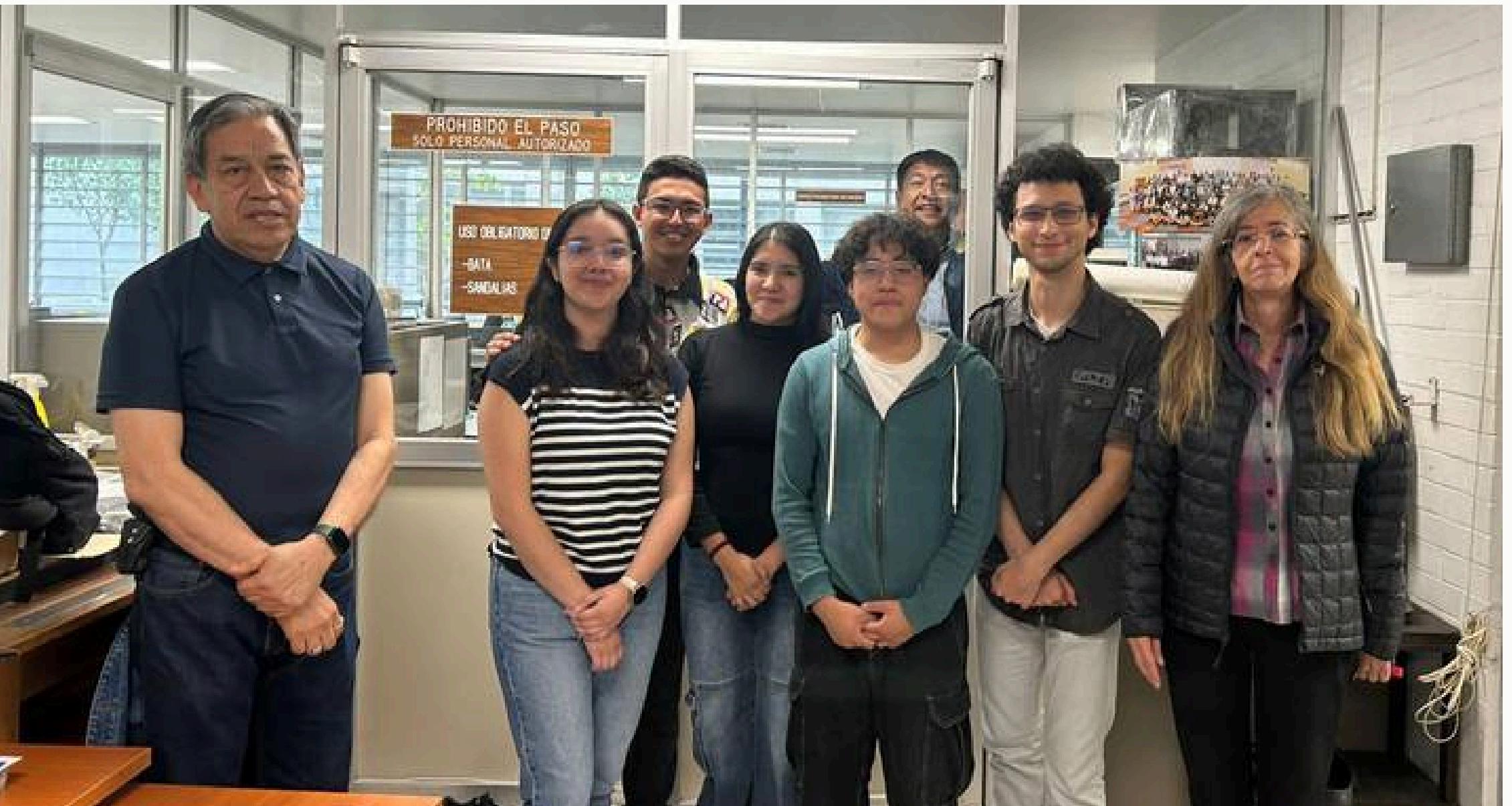


Disponibles en Administrador de Manuales y Documentos ([AMyD](#)).

# Actividades complementarias

Laboratorio Universitario  
de Geoquímica Isotópica  
(LUGIS)

Martes 17 de junio de 2025



# Actividades complementarias

Manejo Multiparámetro o medidor multiparamétrico HANNAH INSTRUMENTS.

