

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* Ill., 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



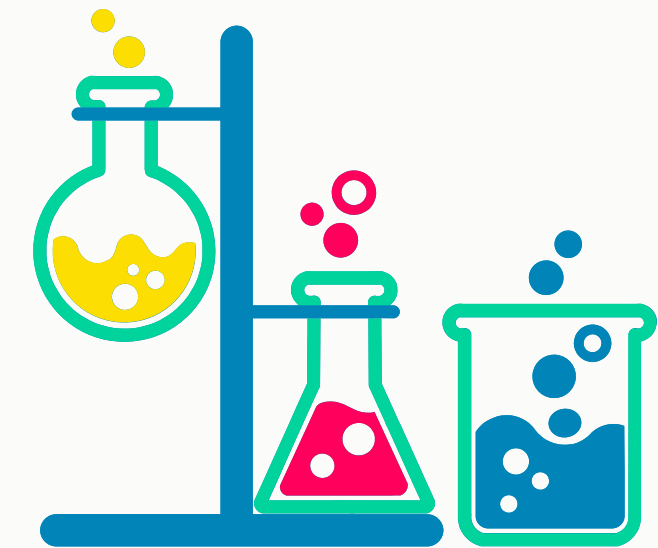
Biorremediación

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)

México

Distribución: Pelágico. Océano Atlántico

Gran Cinturón de Sargazos del Atlántico

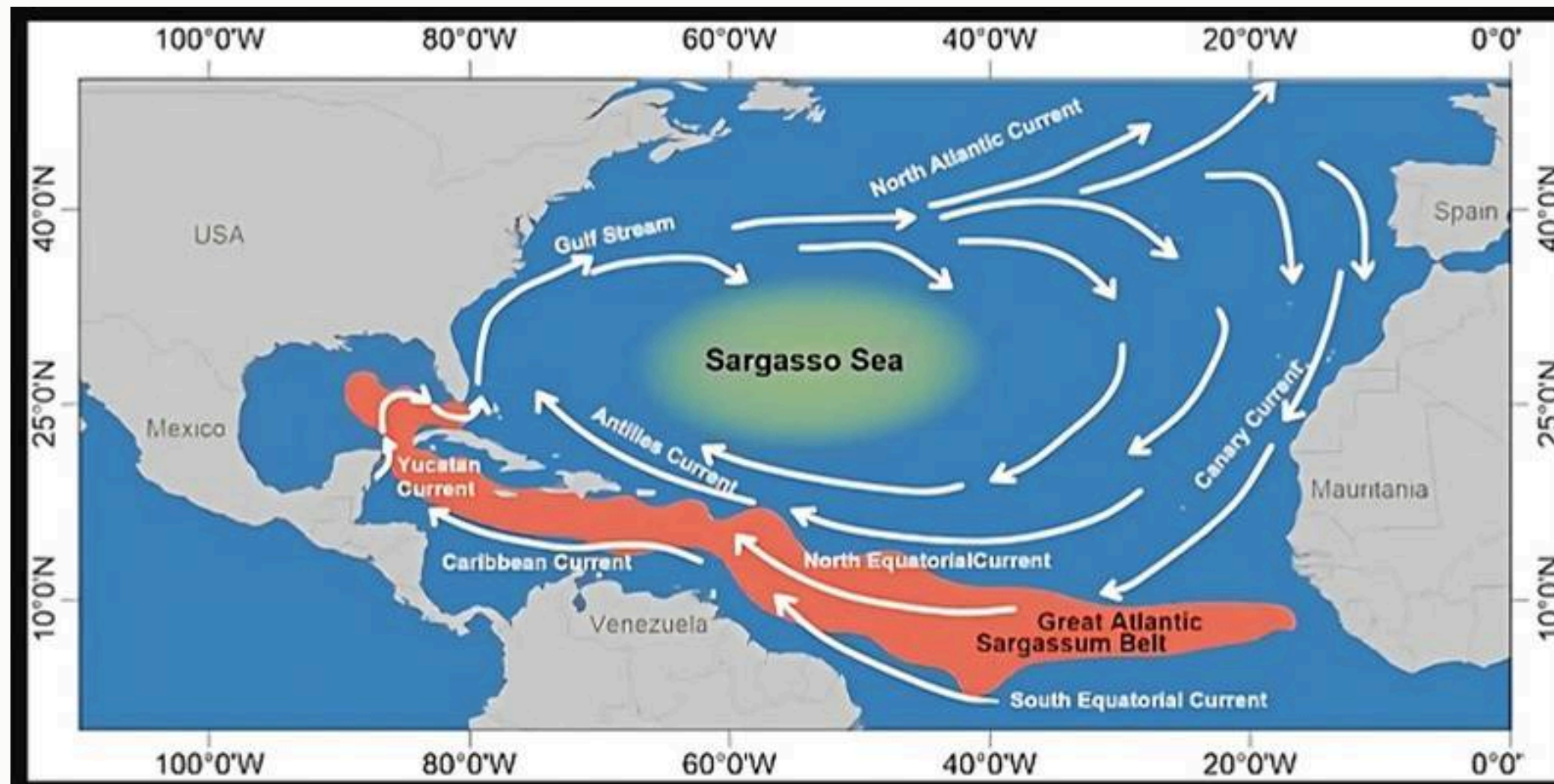


Figura 1. Mapa Océano Atlántico. Gran Cinturón de Sargazos del Atlántico

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 pronóstico 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	<i>Sargassum fluitans</i>

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.

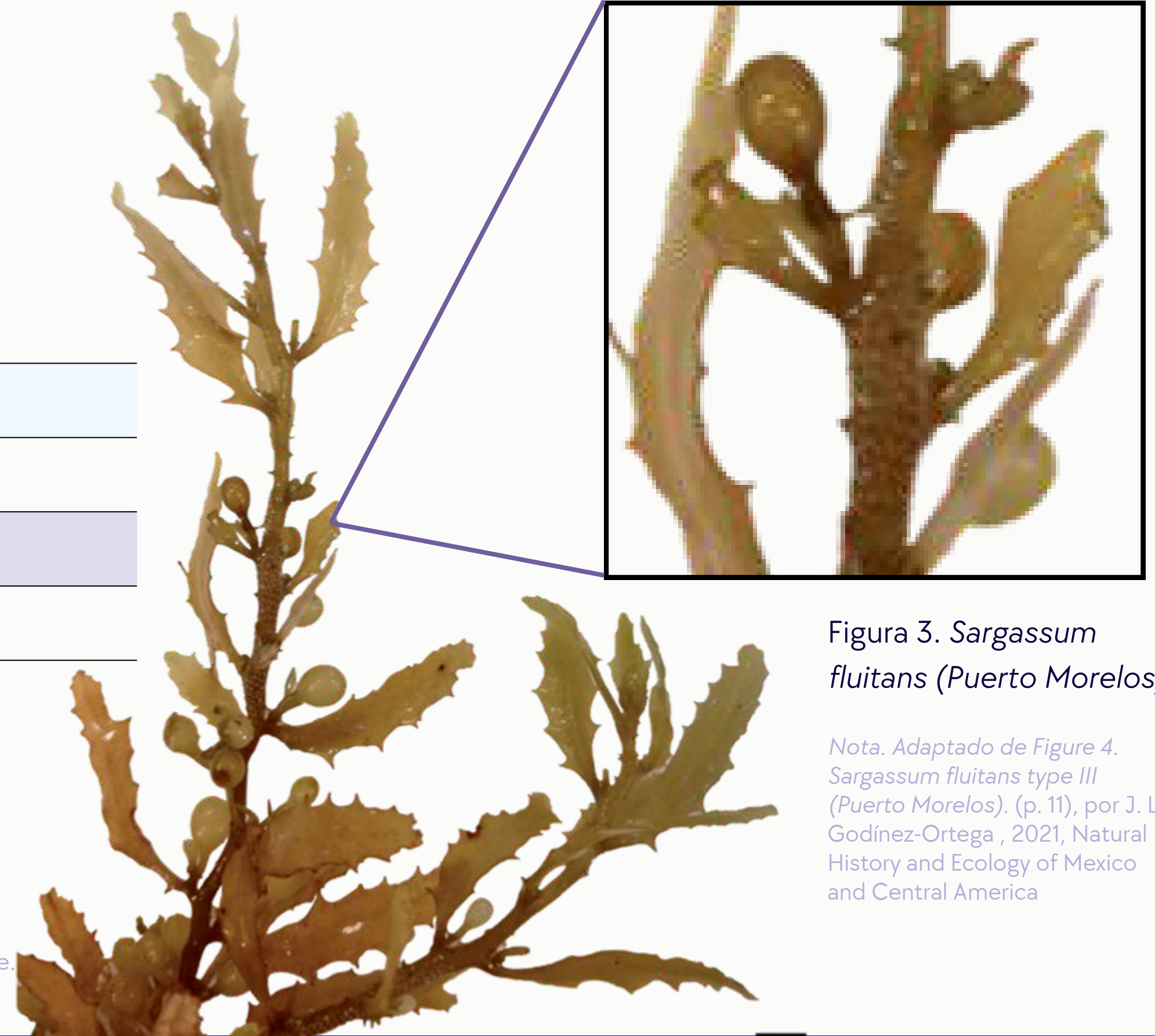


Figura 3. *Sargassum fluitans* (Puerto Morelos)

