



Proyecto de investigación
PECI 2024-2. Programa Estancia Corta de
Investigación



MACROALGAS: ANÁLISIS Y APLICACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA.
Depto. Química Analítica.

TUTOR: María Teresa de Jesús Rodríguez Salazar.

SUSTAYTA AZUARA MANUEL ARTURO - QFB

VERA JIMÉNEZ MARCUS IAN - QA

México, CDMX, Julio 2024



CONTENIDO:

1) PORTADA.....	01
2) OBJETIVOS.....	03
3) INTRODUCCIÓN.....	04
5) MATERIALES Y REACTIVOS.....	12
4) METODOLOGÍA.....	13
5) RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
6) ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS.....	24
7) CONCLUSIONES.....	26
8) AGRADECIMIENTOS ACADÉMICOS.....	27
9) BIBLIOGRAFÍA.....	28

OBJETIVOS:

a) Conocer tipos de macroalgas y su composición química.

b) Identificar la biodiversidad de macroalgas presentes en México.

c) Identificar estudios reportados de análisis cualitativo y cuantitativo realizados a muestras de macroalgas.

d) Propuesta de diseño experimental para el análisis cuantitativo, empleando espectrofotometría UV-Vis.

e) Elaboración de infografía y presentación de seminario.



¿MACROALGAS?

- Son organismos multicelulares.
- Fotosintetizadores debido a los cloroplastos.
- Se desarrollan en ambientes acuáticos.
- Estructuras simples y macroscópicas.
- Se clasifican en 3 grandes grupos:

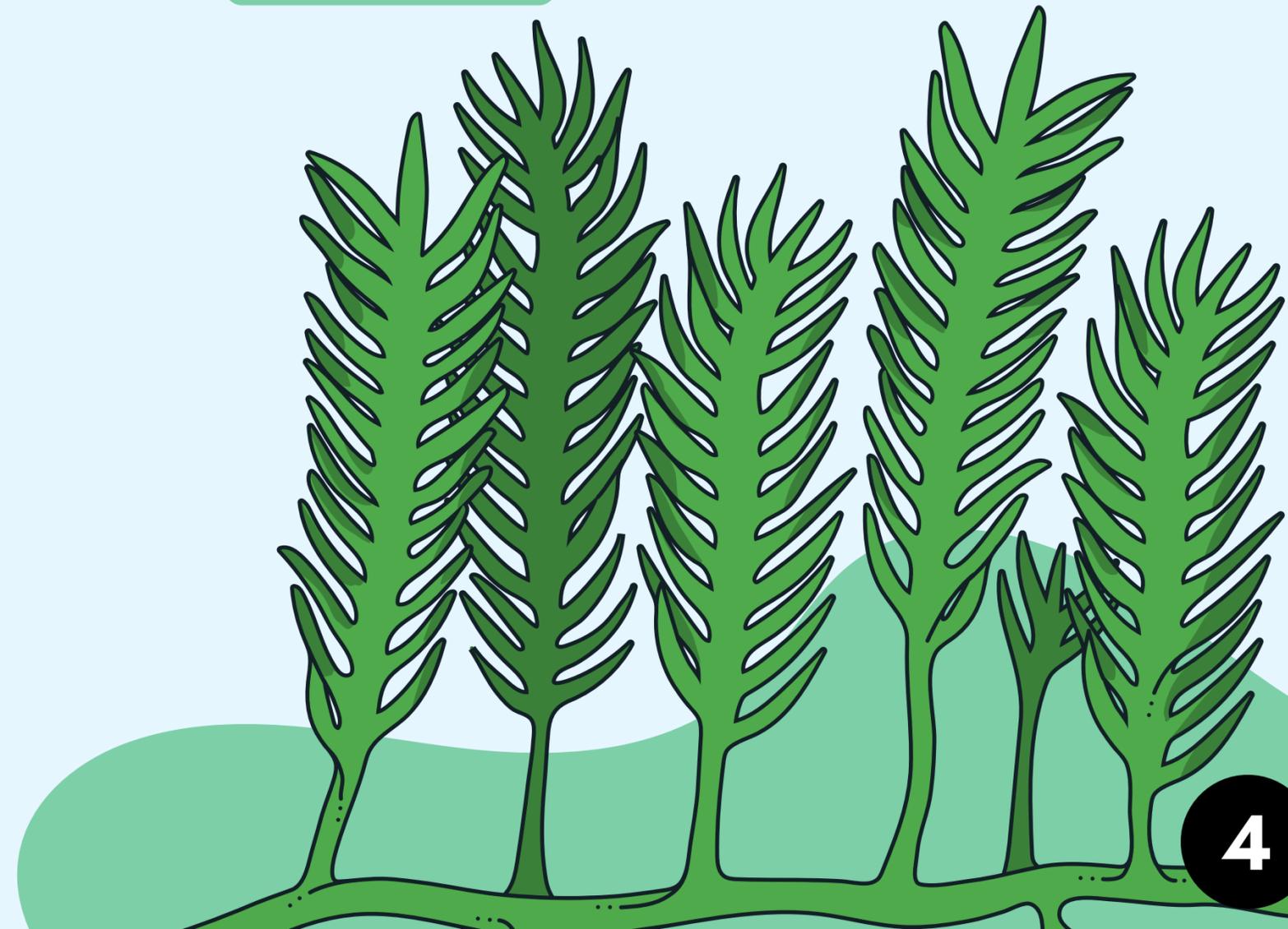
Algas verdes (*Phylum Chlorophyta*), las algas pardas (*Clase Pheophyceae*) y las algas rojas (*Phylum Rhodophyta*).

Pigmentos

Microfibrillas de celulosa, galactanos y polisacaridos.

Principalmente por la clorofila pero también vemos carotenoides.

Formada por...



Adentrándonos en las especies...

La diversidad de macroalgas marinas de México asciende a 1698 taxones infra genéricos: 311 *Chlorophyta*, 239 *Phaeophyceae*, 1148 *Rhodophyta*. (Novelo & Tavera, 2022)

Figura 1. Sitios de macroalgas en México. CONABIO



Territorio mexicano

El pacífico mexicano se cataloga como una zona "rica" en presencia de algas (entre 900-1100 especies existentes de la taxonomía) esto brindado por la *Revista mexicana de biodiversidad*

¿En dónde vemos sus aplicaciones?