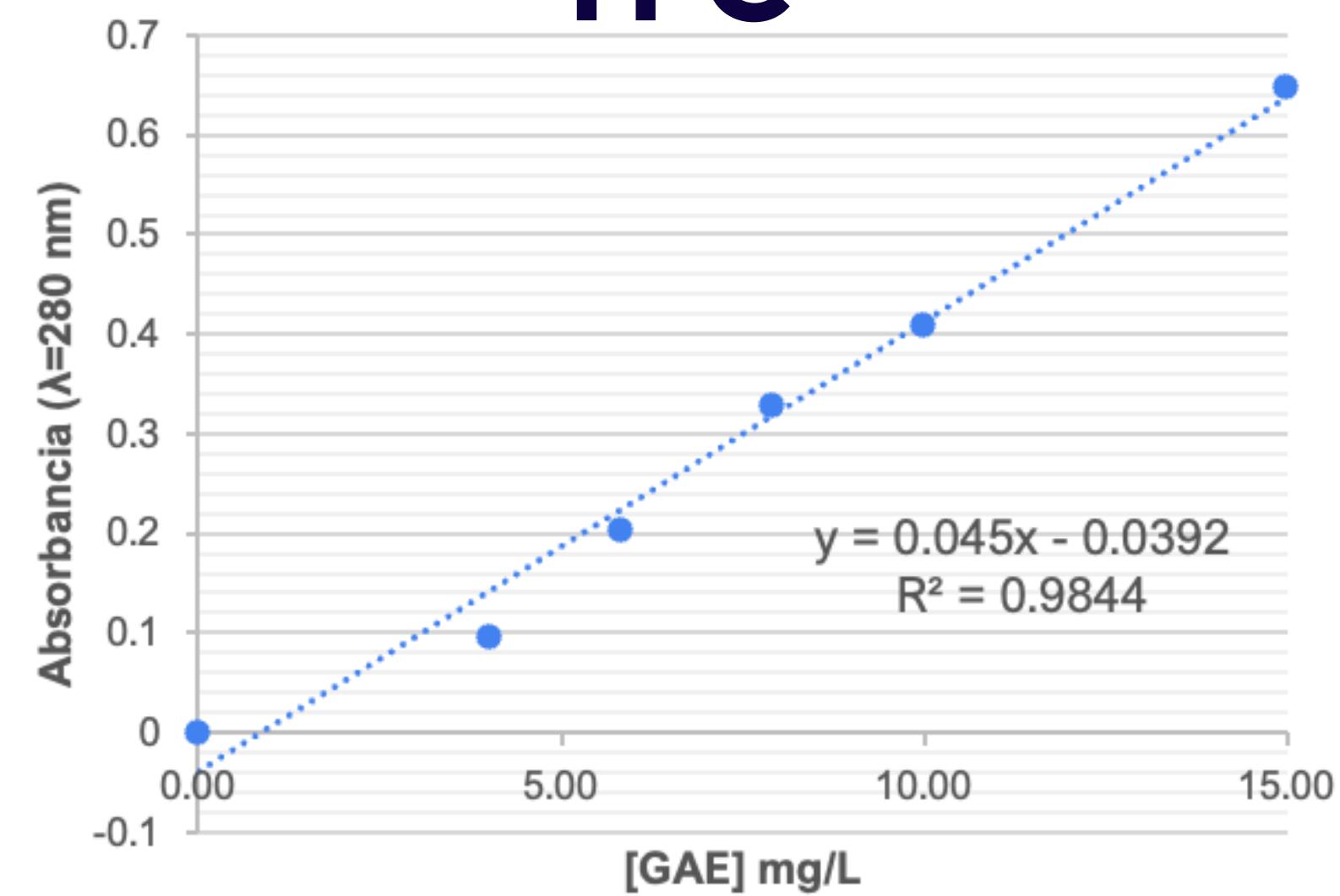


Tabla 3. Valores experimentales para verificación de balanza OHAUS  
02444286 UNAM