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 antienvjecimiento, la antimicrobiana y la antiviral** (Levasseur et al., 2020; Galasso et al., 2019), así como antimicóticas y antioxidantes. (José H Isaza, et al, 2005)

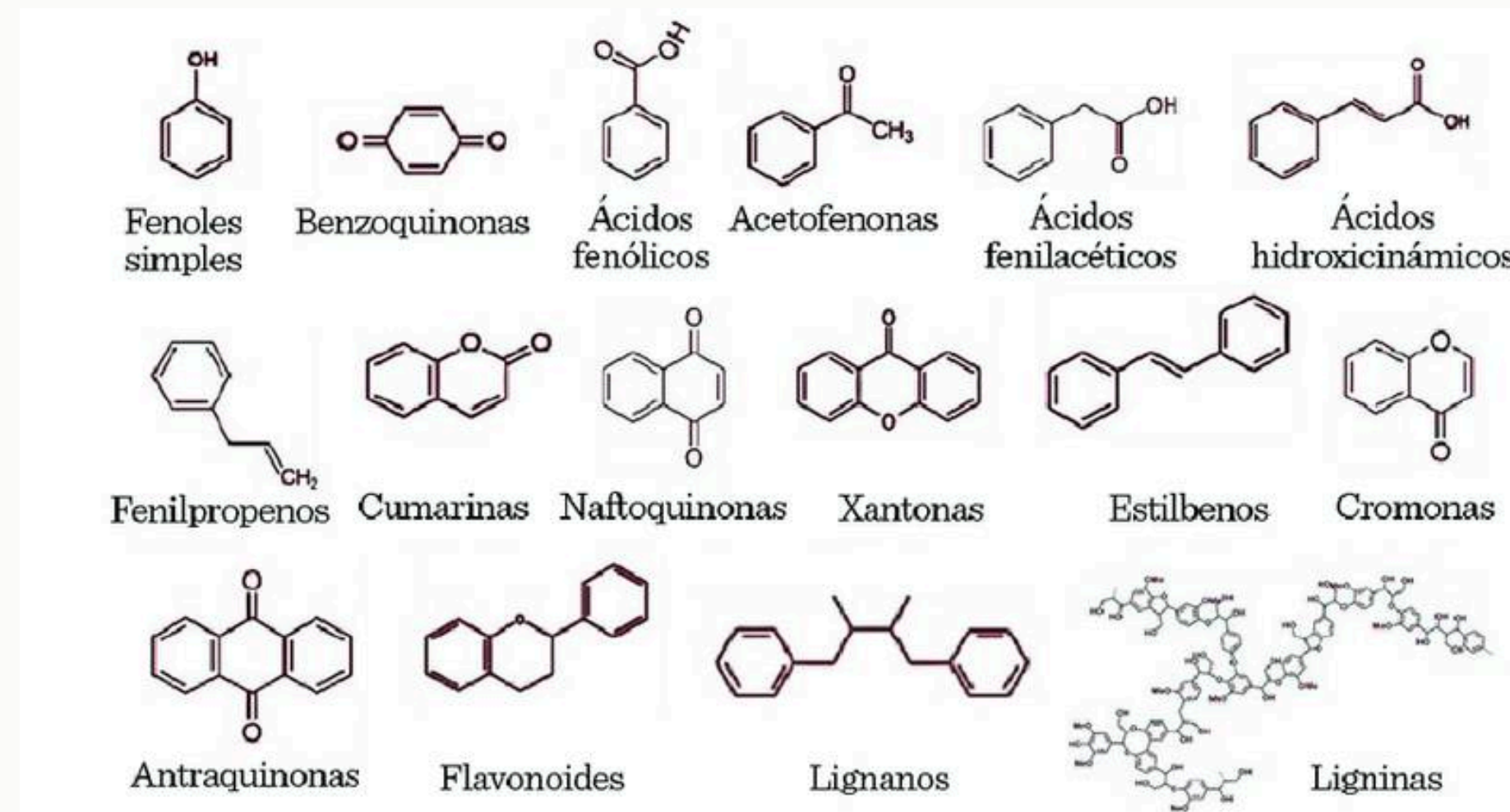
Flavonoides

- 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 nutraceuticos, farmaceuticos y cosméticos.
- La investigación actual se enfoca en su aislamiento, caracterización y aplicaciones en salud. (Panche et al, 2016)

¿Que relación tienen entre ellos?

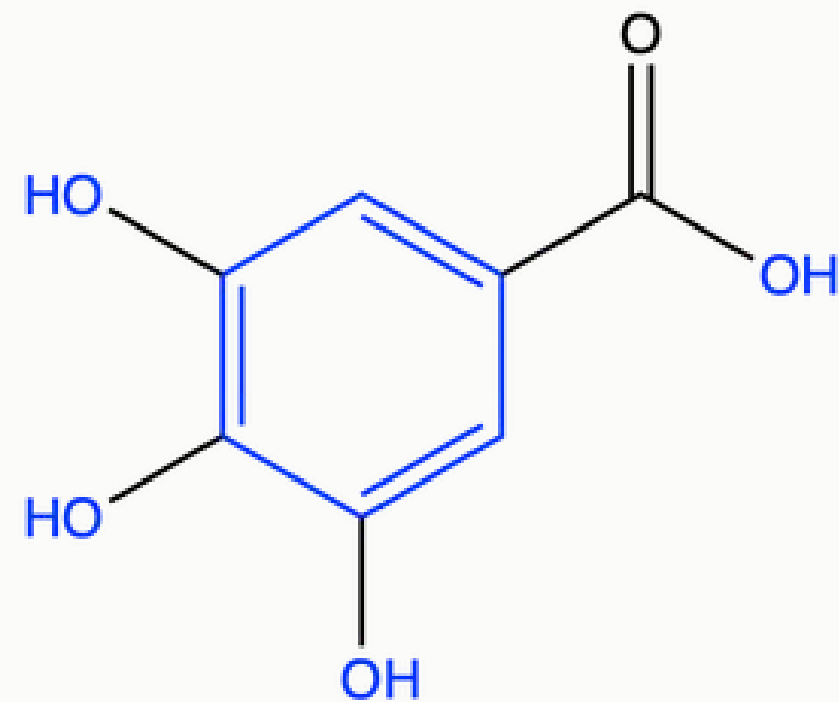
Un flavonoide es parte de la familia de los polifenoles lo que significa que provienen de una estructura base de un fenol el cual contiene uno o mas grupos funcionales alcohol.