Algas utilizadas

Porphyra yesoensis

Sargassum fusiforme

Undaria pinnatifida

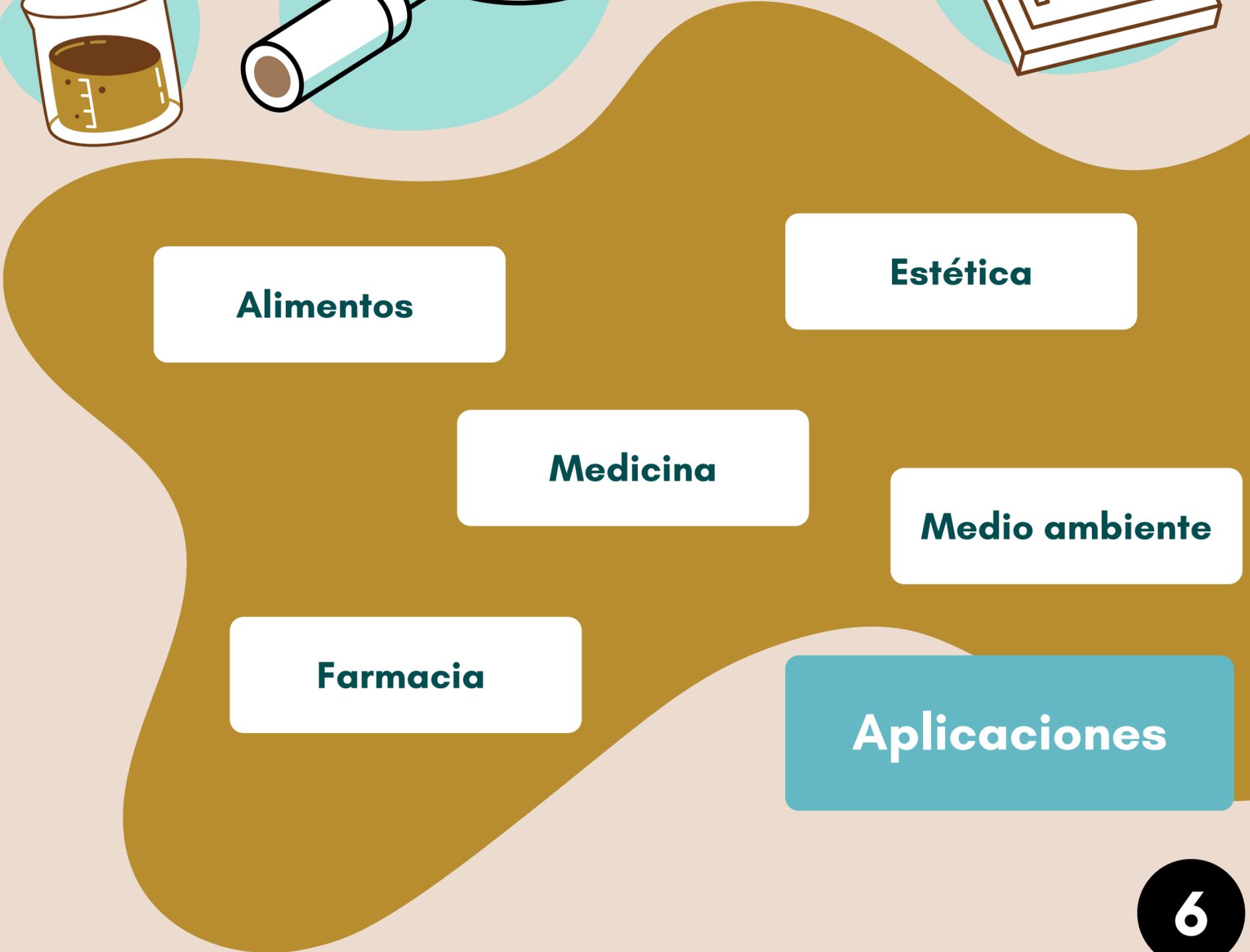
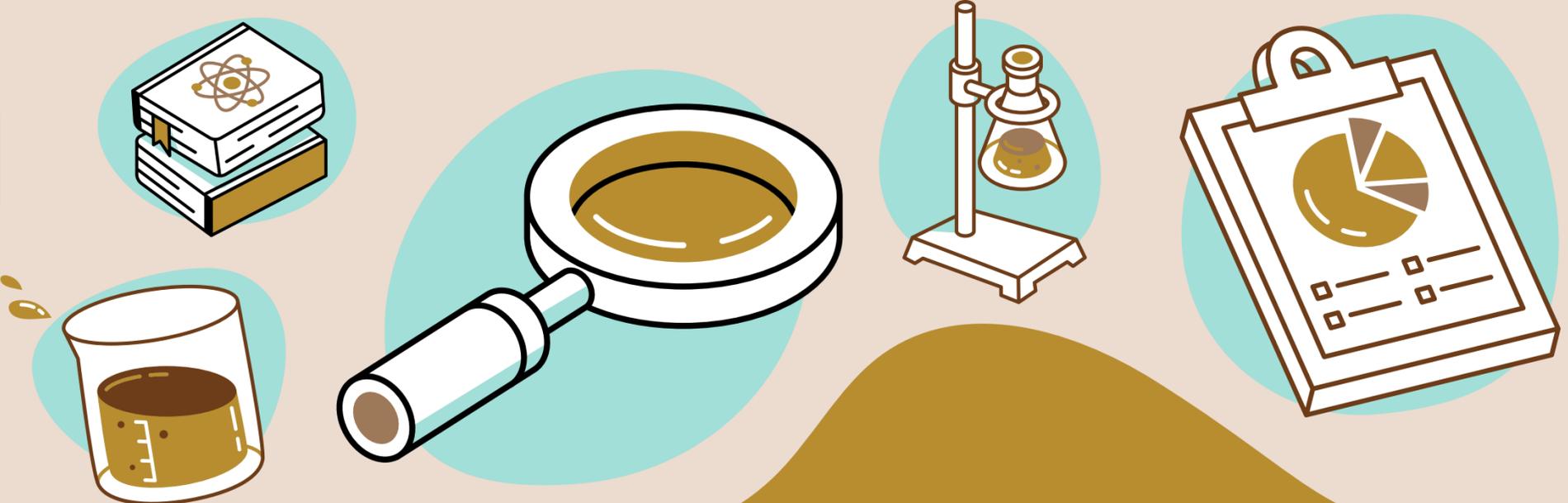
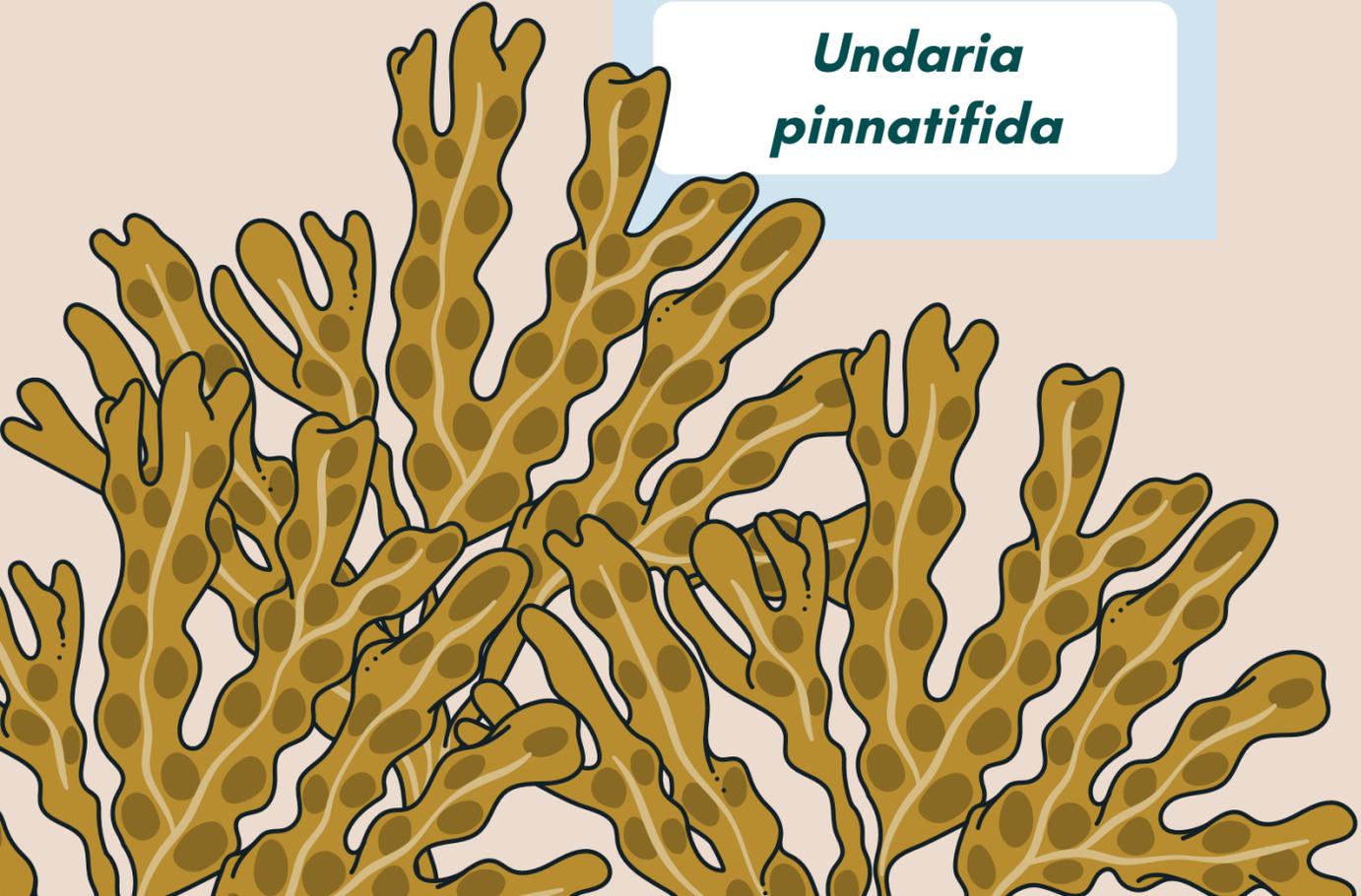




Figura 2. Imagen *Porphyra yesoensis*. (Martínez Martínez 2018)

ALGA “NORI”

Porphyra yesoensis

- Aparecen en zonas rocosas, en ambientes templados, tiene color que varía de rojo a café.
- Absorbe nutrientes del agua del mar; es rico en proteínas y aminoácidos libres.
- China, seguida de Japón y Corea del sur son los principales países productores de Porphyra (es decir en su cultivo e industrialización).
- En México se reconocen 6 especies de Porphyra, siendo 3 registradas en la costa occidental de Baja California. (Dawson, 1953; Hawkes, 1977; Aguilar-Rosas et al., 1984).
- Contienen compuestos bioactivos con propiedades antibacterianas, antiinflamatorias y antivirales.