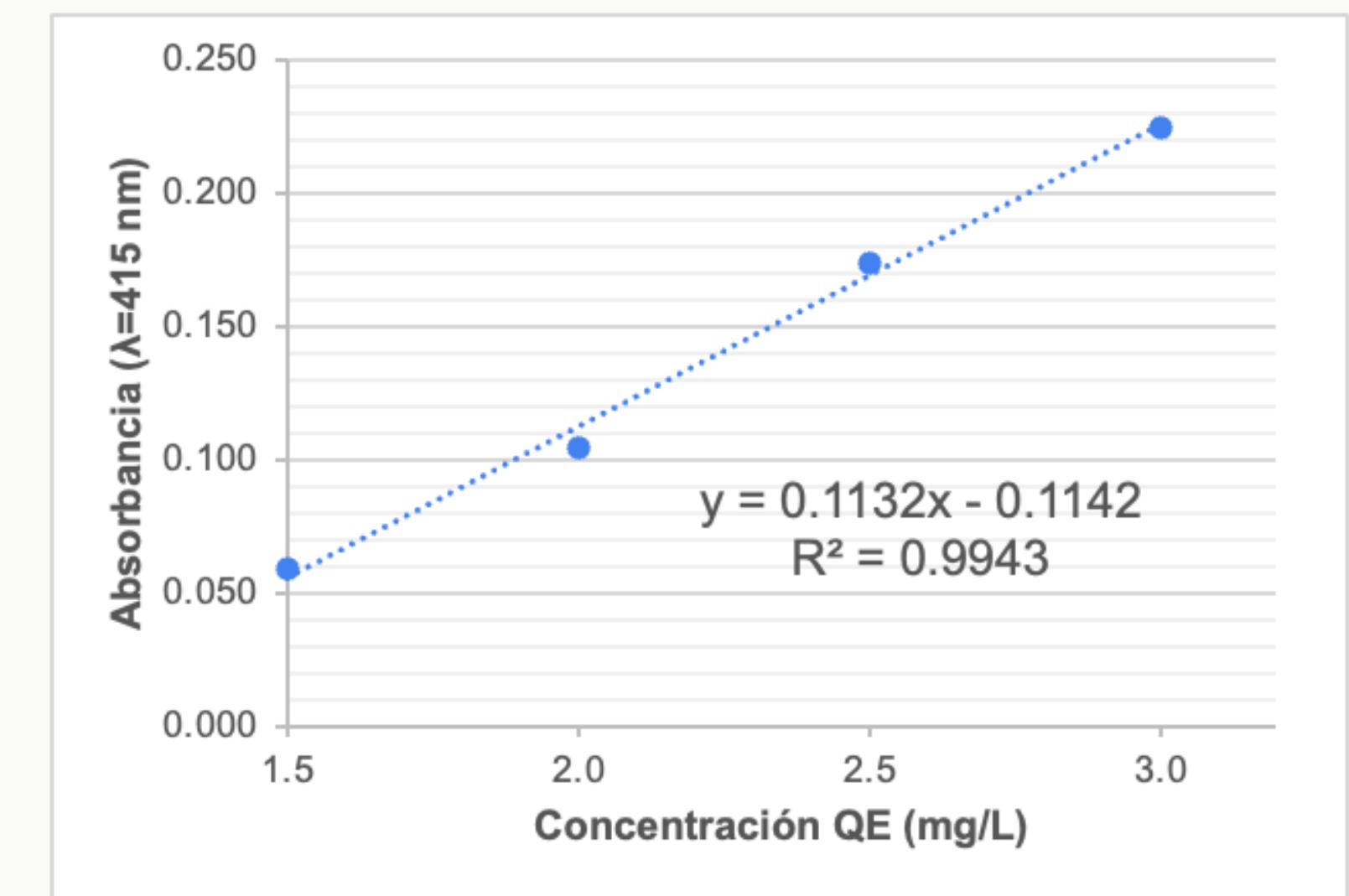
Masa teórica (g)	Pesaje 1 (g)	Pesaje 2 (g)	Pesaje 3 (g)	Promedio (g)
0.2 g	2.001	2.002	2	2.001
0.5 g	5.002	5.003	5.001	5.002
1.0 g	1.201	1.2012	1.2012	1.2011
2.0 g	1.9978	1.998	1.9978	1.9978