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



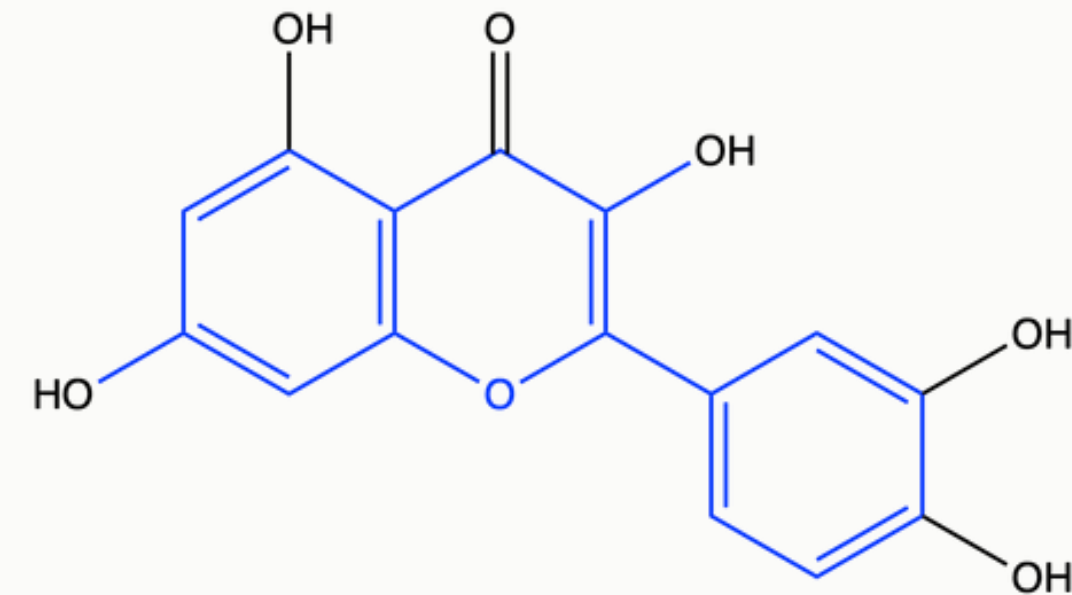
Imágen: Lizárraga Velázquez, E., Hernández, C., Aguilar, G., & Heredia, J. B. (2018). Propiedades antioxidantes e inmunoestimulantes de polifenoles en peces carnívoros de cultivo. CienciaUAT, 12(2), 127. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v12i2.904>

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

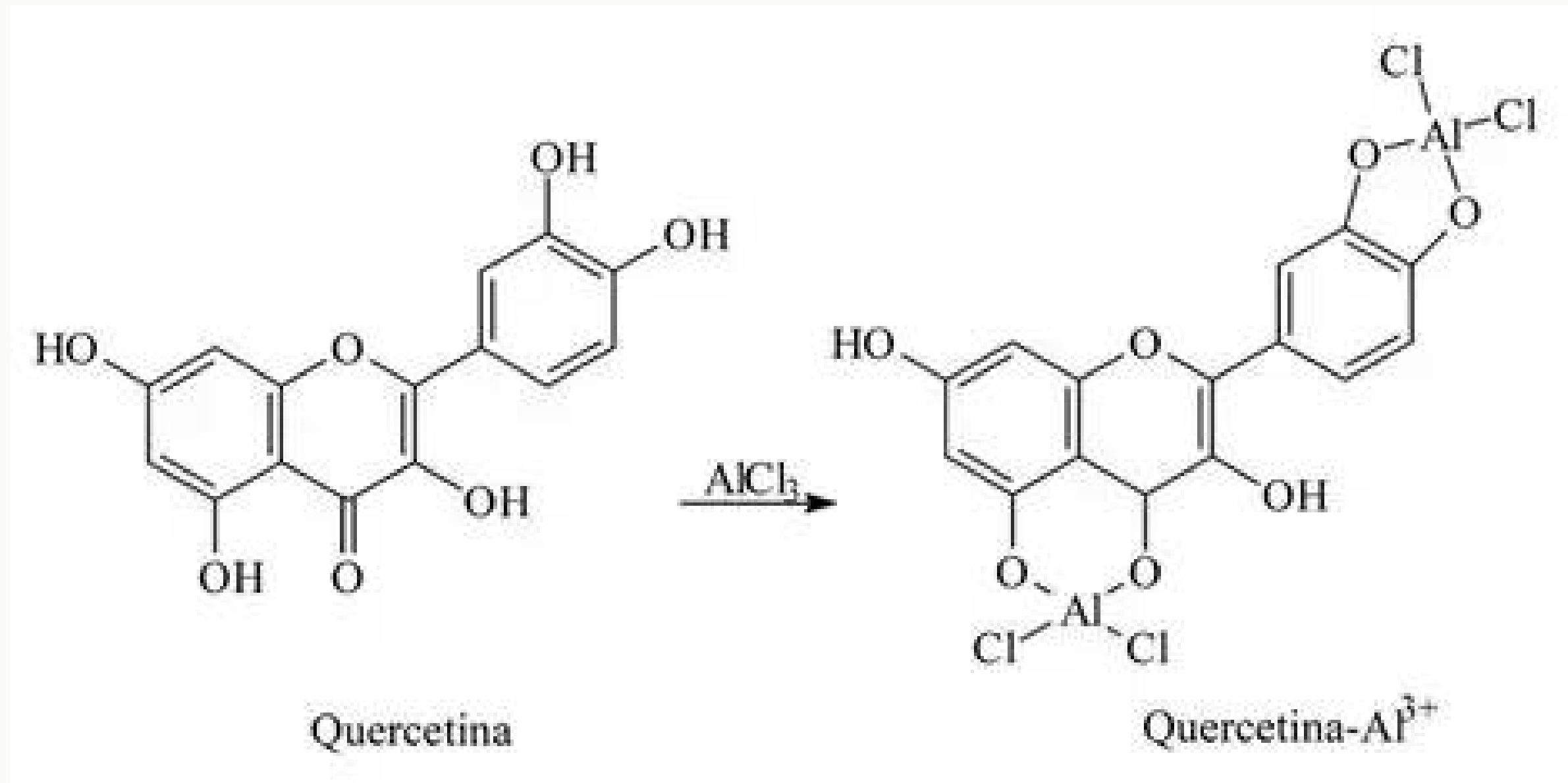


Figura 4. Reacción general para la formación de Al-QE

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 Mediciniais*, 14(4), 586–591.
<https://doi.org/10.1590/S1516-05722012000400008>

Objetivos

Generales



Investigación formativa en el tema



Propuesta experimental.
Espectrofotometría UV-Vis,
complejometría



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 metodo 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_{bt}** 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 limites de cuantificación y detección

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

Ecuación 4 Limite de detección

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

Ecuación 5 Limite 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)
- **H₂O Destilada** (Facultad de Química, Laboratorio de Ingeniería Química)
- **Agua Desionizada** (H₂O DI) (Marca MEYER, Grado ACS,).
- **Cloruro de aluminio** 99% (AlCl₃ , 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

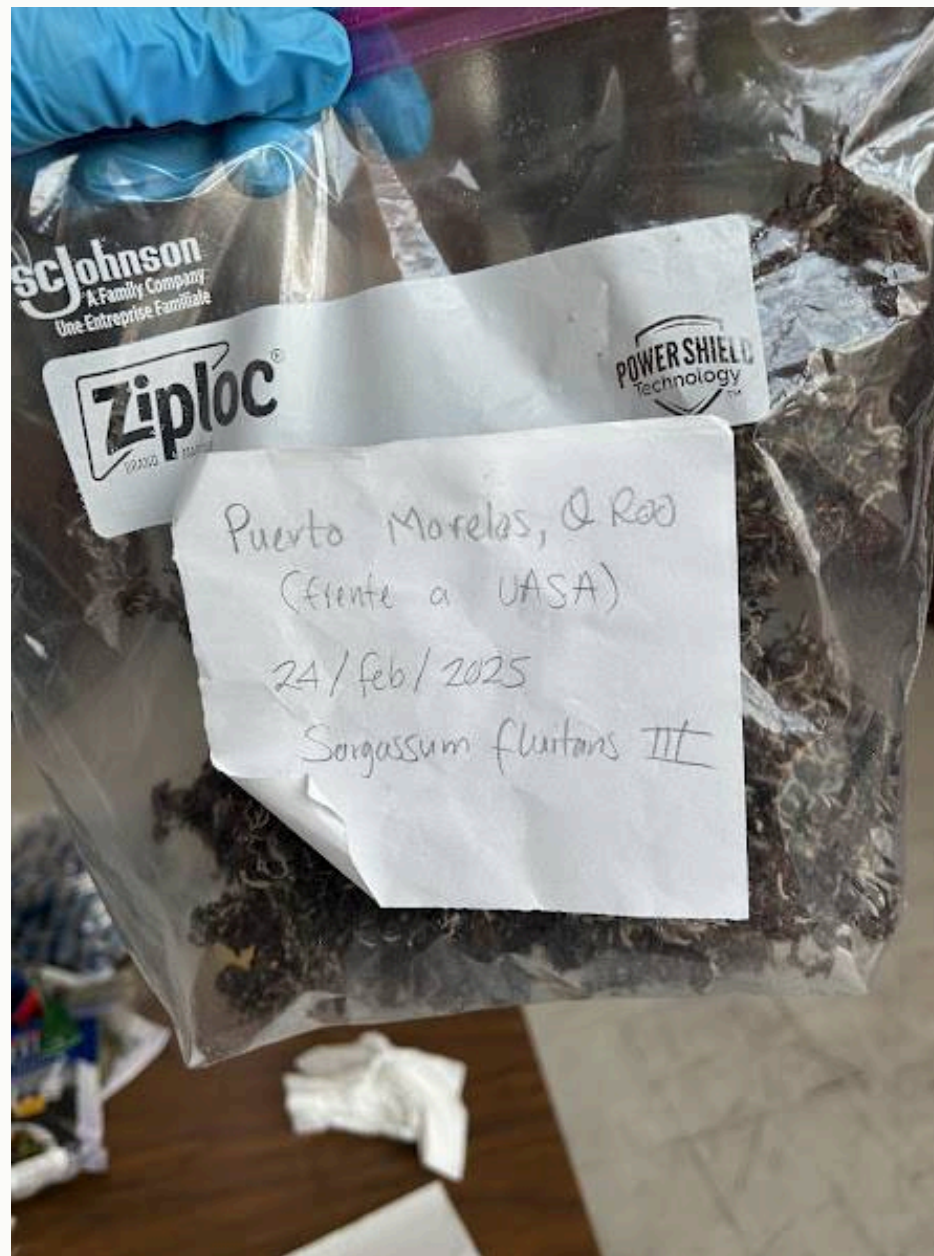
- Horno de calentamiento. Marca ECOSHEL UNAM
- Molino de cafe y especias KRUPS
- Mortero y pistilo de ágata
- Tamiz No. 50 Grupo FIICSA
- Espectrofotómetro UV-Visible VELAB VE-5100UV
- Centrífuga SM0406S, Science Med
- Balanza analítica; Marca: Adventurer OHAUS.
- Baño Ultrasonido CS-UB32, C scientific
- 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 sargaso