Figura 3. Imagen *Sargassum fusiforme*. (Martínez Martínez 2018)

Crecen en forma de arbusto y miden hasta 1 metro de altura. Perteneciente a la clase *phaeophyceae*, presenta una forma cilíndrica de color negro; tienen sabor amargo y una consistencia gelatinosa. Su producción predomina en Japón debido a la etiqueta nutricional que presenta, principalmente de calcio y hierro.

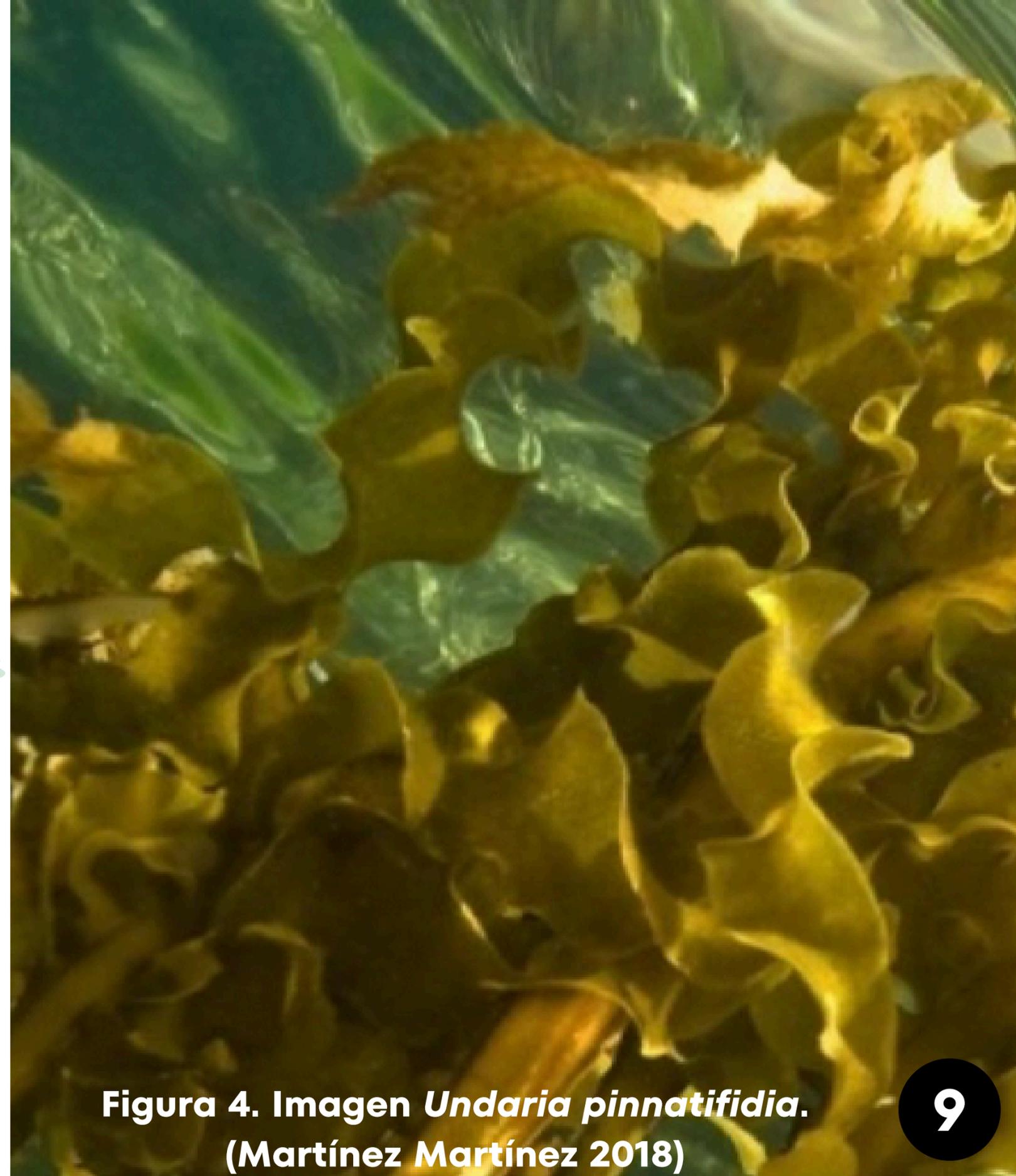
ALGA “HIJIKI”

Sargassum fusiforme

- Su color varía pero tiene tonalidades amarillas, esto debido a la producción de un mucus protector y el entorno en el que crezca.
- Se utilizan para la extracción de hidrocoloides.
- Tiene efectos antioxidantes en el organismo.
- Proporciona importantes cantidades de vitaminas A,B, C y minerales como lo es el fósforo, magnesio y potasio.

ALGA “WAKAME”

Undaria pinnatifida



**Figura 4. Imagen *Undaria pinnatifida*.
(Martínez Martínez 2018)**

¿En qué nos estamos enfocando?

En la última década el continente de Asia ha aumentado hasta un 50% su producción en el crecimiento de algas marinas, sobre todo en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética por las proteínas y polifenoles en su biomasa. Los compuestos fenólicos son metabolitos presentes en el reino Plantae con propiedades antioxidantes, antimicrobianos y antitumorales.

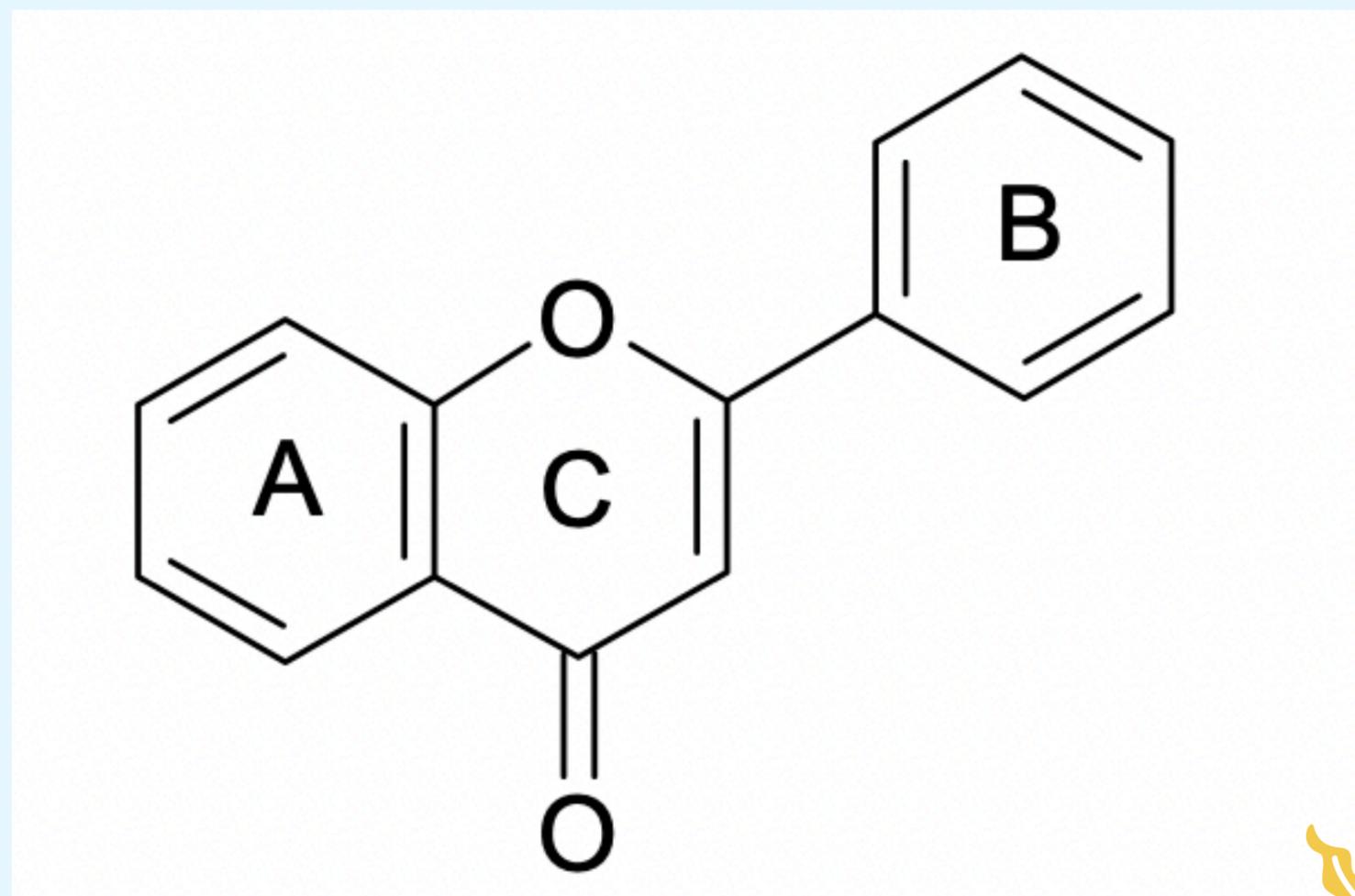


Figura 5. Esqueleto flavonólico estructura básica.
(Alejandro, G. 2009)