# Resultados

## TPC



## TFC

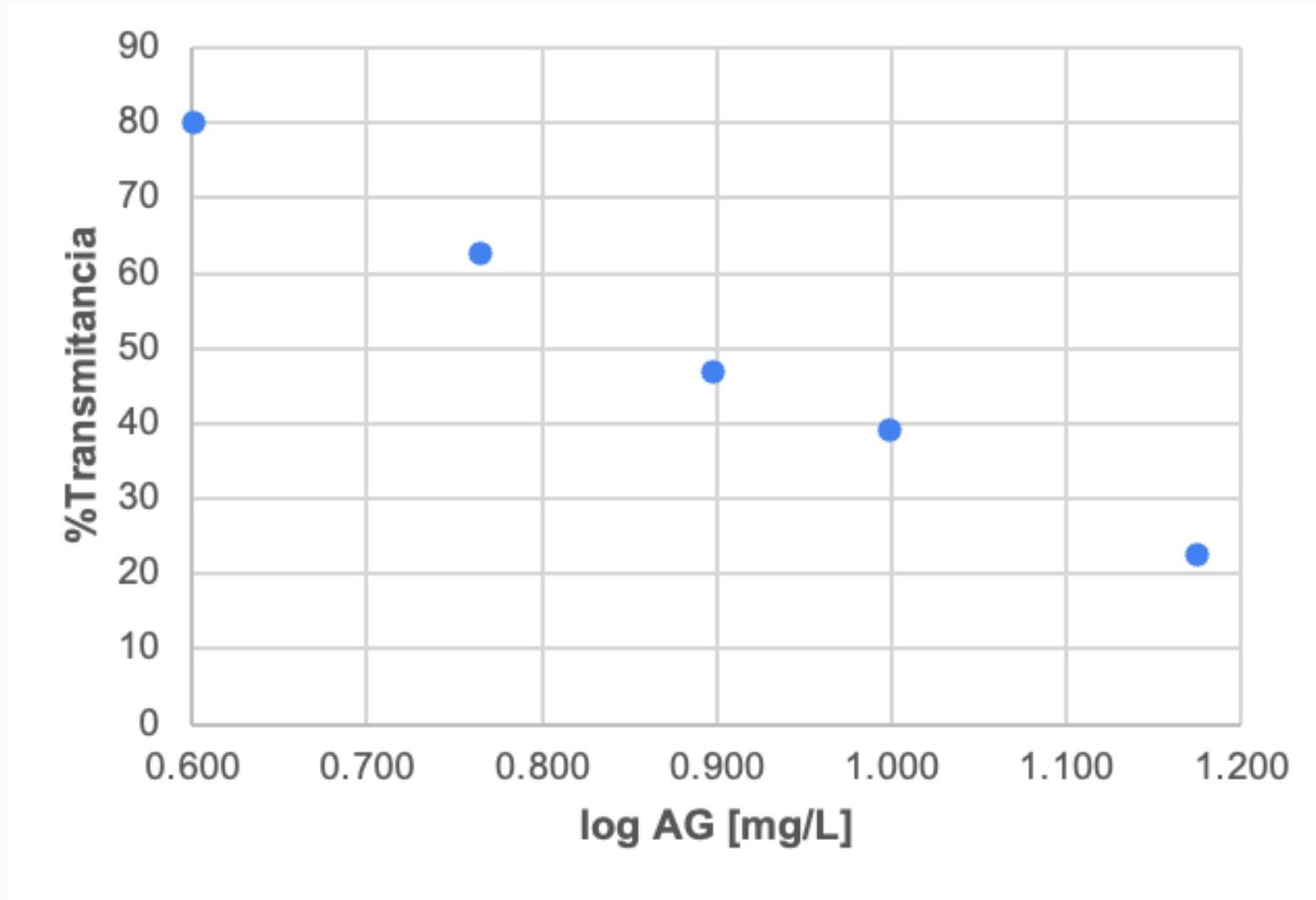


**Figura 4.** Curva de calibración corregida de ácido gálico 1039.59 mg/L en EtOH 70% : H<sub>2</sub>O DI 30%

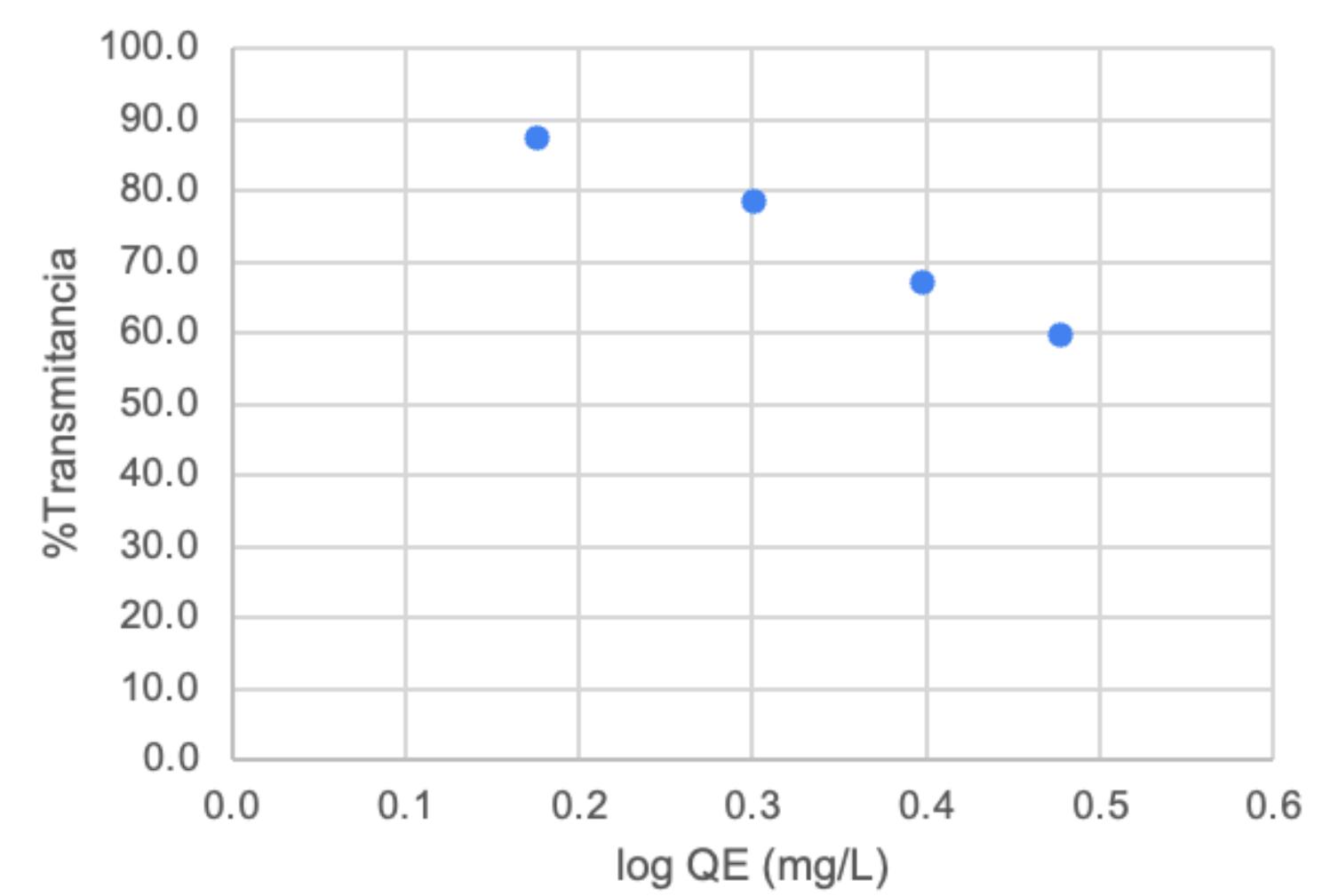
**Figura 5.** Curva de calibración corregida de quercetina (QE) 1006.24 mg/L en MeOH.

# Resultados

## TPC



## TFC



**Figura 6.** Curva Ringbom de ácido gálico (AG) 1039.59 mg/L en EtOH 70% : H<sub>2</sub>O DI 30%

**Figura 7.** Curva Ringbom de quercetina (QE) 1006.24 mg/L en MeOH.

# Resultados

## TPC

**Tabla 1.** Contenido de polifenoles totales (TPC) en biomasa de *S. Fluitans III* y comparación con valor reportado.

Muestra	Biomasa macroalgas (g)	TPC (GAE mg/L)	Evaluación valor reportado
1	0.2556	0.95	7.45 GAE mg/g
2	0.2538	0.95	
3	0.2573	0.96	

Nurhayati, S., Hasan, Z., & Salni. (2024). Aktivitas antioksidan dan total fenol rumput laut *Sargassum* sp. dari Perairan Simeulue Aceh. Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia, 27(3), 432–440. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v27i3.46981>

## TFC

**Tabla 2.** Contenido de flavonoides totales (TFC) en biomasa de *S. Fluitans III* y comparación con valor reportado.

Muestra	Biomasa macroalgas (g)	TFC (mg/L)	Evaluación valor reportado
1	0.2538	1.146	5.77 QE mg/g
2	0.2573	1.157	

Paredes-Camacho, R. M., González-Morales, S., González-Fuentes, J. A., Rodríguez-Jasso, R. M., Benavides-Mendoza, A., Charles-Rodríguez, A. V., & Robledo-Olivo, A. (2023). Characterization of *Sargassum* spp. from the Mexican Caribbean and its valorization through fermentation process. Processes, 11(3), 685. [Nurhayati, S., Hasan, Z., & Salni. \(2024\). Aktivitas antioksidan dan total fenol rumput laut \*Sargassum\* sp. dari Perairan Simeulue Aceh. Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia, 27\(3\), 432–440. https://doi.org/10.17844/jphpi.v27i3.46981](#)