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

Ecurrir y secado (si corresponde)

Escurre 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 °C) hasta peso constante, o congela y luego liofiliza para preservar componentes.



Tratamiento de muestras

Verificación del peso
periódico (4%)

Pesaje

Secado
60 °C por 3 h

Molienda
Mortero de
ágata

Tamizado
malla #50

Maceración
EtOH 70%
24 h

Centrifugación
3500 rpm
10 min

Filtración
por
gravedad

Aforar a
25.0 mL

- *S. fluitans* III
obtenido de Q.Roo

TPC-Método directo

Patrón externo

Pesaje

Aforo
EtOH 70%

- Ácido gálico

Estándares 2, 4, 6, 8, 10 y 15 mg/L

Espectrometro

Encender 20 min
antes de usar

Ajuste λ a
280 nm

Autozero
celda de
cuarzo

Medición

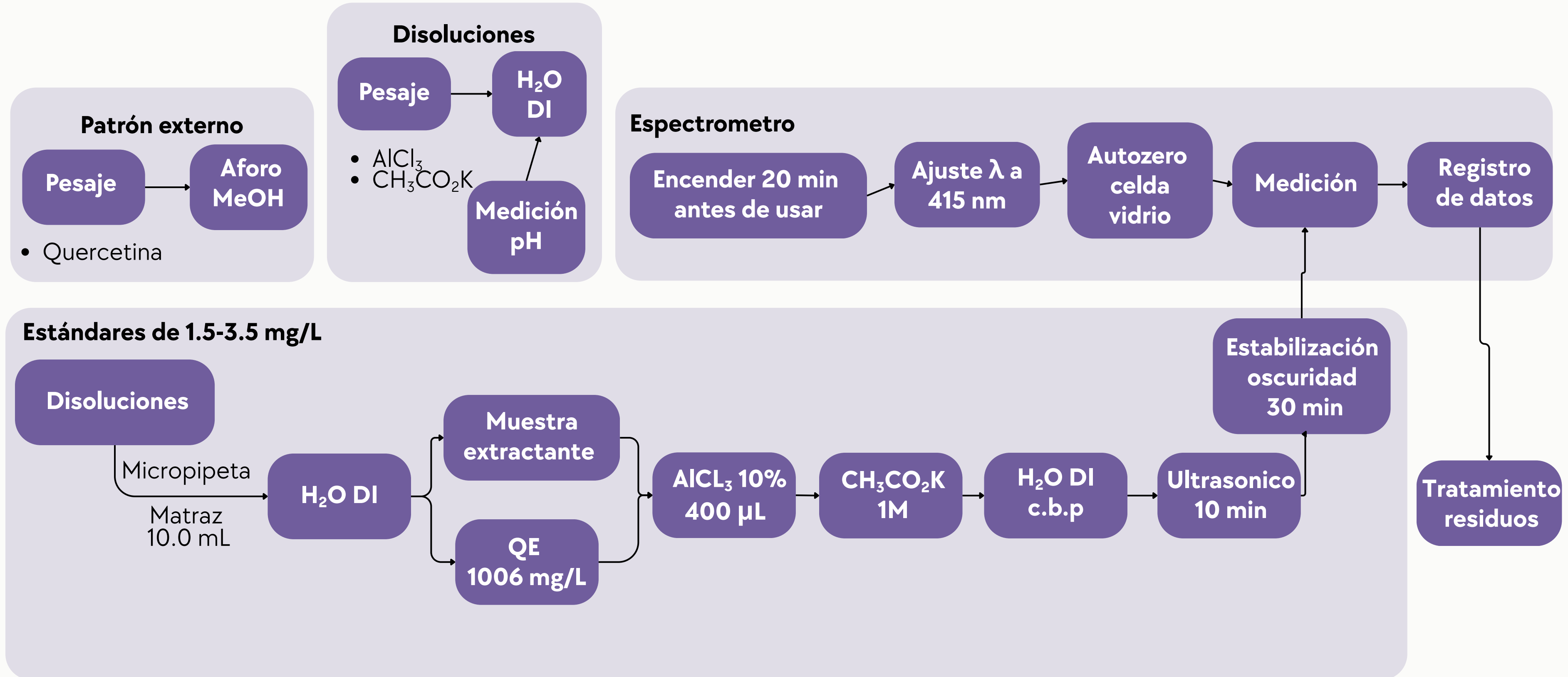
Registro
de datos

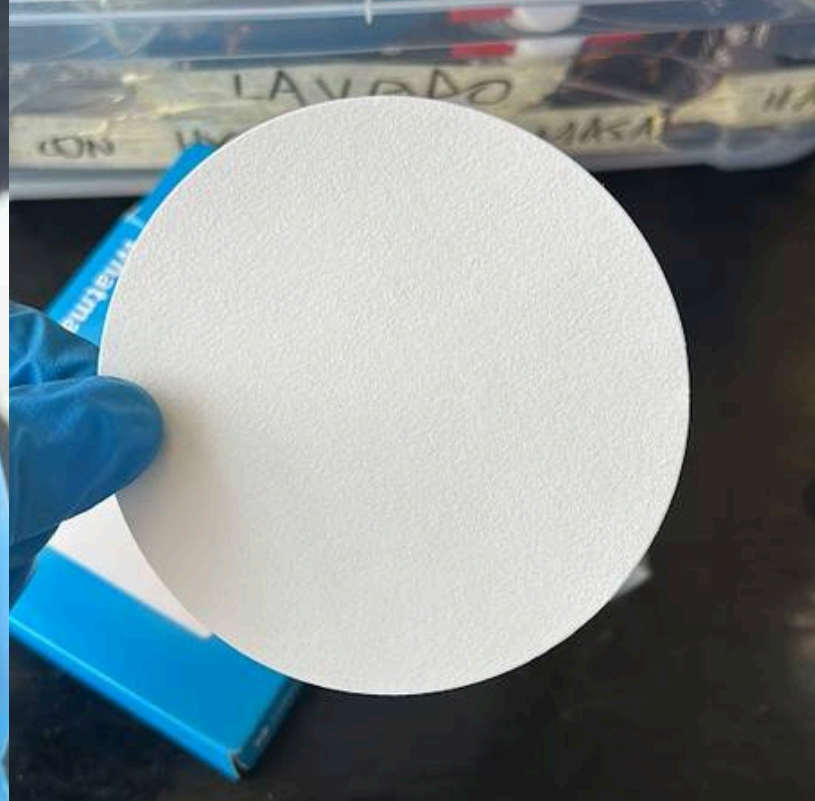
Micropipeta

Matraz
25.0 mL

Muestra
extractante

TFC-Flavonoides totales





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

Documentos generados

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Química

Programa de Estancias Cortas de Investigación

2025-2

Cuantificación de flavonoides totales (TFC) en macroalgas comerciales con el método de complejometría y su medición espectrofotométrica UV-Visible.