POLIFENOLES

**ACTIVIDADES
QUELANTES EN
METALES**

**ELIMINACIÓN
DE RADICALES
LIBRES**

Para la cuantificación de polifenoles totales existen métodos como el "Folin-Ciocalteu", Azul de Prusia, y el método directo. (Alvarez-Yanamango, Sarmiento, Cáceres & Huayta, 2019).

¿En qué nos estamos enfocando?

BIORREMEDIACIÓN

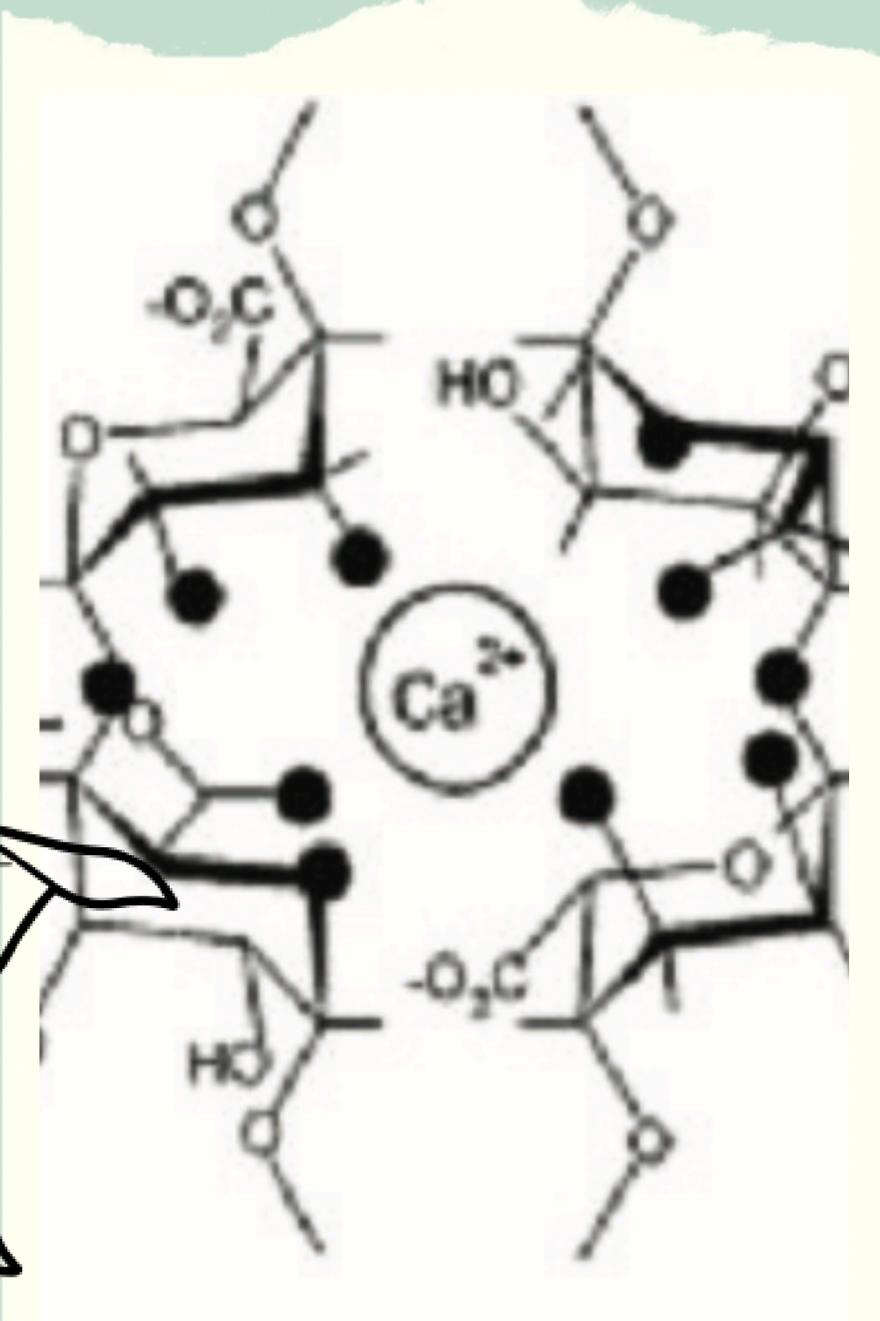


Figura 6. Dimerización de alginato. (Sandoval, G. 2006.)

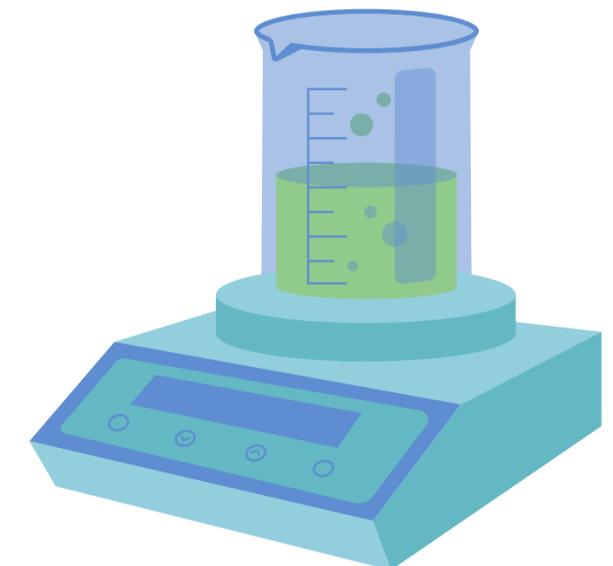
Es un tratamiento natural en el cual hay remoción de metales pesados en cuerpos acuáticos mediante intercambio iónico o absorción gracias a biomasa marina.

Estudios han brindado información acerca de las concentraciones aceptadas de algunos metales en agua de mar, se encontraron concentraciones promedio de: Cu de 1,80 ($\mu\text{g/L}$), Cd de 0,03 ($\mu\text{g/L}$), Ni de 0,8 ($\mu\text{g/L}$), Pb de 0,59 ($\mu\text{g/L}$), As de 0,7 ($\mu\text{g/L}$) y para Hg de 0,24 ($\mu\text{g/L}$). (Vargas, S. L. A. 2003). Los valores máximos recomendados por la CEE son: 50 ppb para el As y el Cr, 1 ppb para Cd, 0.5 ppb para el Hg, 1000 ppb para el Cu y Fe, etc.

El exceso de metales pesados es dado inicialmente por el mal manejo de residuos en la industria desembocando la destrucción de volúmenes marinos, daños a organismos, problemas en actividades marinas como la pesca, y un efecto perjudicial en la salud humana.