# % Recuperación

## TPC Método directo

58.17%

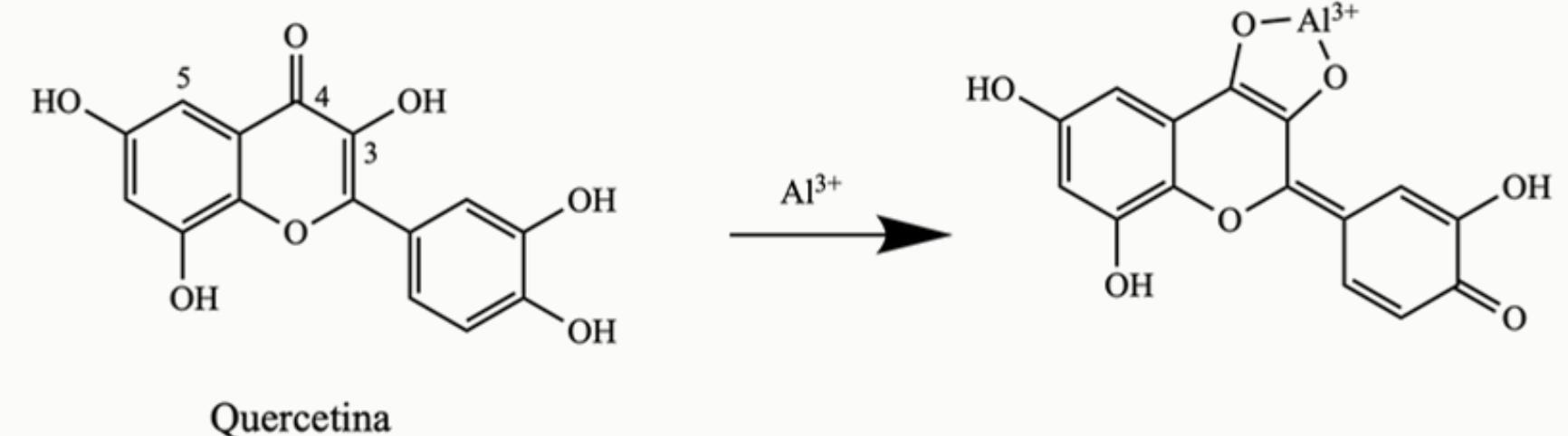
%RSD: 0.45



## TFC Método AlCl<sub>3</sub>

38.29%

%RSD : 0.613



## Evaluación Intervalo Lineal de Ringbom

El intervalo lineal de Ringbom representa la zona de concentración donde la respuesta analítica es proporcional a la concentración. Se repite varias veces para asegurar la precisión (repetibilidad/reproducibilidad) y se hace con el fin de garantizar que las muestras problema puedan calcularse con confianza dentro de ese rango. (Shaikh et al., 2016).

**n**= numero de repeticiones

$$\% \text{ Recuperación} = \frac{C_{\text{experimental}}}{C_{\text{teórica}}} \times 100$$

- **Promedio:**

$$\bar{A} = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{3}$$

- **Desviación estándar (SD):**

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(A_i - \bar{A})^2}{n - 1}}$$

- **Coeficiente de variación (%RSD):**

$$\%RSD = \frac{SD}{\bar{A}} \times 100$$

# Conclusiones

Durante la Estancia PECl se desarrolló un aprendizaje integral que abarcó tanto el desarrollo experimental como actividades complementarias de carácter formativo. Se logró adaptar y modificar metodologías existentes para la cuantificación de polifenoles totales y flavonoides en *Sargassum fluitans* III, empleando espectrofotometría UV-Vis. Asimismo, se estableció un método para el tratamiento físico de la muestra de sargazo mediante procesos de extracción con disolventes, filtración y centrifugación, lo que permitió generar un esquema metodológico reproducible y aplicable en el área de la Química Analítica. De manera paralela, se llevaron a cabo actividades de apoyo técnico en el área de Química Analítica, como el pesaje y calibración de balanzas recientemente adquiridas y la calibración de un medidor multiparamétrico HANNA utilizando soluciones patrón de pH, conductividad y temperatura.