Elaborado por: Silva-Mata, D. E., Vitela-Escudero, F.I.

Revisado por: Dra. Rodríguez-Salazar, M.T.

Fecha de elaboración: 20 de junio de 2025.

Fecha de revisión: ____ de junio de 2025.

Programa de Estancias Cortas de Investigación

Número de folio:799 Carrera: Química Industrial FESC UNAM Semestre: 8

Macroalgas: Análisis y Aplicación

Responsable del Proyecto DGAPA-UNAM PAPIIME PE201324: Dra. María Teresa de Jesús Rodríguez Salazar Compañera PECI: Danna Estefanía Silva Mata

RESUMEN E INTRODUCCIÓN:

Los flavonoides son metabolitos secundarios de origen vegetal con estructuras polifenólicas. Se encuentran en frutas, verduras, granos y bebidas como el té y el vino. Tienen propiedades bioactivas con efectos antioxidantes, antiinflamatorios y antimicrobianos. Por esto, son estudiados para aplicaciones farmacéuticas y nutricionales.¹ Se realizará la determinación mediante el método Espectrofotometría UV-VISIBLE del contenido total de polifenoles (PPT) y contenido total de flavonoides (TFC) en muestras de macroalgas *Sargassum fluitans* III provenientes del estado de Quintana Roo, México, por dos métodos: el método directo para el cálculo de (PPT) y mediante una complejación colorida con el reactivo de Cloruro de Aluminio III que forma un complejo con los flavonoides para el cálculo de (TFC).

HIPÓTESIS

Las muestras de macroalgas pardas, *Sargassum fluitans* III contienen polifenoles y flavonoides en concentraciones detectables y cuantificables, se busca obtener valores eficientes.

OBJETIVOS

1) Investigación formativa en el tema
2) Identificar estudios reportados de análisis cualitativo y cuantitativo realizados a muestras de macroalgas
3) Propuesta de diseño experimental para el análisis cuantitativo de muestra de macroalgas comestible, empleando Espectrofotometría UV-Vis
4) Elaboración de Infografía y Presentación de Seminario, para difundirse en el repositorio Institucional AMyD.
<https://amyd.quimica.unam.mx/course/view.php?id=458§ion=2¬ifiedlogin=1>

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

Se desea conocer experimentalmente mediante espectrofotometría UV-Vis. El contenido de PPT y de flavonoides, para esto se requiere un tratamiento de muestra previo para poder extraer nuestra muestra de forma óptima, además se plantea EtOH como disolvente adecuado para poder extraer nuestro analito, además obtener la lectura en el instrumento y poder conseguir la mayor cantidad de nuestro analito problema. Así mismo se adaptó la concentración de nuestras muestras para que estas puedan comprender el rango de nuestra regresión lineal. Para la determinación de TFC se modificaron los métodos de Cloruro de Aluminio con las consultadas en la literatura. Se escogieron los disolventes ideales para nuestros reactivos. Un ejemplo la quercetina es poco soluble en agua y etanol por lo que se usó metanol para su preparación stock.

METODOLOGÍA

Imagen I. Procedimiento experimental del experimento

1. Tratamiento físico de la muestra. I. 10-20 g de alga se seca en horno a 60°C por 3 hr. II. Posteriormente se realiza triturado y III. pulverizado en mortero de ágata. IV. Filtrado de tamaño de partícula en Tamizador #60.
2. Lectura de Muestras Extracción mediante etanol al 70%, 0.25 g en 0.25 L de disolvente en un tiempo de 24 hrs. II. Centrifugación 3500 rpm, 10 min. III. Filtración a gravedad con papel filtro. Alorar a 25 mL. Repetido por triplicado. IV Método a. Determinación de Polifenoles Totales a 280 nm usando una curva de calibración con ácido gálico método directo. Donde las muestras se leen directamente en celdas de cuarzo y la muestra se diluye si se requiere para obtener un valor dentro del espectrofotómetro. IV Método b. Determinación de Flavonoides Totales a 415 nm utilizando una curva de calibración Quercetina formando complejo.
3. Preparación del complejo:
 - a. Muestra o calibrante
 - b. 0.4 mL de AlCl3 al 10% p/v
 - c. 0.4 mL de CH3COOK 1M
 - d. alorar a 10 mL en matraz volumétrico

Obtención de % recuperación de cada uno de los métodos. Esto es mediante un método de adición estándar de nuestra regresión lineal, donde se ajusta una muestra conocida como Blanco de Recuperación el cual únicamente tiene muestra y un Spike el cual además de la muestra contiene estándar de concentración conocida para aumentar la señal. Este valor indica la eficiencia del proceso químico.

BIBLIOGRAFÍA

(1) Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. (2016). Flavonoids: an overview. *Journal of Nutritional Science*, 3, e47. doi:10.1017/S204610712016141

(2) Ernst, S., Sytnik, E., Wang, J., & Andia, Y. (2024). *Activas antioxidantes total fenol Sargassum sp. del Parque Simulador Azul, Jalisco*. *Persepolis*, 1(1), 27(3), 186-196. <https://doi.org/10.31838/PP.2023.01.001>

Shah, A. M., Ahmad, T. A., Rahman, M. M., & Iqbal, Y. M. (2021). Determination of total flavonoid content by aluminum chloride assay: A critical evaluation. *LWT*, 150, 111892. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111892>

AGRADECIMIENTOS

• Verónica Monroy Velázquez
• Juan Rolando Vázquez Miranda
• Dra. Miriana Monroy B.
• Ricardo
• Cecilia Santos Trejo
• QFB Elizabeth Antonio M.

• Dr. José Luz González Chávez (Jefe DGA)
• Personal de LUQIS
• Alberto Colín Segundo
• Ricardo
• Cecilia Santos Trejo
• QFB Elizabeth Antonio M.

Programa de Estancias Cortas de Investigación

2025-2

###, 6, QFB

MACROALGAS: ANÁLISIS Y CUANTIFICACIÓN

Resumen

El ambiente masivo de sargazo al Caribe mexicano representa un problema ambiental, social y económico relacionado con el cambio climático y la contaminación. Este proyecto se enfocó en el diseño y validación de un protocolo experimental para cuantificar compuestos fenólicos totales (TPC) y flavonoides totales (TFC) en extractos de *Sargassum fluitans* provenientes de Quintana Roo, utilizando espectrofotometría UV-Visible por método directo. Los resultados se compararon con valores reportados en la literatura, obteniendo recuperaciones del 58.17% para TPC y 38.29% para TFC.

Planteamiento del problema

La llegada masiva de sargazo al Caribe ha causado un desequilibrio ambiental, social y económico. Este fenómeno se debe al cambio climático y la contaminación humana. Sin embargo, el sargazo contiene compuestos bioactivos con potencial para diversas industrias (farmacéutica, cosmética, etc.). Esto permite una economía circular, transformando el sargazo de residuo en un recurso valioso para el desarrollo sostenible y el tratamiento de contaminantes.

Hipótesis

El protocolo experimental, utilizando como técnica analítica espectrofotometría UV-Visible y por método directo y complejometría, cuantificar con precisión y exactitud los compuestos fenólicos totales y flavonoides totales en extractos de *Sargassum fluitans* proveniente del Q. Roo. Se espera que ambos métodos demuestren alta precisión (RSD<5%), buena exactitud (recuperación 90-100%) y sensibilidad adecuada, linealidad (R² > 0.99).

Objetivos

Los objetivos principales son compilar y analizar información documental sobre la cuantificación de flavonoides para sustentar una investigación formativa. También se busca comparar la proporción de compuestos fenólicos totales y flavonoides totales en una matriz compleja. Finalmente, se pretende diseñar y validar un protocolo experimental para determinar analitos mediante complejometría, usando espectrofotometría UV-Visible.