MATERIALES Y REACTIVOS

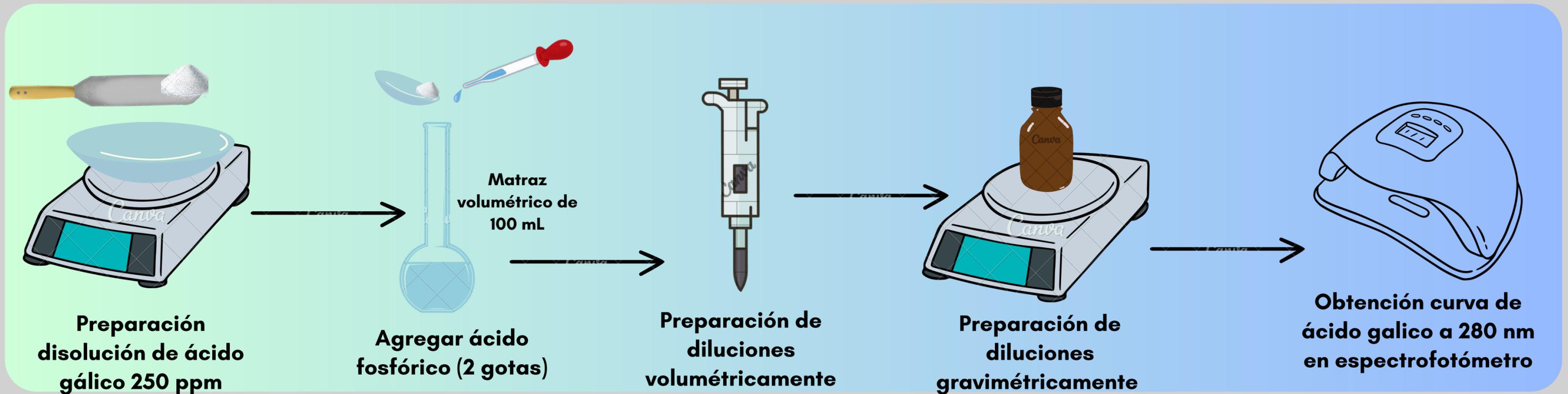
Material utilizado	EXP 1. Cuantificación de polifenoles totales	EXP 2. Cuantificación de cobre: BIOSORCIÓN
<p>REACTIVOS Y SUSTANCIAS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ácido Gálico Monohidratado (Marca Meyer) • Agua desionizada • Ácido fosfórico (Control de Reactivos Lab3/D) • <i>Porphyra yezoensis</i> (Alga "Nori" marca Kaporo) • Etanol marca "J.T.Baker" 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Sargassum fusiforme</i> (Alga "Hijiki" marca Wel-Pac) • <i>Undaria pinnatifida</i> (Alga "Wakame" marca Fueru Wakame) • Agua desionizada • Ácido nítrico al 1% • Nitrato de cobre hemipentahidratado (Marca "Mallinckrodt")
<p>INSTRUMENTOS Y EQUIPO DE LABORATORIO</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tubos de ensayo • Pipetas verales • Matraz volumétrico de 100.0 mL • Matraz volumétrico de 25.0 mL • Micropipeta • Vasos precipitado • Espátula • Equipo UV-Visible VELAB VE-5100UV • Celdas de cuarzo • Varilla de vidrio • Recipientes de poliestireno y vidrio para resguardo de sustancias • Centrifugadora El crisol DSC-200A-1 • Balanza granataria "Ohaus" • Naves de pesado • Piseta 	<ul style="list-style-type: none"> • Micropipetas • Tubos de ensayo • Pipetas verales • Micropipeta • Vasos precipitado • Nave de pesado • Espátula • Tiras pH • Estufa de secado "Bushel" • Bureta de 25.0 mL • Balanza granataria "Ohaus" • Espátula • Piseta • Recipientes de poliestireno



METODOLOGÍA:

Cuantificación de polifenoles totales

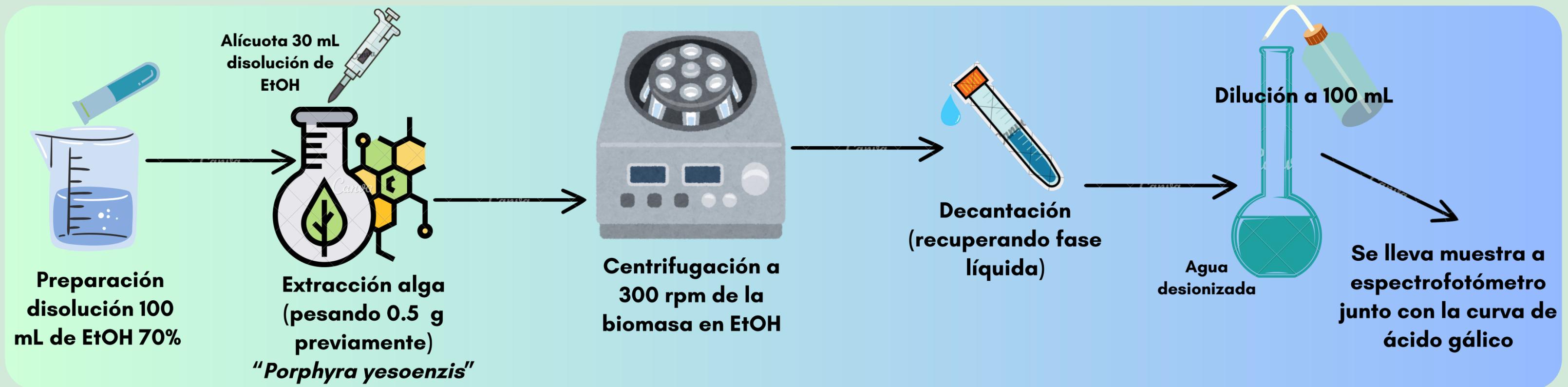
Diagrama 1. Preparación curva de calibración de ácido gálico



METODOLOGÍA:

Cuantificación de polifenoles totales

Diagrama 2. Extracción de muestra, separación física y análisis.



METODOLOGÍA: Cuantificación de cobre. Tratamiento físico

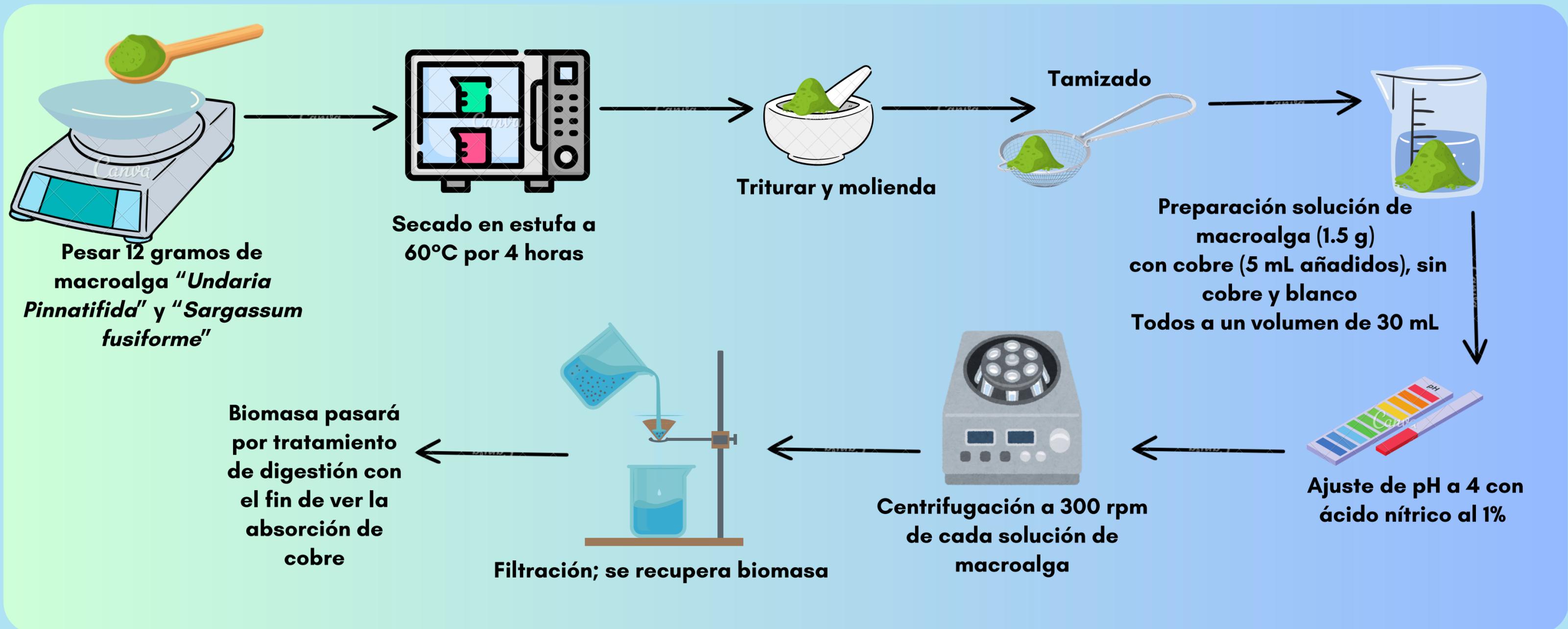
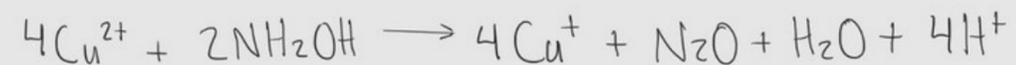
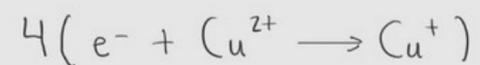
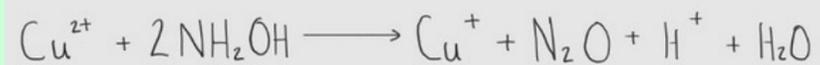


Diagrama 3. Tratamiento físico para proceso de biosorción de Cu en macroalgas.