Estas prácticas fortalecieron la experiencia en control de calidad instrumental y aseguraron la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Además, se resalta la participación en actividades académicas complementarias, como la visita al Instituto de Geofísica de la UNAM, que enriqueció la perspectiva científica y el vínculo con otras áreas de investigación.

En conjunto, los resultados obtenidos no solo contribuyen al aprovechamiento de residuos marinos bajo un enfoque de química ambiental y verde, sino que también representan un aporte a la formación didáctico-educativa en la Facultad de Química. Como producto final de esta estancia, se diseñaron dos propuestas de prácticas experimentales que podrán integrarse a la enseñanza de la Química Analítica, fomentando así la aplicación práctica de los principios de sostenibilidad en la educación superior.

## Investigación de polifenoles en macroalgas pardas del género *Sargassum fluitans* III

La formación de complejos con  $\text{AlCl}_3$  presenta una especificidad limitada, ya que en matrices naturales como *Sargassum* muchos flavonoides se encuentran glicosilados, polimerizados o retenidos en la estructura celular, lo que reduce su disponibilidad para reaccionar. Adicionalmente, la presencia de compuestos no flavonoides puede generar interferencias que afectan tanto la estabilidad del complejo como la precisión de la medición espectrofotométrica.

Por otro lado, el método directo aplicado a polifenoles resultó poco eficiente debido a varias limitaciones: la interferencia de otros compuestos presentes en la matriz, la variabilidad en la reactividad de los polifenoles frente al reactivo y la ausencia de una extracción selectiva que permita separar adecuadamente dichos compuestos. Estas condiciones prolongaron el tiempo de análisis y representaron un desafío adicional dentro del marco temporal de la investigación.

En conjunto, estos hallazgos reflejan las dificultades inherentes al estudio de polifenoles en macroalgas pardas del género *Sargassum fluitans* III, subrayando la necesidad de optimizar y adaptar los métodos analíticos para este tipo de matrices complejas.

Se diseñó un experimento para cuantificar polifenoles totales (TPC) y flavonoides totales (TFC) en extractos mediante espectrofotometría UV-VIS, utilizando como patrones externos ácido gálico y quercetina. Se aplicaron métodos directo y de complejación para la extracción y análisis. Sin embargo, los resultados mostraron porcentajes de recuperación bajos: 58.17% para TPC y 38.29% para TFC. Estas diferencias sugieren que el método es más eficiente para TPC en esta matriz compleja, probablemente debido a la mayor reactividad química y disponibilidad estructural de los compuestos fenólicos frente a los flavonoides.

# Agradecimientos Académicos

**Departamento de Química Analítica**

**Proyecto DGAPA-UNAM-PAPIME PE201324**

Dra. María Teresa de Jesús Rodríguez Salazar responsable del proyecto, al personal de LUGIS, Dr.Raymundo G. Martínez Serrano Mtra. Gabriela Natalia Solis Pichardo Ing. José Teodoro Hernández Treviño, Verónica Monroy Velázquez, Dr. José Luz González Chávez, M. en C. Silvia Citlali Gama González, Ricardo Salcedo Mendoza, Ignacio Vicente Ceferina, Cecilia Salcedo, Diana Andrea García Antonio, Juan Carlos Hernández Chacón, Elvis Alejandro Facundo Tovar, Norma Ruth López Santiago, Dra. Minerva Monroy B., Lic. Blanca Estela Cruz Romero, Dra. Anai Chiken Soriano, María del Carmen Campo Garrido Moreno, Alberto Colín Segundo, Juan Rolando Vázquez Miranda, Cecilia Santos Trejo, Elizabeth Antonio M., Oscar Uriel Rodríguez Pacheco, Marcus I. Vera Jiménez y Manuel A. Sustayta A.