Conclusiones

El protocolo espectrofotométrico permitió cuantificar compuestos fenólicos totales (TPC) y flavonoides totales (TFC) en *S. fluitans*, aunque con recuperaciones menores al rango ideal (90-100%). La mayor recuperación de TPC indica mayor disponibilidad o reactividad de fenoles distintos a flavonoides, mientras que la menor recuperación de TFC se atribuye a baja reactividad con cloruro de aluminio y la presencia de interferentes en la matriz.

Agadecimientos académicos

• Departamento de Química Analítica (DGA)
• Jefe Dr. José Luz González Chávez
• Secretaria QFB Ana Carolina Soriano
• Colaborantes:
• QFB Elizabeth Antonio M.
• M. en C. S. Cárdenas-Delgado
• Dra. Miriana Monroy B.
• M. en C. Alberto Colín Segundo
• QFB Juan Carlos Hernández Chacón
• ICMyA - UNAM
• Dra. Verónica Monroy Velázquez

• LUQIS - UNAM
• Encargado QFB Miriam Bermejo Salas, Gabriela Toledo Salas
• JPRP
• Encargados (PECI 2025-2)
• QFB Elizabeth Antonio M.
• QFB Soriano Trejo, C.
• Proyecto:
• DGAPA-UNAM PAPIIME PE201324

Metodología

Preparación de muestra

Cuantificación de flavonoides

Curva de calibración de quercetina

Cuantificación de polifenoles

Curva de calibración

Resultados

Figura 1. Curva de calibración de ácido gálico 1039.59 mg/L en EtOH 70% : H2O DI 30%

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

TPC experimental (mg/L)	Evaluación de valor reportado (Nurhayati, Hasan, & Salmi, 2024, p. 434)
0.95	7.45 GAE mg/g
0.95	
0.96	

%Recuperación: 58.17%

Figura 2. Curva de calibración de quercetina (Qe) 1006.24 mg/L en MeOH 70% : H2O DI 30%

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

TFC (mg/L)	Evaluación de valor reportado (Paredes-Camacho et al., 2023)
1.146	5.77 Qe mg/g
1.157	

%Recuperación: 38.29%

Bibliografía

• Nurhayati, Hasan, & Salmi. (2024). *Analisis kandungan polifenol total dan flavonoid total pada Sargassum fluitans*. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 17(1), 1-5. <https://doi.org/10.31838/JCPR.2023.01.001>

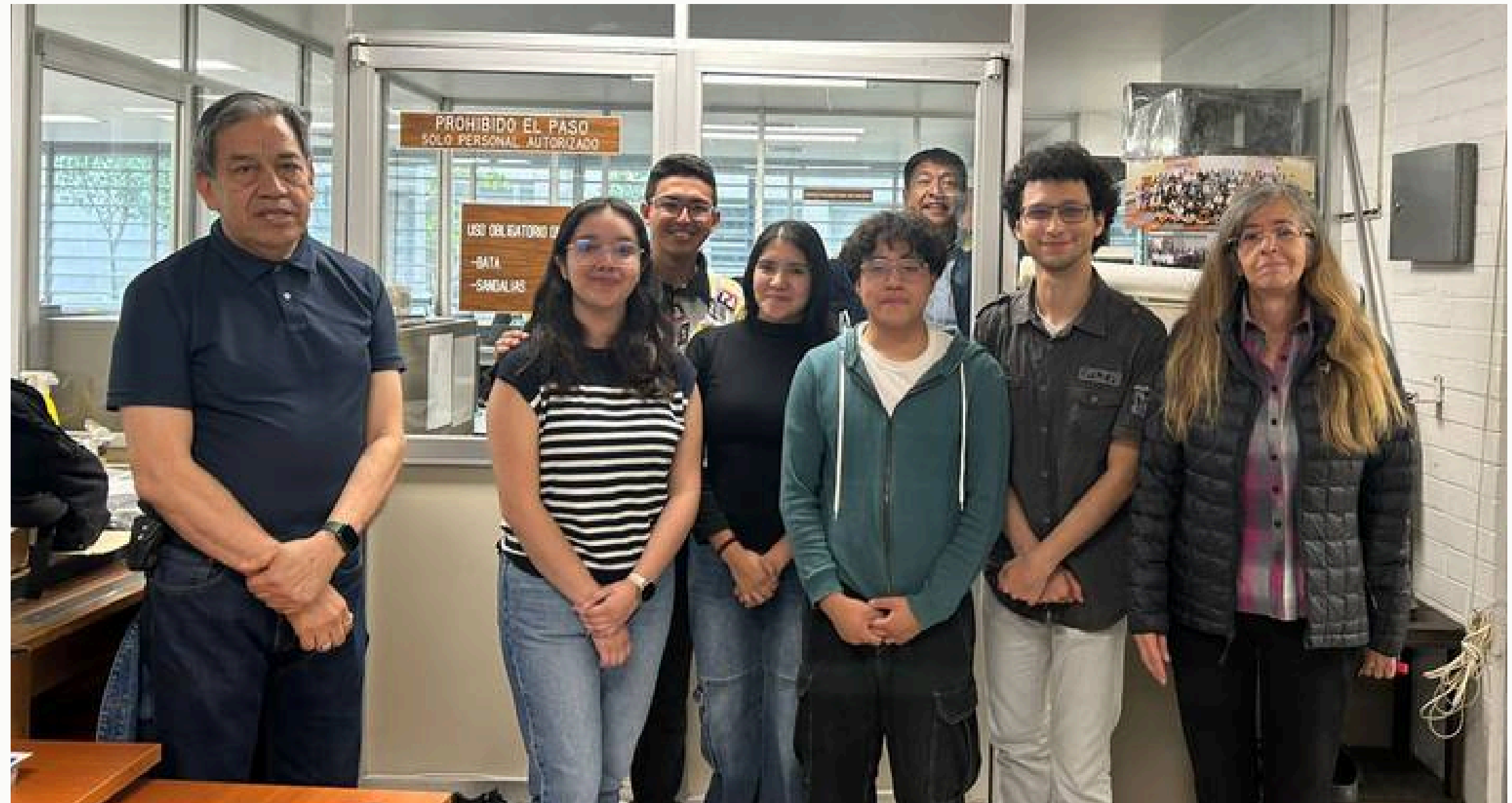
• Paredes-Camacho, et al. (2023). *Contenido de flavonoides totales en Sargassum fluitans*. *Revista de Química*, 1(1), 1-5. <https://doi.org/10.31838/RQ.2023.01.001>

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	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