METODOLOGÍA: Cuantificación de cobre. Tratamiento químico



Reacción 1.Reducción de cobre

Diagrama 4. Tratamiento químico para proceso de biosorción de Cu en macroalgas.

RESULTADOS:

Cuantificación de polifenoles totales

Tabla 1.1 Datos para la curva de calibración de ácido gálico

Región UV 280 nm		
Solución	mg/L Acido gálico	Absorbancia
Blanco	0	0
1	2.5	0.026
2	6.1	0.381
3	9.8	0.478
4	14.8	1.011
5	20	0.468
6	30	2.191

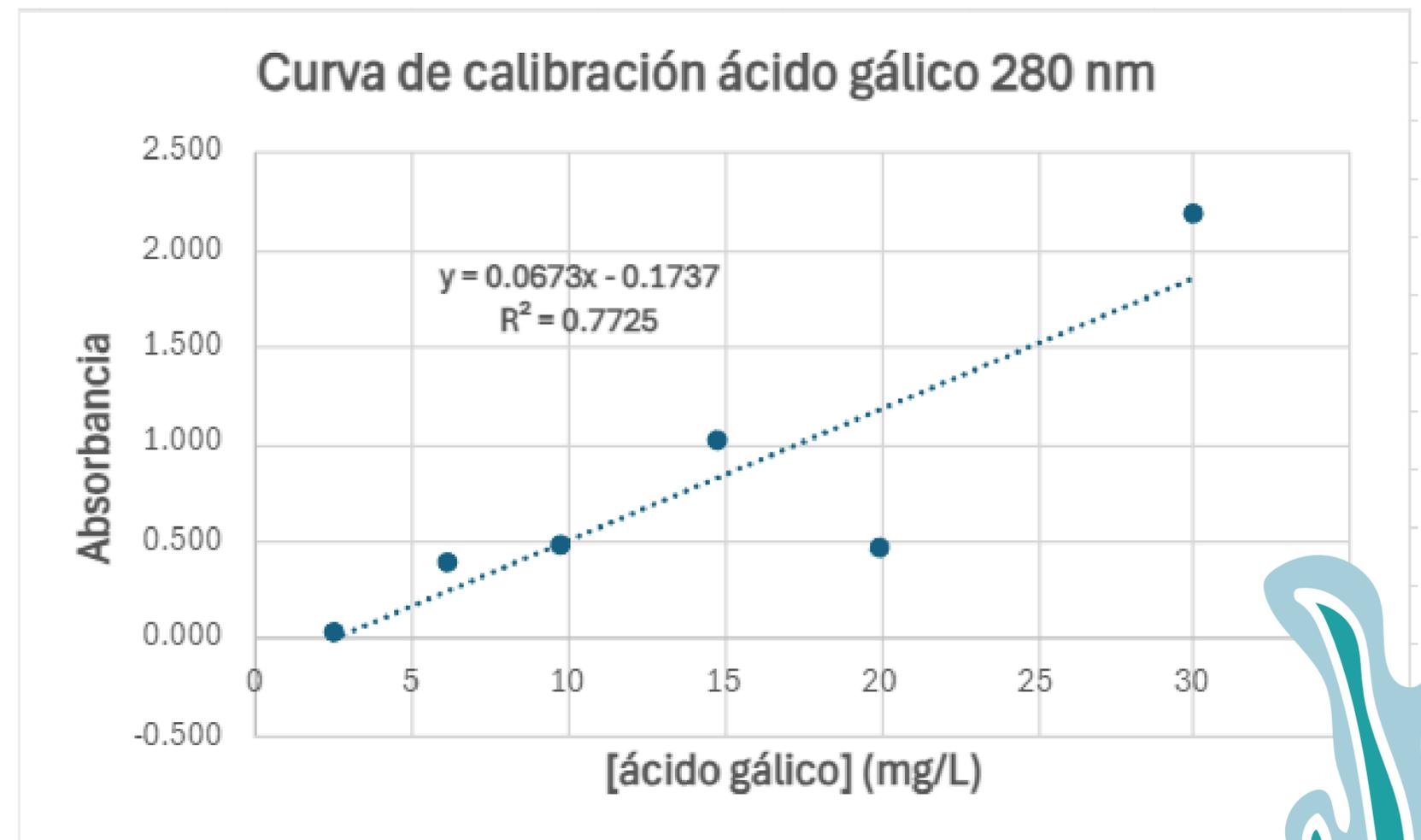


Gráfico 1. Curva de calibración ácido gálico

RESULTADOS: Cuantificación de polifenoles totales

Tabla 1.2 Datos para la curva Ringbom de ácido gálico

LOG [] mg/L	%T
0.398	94.19
0.785	41.59
0.991	33.26
1.170	9.75
1.301	34.04
1.477	0.64