- Godínez-Ortega, José & Cuatlán-Cortés, Juan & López-Bautista, Juan & Tussenbroek, Brigitta. (2021). A Natural History of Floating Sargassum Species (Sargasso) from Mexico. 10.5772/intechopen.97230.
- Wikipedia contributors. (2025, June 27). Great Atlantic Sargassum Belt. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Great\\_Atlantic\\_Sargassum\\_Belt](https://en.wikipedia.org/wiki/Great_Atlantic_Sargassum_Belt)
- Vicente-Vicente, L., Prieto, M., & Morales, A. I. (2013). Eficacia y seguridad de la quercetina como complemento alimenticio. Nutrición Hospitalaria
- Boots, A. W., Haenen, G. R. M. M., & Bast, A. (2008). Health effects of quercetin: From antioxidant to nutraceutical. European Journal of Pharmacology, 585(2–3). <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2008.03.008>
- Echavarría Zuluaga, B., Franco Sierra, A., & Martínez Martínez, A. (2009). Antioxidant activity evaluation and phenolic compound content determination of seaweeds extracts from the Colombian Caribbean [Evaluación de la actividad antioxidante y determinación del contenido de compuestos fenólicos en extractos de macroalgas del Caribe Colombiano]. Vitae, 16(1), 126–131. <https://doi.org/10.17533/udea.vitae.1434>
- Shraim, A. M., Ahmed, T. A., Rahman, M. M., & Hijji, Y. M. (2021). Determination of total flavonoid content by aluminum chloride assay: A critical evaluation. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111932>
- Nijveldt, R. J., van Nood, E., van Hoorn, D. E. C., Boelens, P. G., van Norren, K., & van Leeuwen, P. A. M. (2001). Flavonoids: A review of probable mechanisms of action and potential applications. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 74(4), 418–425. <https://doi.org/10.1093/ajcn/74.4.418>
- Hernández Guiance, S.N., Marino, L., Isern, D.M., Coria, I.D., & Irurzun, I.M. (2019). *Flavonoides: Aplicaciones medicinales e industriales*. Invenio, 22, 24. Facultad de Química, Universidad del Centro Educativo Latinoamericano; Instituto de Física de Rosario (CCT-CONICET); Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas (CONICET). [arxiv.org+9scholar.google.com+9](https://arxiv.org+9scholar.google.com+9)

- Fagundo Mollineda, A., Freile-Pelegrín, Y., & Robledo, D. (2023, 31 de octubre). Macroalgas marinas: potentes antioxidantes sumergidos. Avance y Perspectiva. Recuperado de <https://avanceyperspectiva.cinvestav.mx/macroalgas-marinas-potentes-antioxidantes-sumergidos/>
- Bhaigyabati, T., Devi, P. G., & Bag, G. C. (2014). Total flavonoid content and antioxidant activity of aqueous rhizome extract of three *Hedychium* species of Manipur Valley. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 5(5), 970–976.
- Zou, L., Li, H., Ding, X., Liu, Z., He, D., Kowah, JAH, Wang, L., Yuan, M. y Liu, X. (2022). Revisión de la aplicación de la espectroscopia a flavonoides de materiales de homología en medicamentos y alimentos. *Molecules* , 27 (22), 7766. <https://doi.org/10.3390/molecules27227766>
- Chang, C., Yang, M., Wen, H., & Chern, J. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3), 178–182.
- Pourmorad, F., HosseiniMehr, S. J., & Shahabimajd, N. (2006). Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants. *African Journal of Biotechnology*, 5(11), 1142–1145.
- Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. (2016). Flavonoids: An overview. *Journal of Nutritional Science*, 5, e47. <https://doi.org/10.1017/jns.2016.41>
- Suresh Kumar, K., Ganesan, K., & Subba Rao, P. V. (2021). Profiling of bioactives and in vitro evaluation of antioxidant and antidiabetic property of polyphenols of marine algae *Padina tetrastromatica*. *Algal Research*, 58, 102250. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102250>
- Porphyra spp flour: An alternative for the sustainable supply of functional and nutritional components for the human diet. (2019). Congreso LACCEI. [https://laccei.org/LACCEI2019-MontegoBay/full\\_papers/FP195.pdf](https://laccei.org/LACCEI2019-MontegoBay/full_papers/FP195.pdf)

- Molyneux, P. (2004). On the spectrophotometric determination of total phenolic and flavonoid contents. <https://www.researchgate.net/publication/258921956>
- Ortega-Toro, R., Talero-Pérez, J., & Arrieta-Baez, D. (2019). Extracción de compuestos fenólicos de la cáscara de lima (*Citrus limetta* Risso) y determinación de su actividad antioxidante. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 48(2), 243–259. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=672971124003>
- Marín Álvarez, A. (1999, octubre). Utilización del alga *Sargassum spp.* como complemento alimenticio de ganado ovino [Tesis de licenciatura, Instituto Politécnico Nacional]. Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B.C.S., México.
- Kurul, F., Doruk, B., & Topkaya, S. N. (2025). Principles of green chemistry: Building a sustainable future. *Discover Chemistry*, 2, 68. <https://doi.org/10.1007/s44371-025-00152-9>