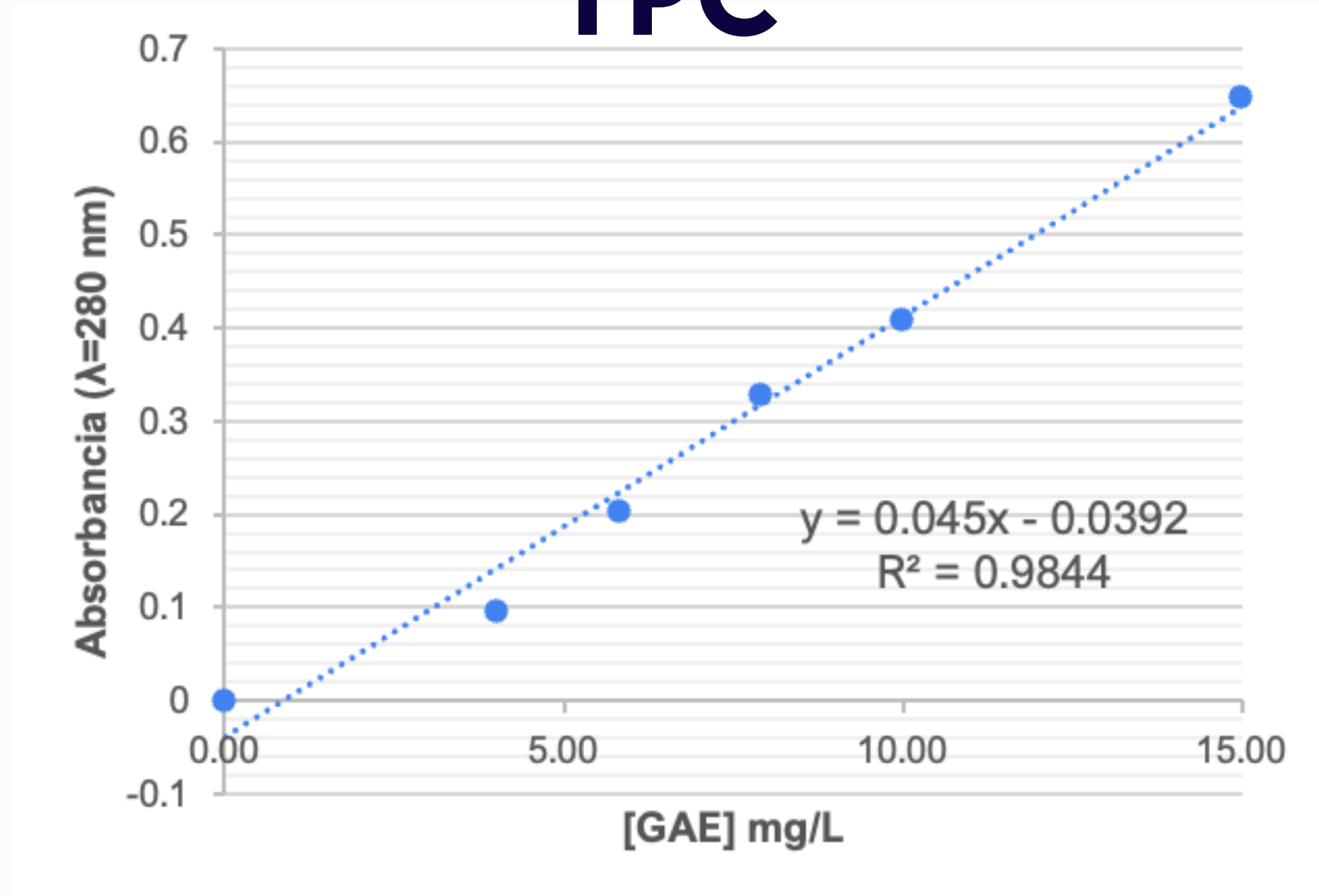


Figura 4. Curva de calibración corregida de ácido gálico 1039.59 mg/L en EtOH 70% : H₂O DI 30%

TFC

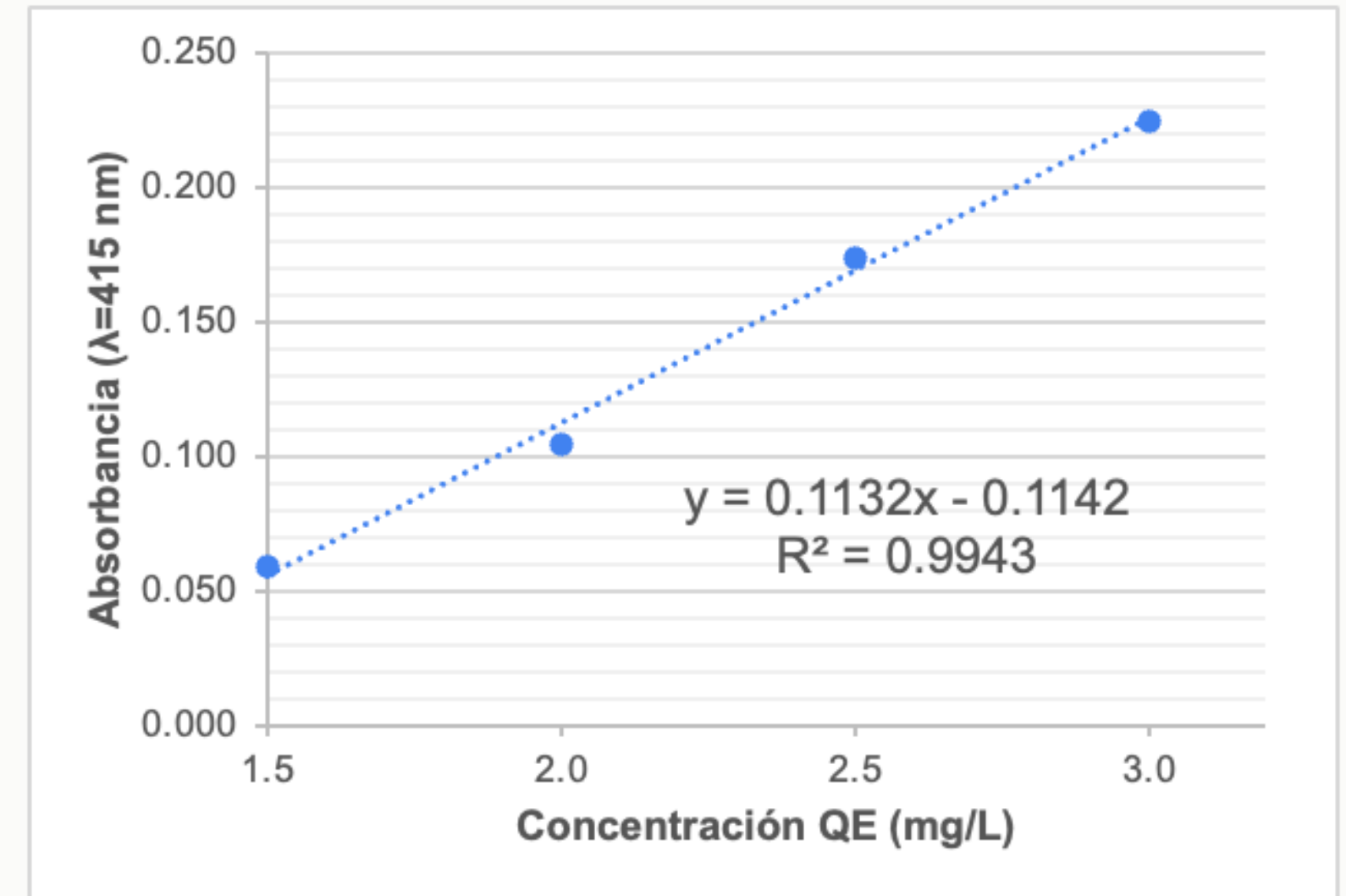


Figura 5. Curva de calibración corregida de quercetina (QE) 1006.24 mg/L en MeOH.