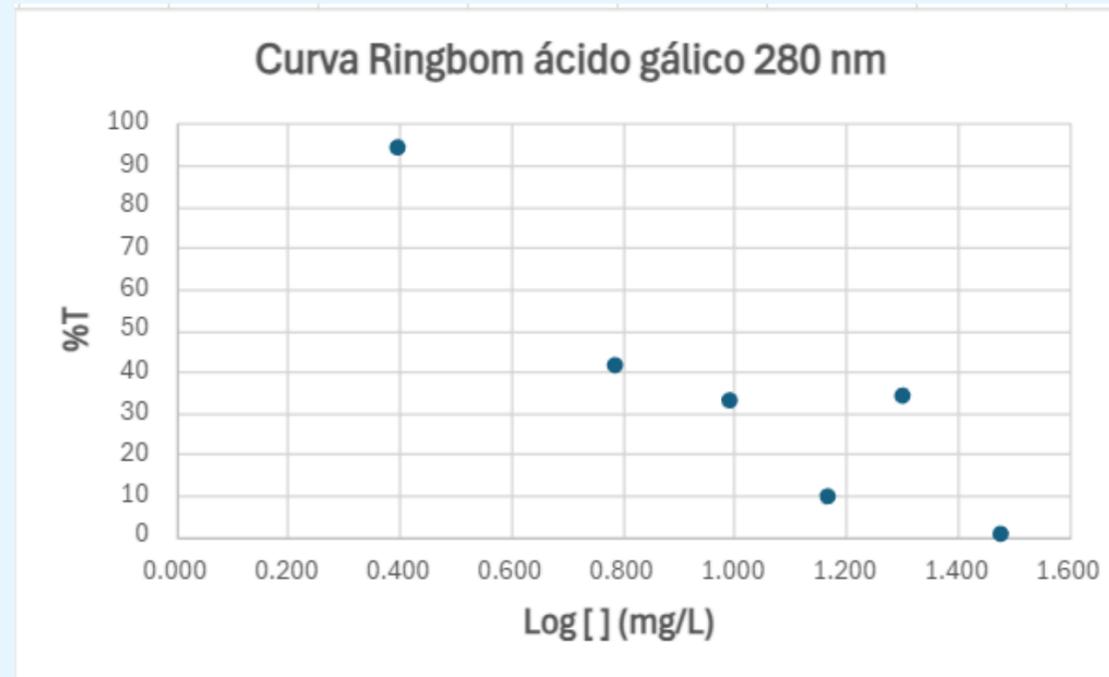


Gráfico 2. Curva Ringbom ácido gálico

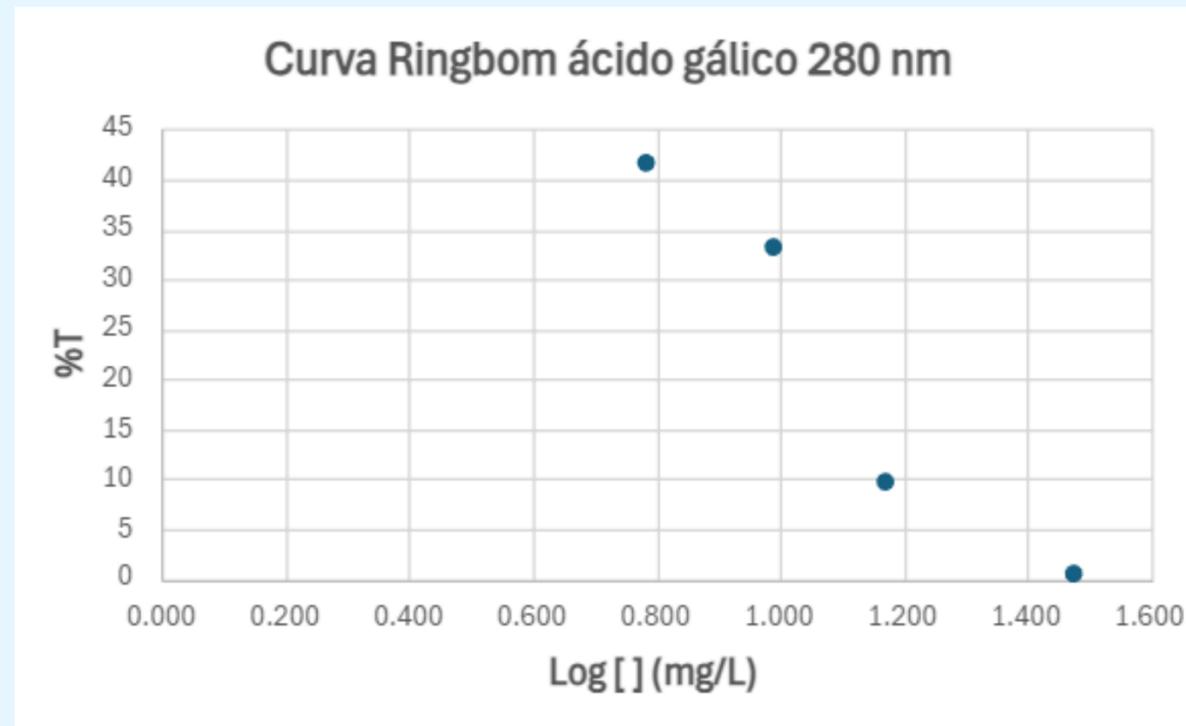


Gráfico 3. Curva Ringbom sin 2.5 y 20 mg/L ácido gálico

RESULTADOS:

Cuantificación de polifenoles totales

Tabla 1.3 Datos para la curva de calibración corregida de ácido gálico

Region UV 280 nm	
[Ac gálico] mg/L	Abs PROMEDIO CORREGIDA
6.1	0.381
9.8	0.478
14.8	1.011
30	2.191

$$Abs = 0.0787[Ac. gálico]mg/L - 0.1796$$

$$[Ac. gálico]mg/L = \frac{Abs+0.1796}{0.0787}$$

Curva de calibración corregida Ac. gálico 280 nm

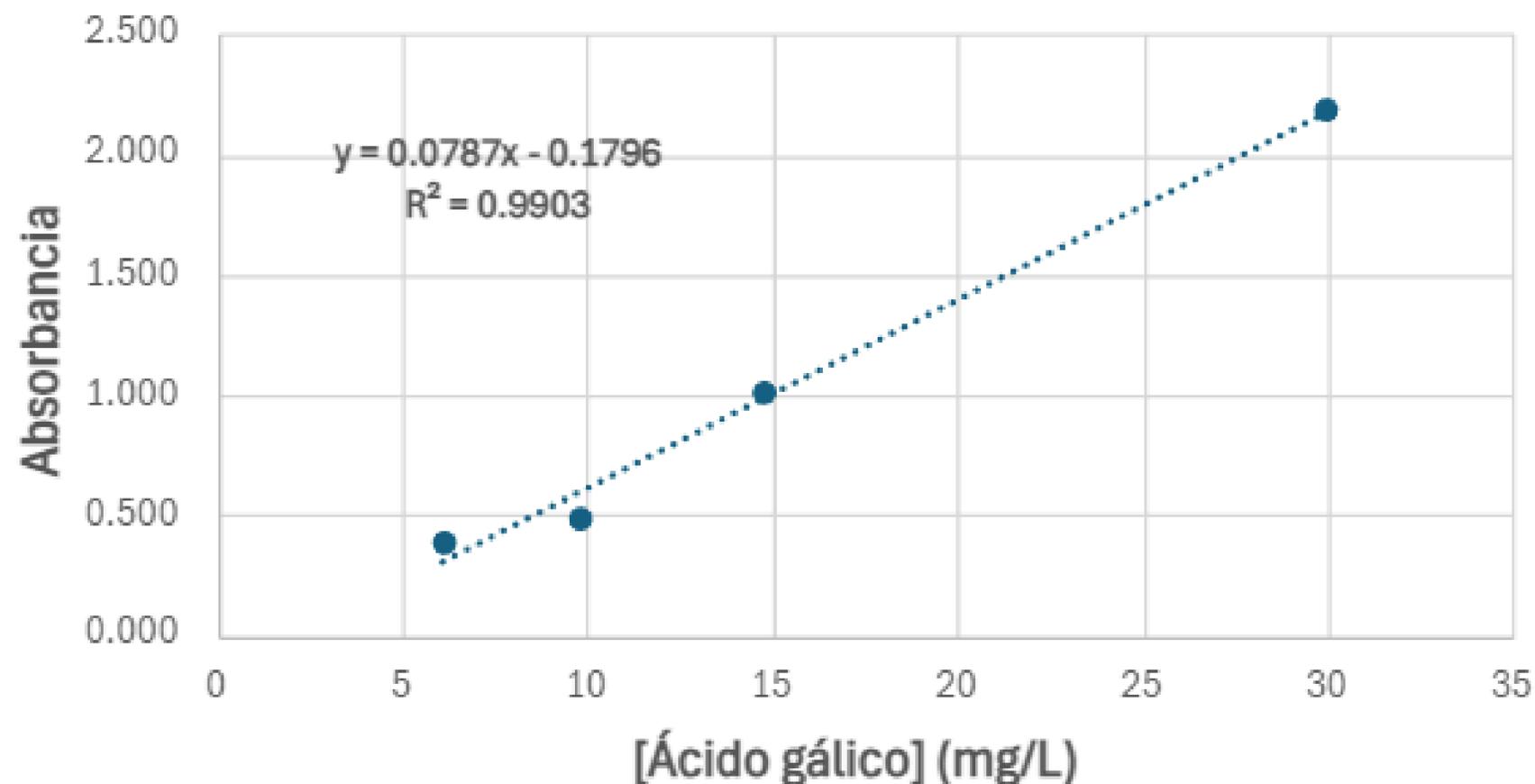


Gráfico 4. Curva de calibración corregida de ácido gálico

RESULTADOS:

Cuantificación de polifenoles totales

Tabla 1.4 Tratamiento de las muestras analizadas

Región UV 280 nm	Absorbancia					mg/L	FD	[] corregida por FD	mg/L corregido por BR
	REP 1	REP2	REP3	PROMEDIO					
Muestra									
BR EtOH 1/2	0.032	0.032	0.032	0.032	2.689	2.068	5.6		
Biomasa + EtOH 1/2	0.602	0.602	0.601	0.602	9.927	2.099	20.8	15.3	
BR EtOH ext	0.000	0.000	0.000	0.000	2.282	-	-		
Biomasa + EtOH ext	1.088	1.087	1.087	1.087	16.098	-	-	14	

Tabla 1.5 mg de polifenoles de las muestras trabajadas

Muestra	mg/L	L de solución	mg de polifenoles
Biomasa + EtOH 1/2	15.3	0.03	0.46
Biomasa + EtOH ext	14	0.03	0.42