Resultados

TPC

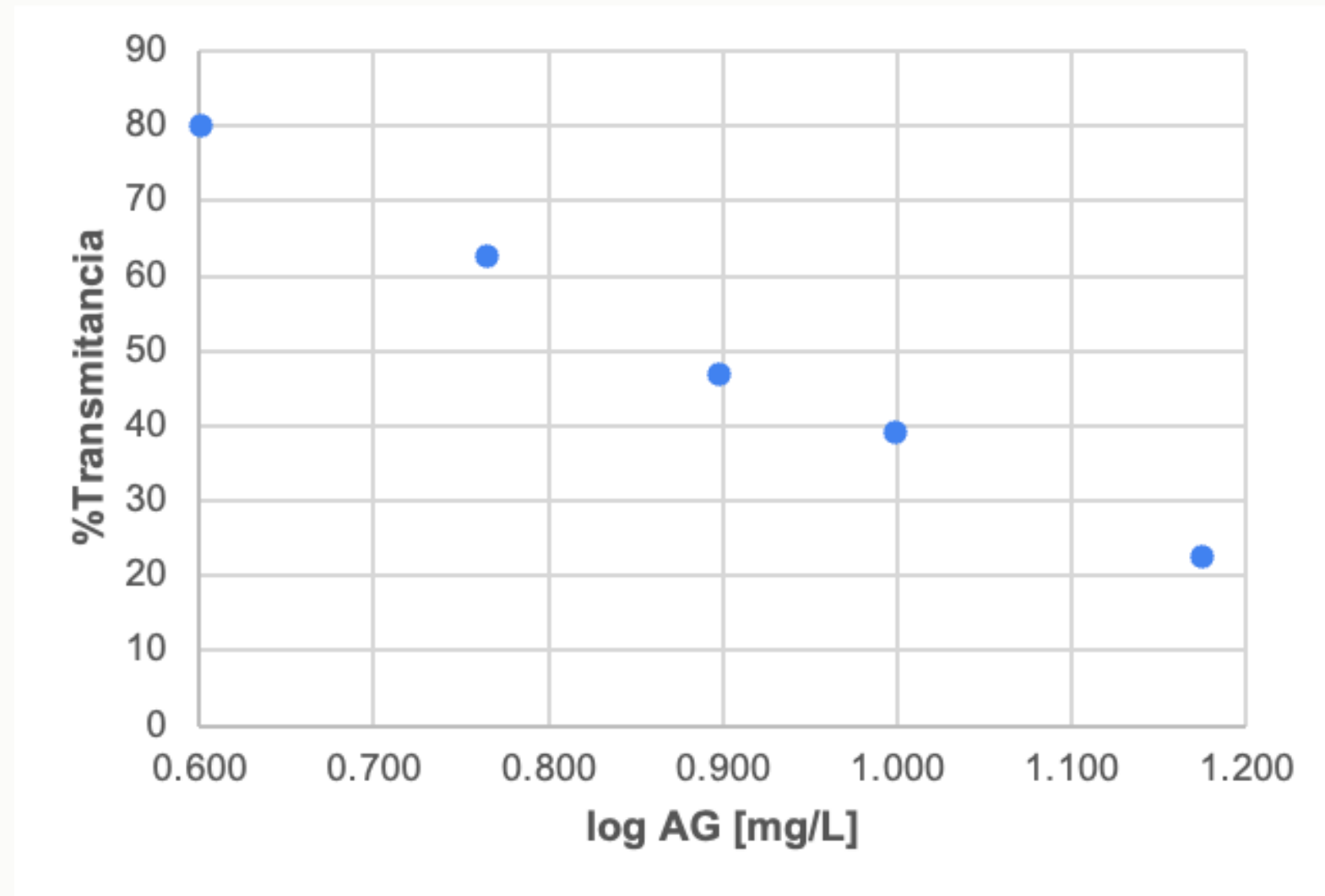


Figura 6. Curva Ringbom de ácido gálico (AG) 1039.59 mg/L en EtOH 70% : H₂O DI 30%

TFC

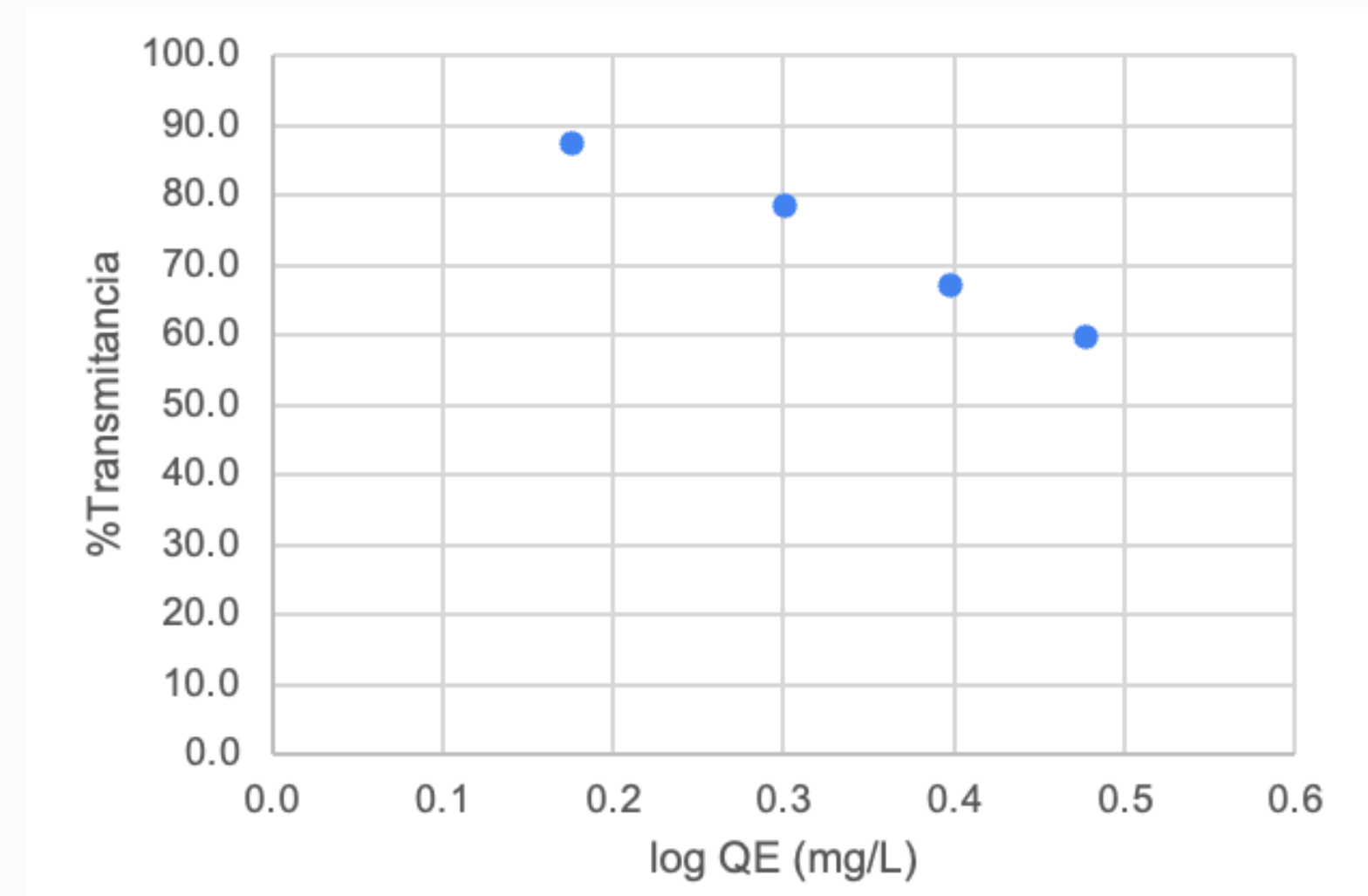


Figura 7. Curva Ringbom de quercetina (QE) 1006.24 mg/L en MeOH.

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%

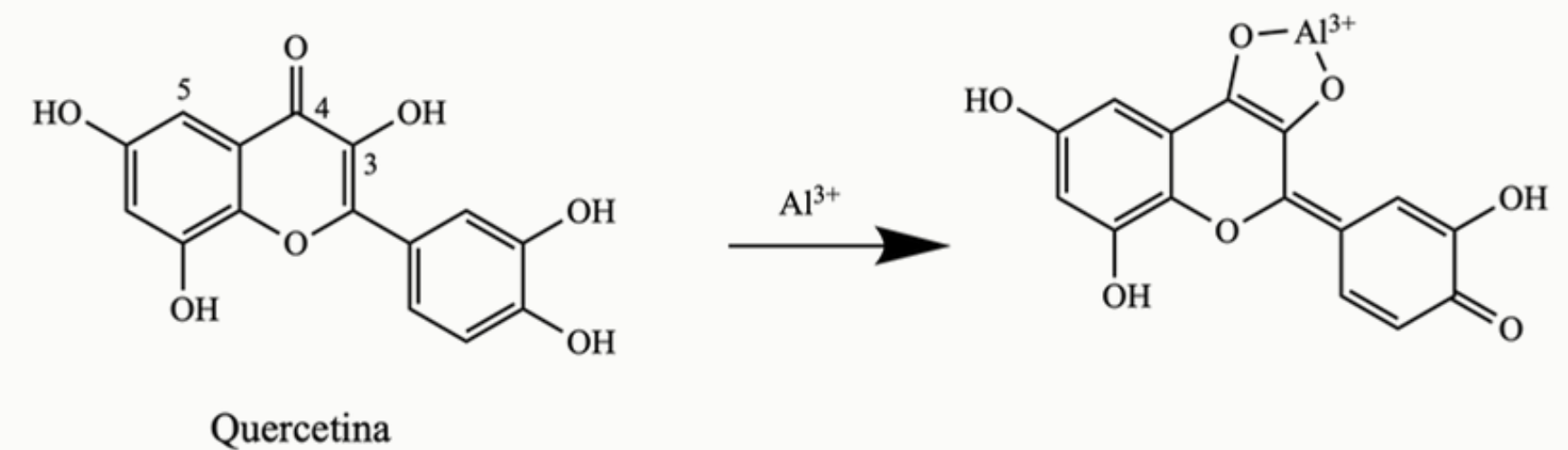
%RSD: 0.45



TFC Método AlCl₃

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 sargaso 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 genero *Sargassum fluitans* III

La formación de complejos con 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
- 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

- 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 tetrastomatica. *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

- 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>