Tabla 1.6 Dato del peso de la biomasa sometida a la extracción

peso de biomasa(Porphyra, Nori) sometido a extracción con Etanol 70% (g)
0.5204

Tabla 1.7 mg/g de polifenoles obtenida de las muestras trabajada

Muestra	mg/g
Biomasa + EtOH 1/2	0.88
Biomasa + EtOH ext	0.81
PROMEDIO	0.84

Tabla 1.8 % de obtención de la muestra trabajada

mg/g extraídos	% extraccion
5.859	100
0.84	14.34



RESULTADOS: Cuantificación de polifenoles totales

TABLA V
COMPONENTES FENOLICOS, ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN ALGAS MARINAS

Especie	Tratamiento	TFC mg GAE/g(muestra) DM	ABTS IC 50 (mg/mL)	Método de extracción	Referencia
<i>Eucheuma cottonii</i>	Liofilizado	22.50 ± 2.78	ND	ND	(Matanjan, 2008)
<i>Eucheuma spinosum</i>		15.82 ± 1.24	ND	ND	
<i>Halymenia durvillaei</i>		18.90 ± 1.03	ND	ND	
<i>Caulerpa lentillifera</i>		42.85 ± 1.22	ND	ND	
<i>Caulerpa racemosa</i>		40.36 ± 1.05	ND	ND	
<i>Dictyota dichotoma</i>		35.23 ± 5.65	ND	ND	
<i>Sargassum polycystum</i>		45.16 ± 3.01	ND	ND	
<i>Padina spp.</i>		33.11 ± 3.96	ND	ND	
<i>Halimeda macroloba</i>	Secado estufa 55°C	0.369 ± 0.007	17.554 ± 1.479	Etanol a 25°C	(Boonchum, y otros, 2011)
<i>Sargassum binderi</i>		0.063 ± 0.004	36.627 ± 3.754		
<i>Turbiniaria conoides</i>		0.192 ± 0.001	96.242 ± 1.643		
<i>Porphyra spp</i>	Tratamiento 1	5.604 ± 0.258 ^a	20.151 ± 3.22 ^a	Metanol: Agua (1:1)	En el estudio
	Tratamiento 2	5.859 ± 0.190 ^a	21.547 ± 2.56 ^a		
	Tratamiento 3	1.555 ± 0.896 ^b	38.241 ± 0.054 ^a		
	Tratamiento 4	0.234 ± 0.018 ^a	113.8593 ± 50.67 ^a		

ND: No determinado en el estudio

*Letras diferentes indican diferencia significativa entre tratamientos.

Figura 7. Valores de referencia de cantidad de polifenoles en macroalgas

RESULTADOS:

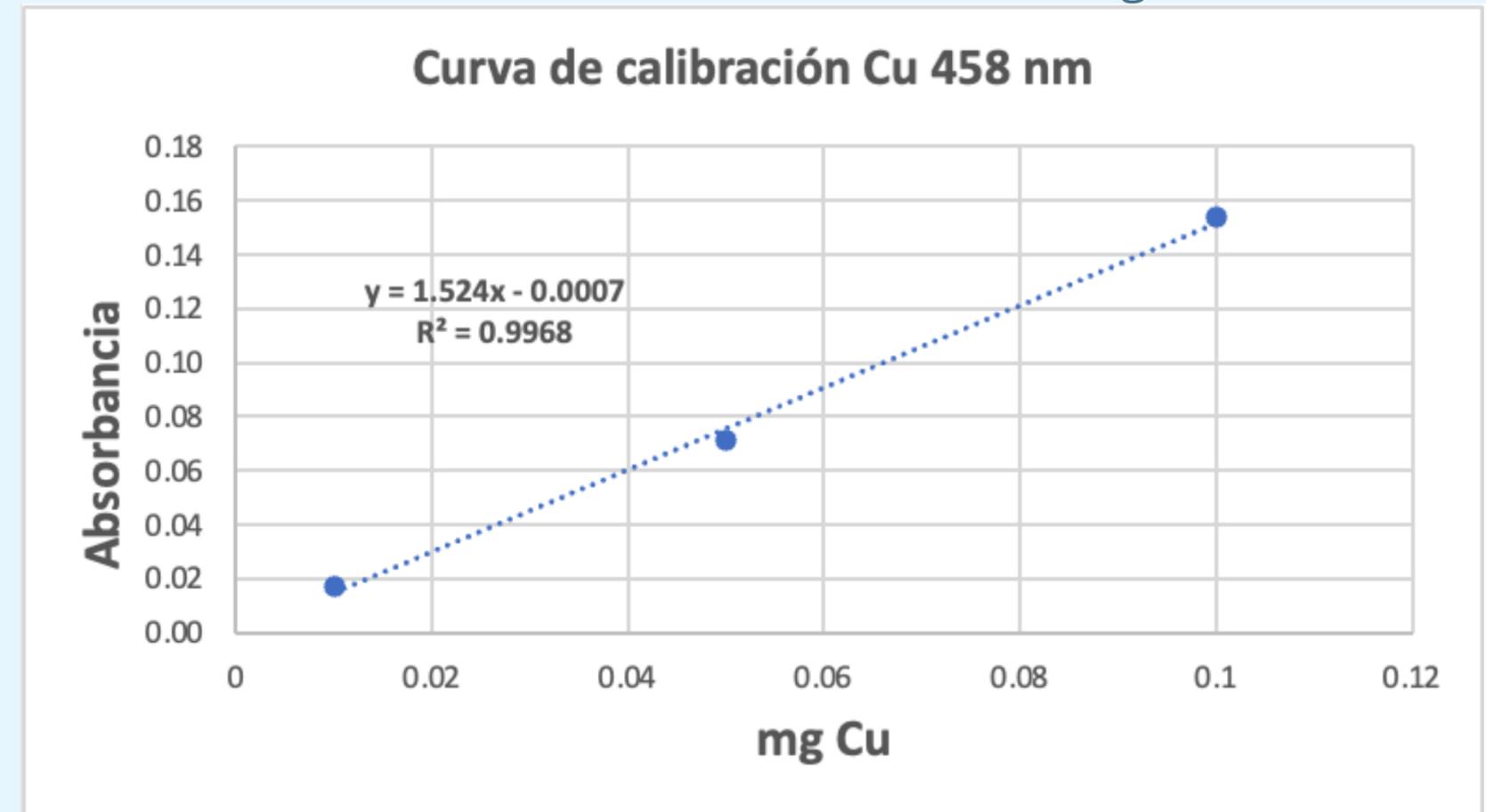
Cuantificación de cobre

Tabla 2.1 Datos para la curva de calibración de cobre

Solución	mg Cu	Abs Promedio
Blanco	0	0
1	0.01	0.02
2	0.05	0.07
3	0.1	0.15

$$Abs = 1.524 (mgCu) - 0.0007$$
$$mgCu = \frac{Abs + 0.0007}{1.524}$$

Gráfico 5. Curva de calibración de mg Cu



RESULTADOS: Cuantificación de cobre

Tabla 2.2 Tratamiento de muestras de cobre y Wakame

Etiqueta	ABS			ABS PROMEDIO	mg de cobre en disolución final (10 mL)	FD	mg de Cu tomados de la solución inicial	Concentración de la disolución inicial (mg/L)	promedio de la solución preparada(mg/l)
3 mg Cu 23-07-24	0.056	0.056	0.058	0.057	0.038	33.33	1.255	418.246	720.205
3 mg R1 Cu 29-07-24	0.1	0.102	0.1	0.101	0.067	33.33	2.217	739.040	
3 mg R2 Cu 29-07-24	0.103	0.103	0.103	0.103	0.068	33.33	2.268	756.051	
3 mg R3 Cu 29-07-24	0.132	0.132	0.132	0.132	0.087	33.33	2.902	967.483	

Tabla 2.2 Tratamiento de muestras Wakame

Etiqueta	ABS			ABS PROMEDIO	mg de cobre en disolución final (10 mL)	FD	mg de Cu tomados de la solución inicial
BCN 1 REACTIVO	0.035	0.039	0.039	0.038	0.025	33.33	0.839
WAKAME BCN 1	0.076	0.072	0.07	0.073	0.048	33.33	1.605
WAKAME PRISTINA 1	0.045	0.045	0.045	0.045	0.030	33.33	1.000
Wakame loaded 1	0.105	0.106	0.105	0.105	0.070	66.67	4.638
Bcn 2 reactivo	0.041	0.041	0.041	0.041	0.027	33.33	0.912
wakame bcn 2	0.033	0.034	0.049	0.039	0.026	33.33	0.861
wakame pristina 2	0.06	0.062	0.061	0.061	0.040	33.33	1.350
wakame loaded 2	0.058	0.06	0.059	0.059	0.039	100.00	3.917
Solución de Cu exp. De biosorción	0.206	0.206	0.206	0.206	0.136	33.33	4.52

Tabla 2.2 Porcentaje de cobre biabsorbido en muestra Wakame

	Cantidad de cobre añadida	4.52 mg	100%
<i>Undaria pinnatifida</i>	Cantidad de cobre posterior al proceso de bioabsorción (Wakame loaded 1)	4.04 mg	97.43%
	Cantidad de cobre posterior al proceso de bioabsorción (Wakame loaded 2)	2.619 mg	57.94%



Figura 8. Fotografía tomada en muestreo



Figura 9. Fotografía tomada en muestreo



Figura 10. Fotografía tomada en muestreo



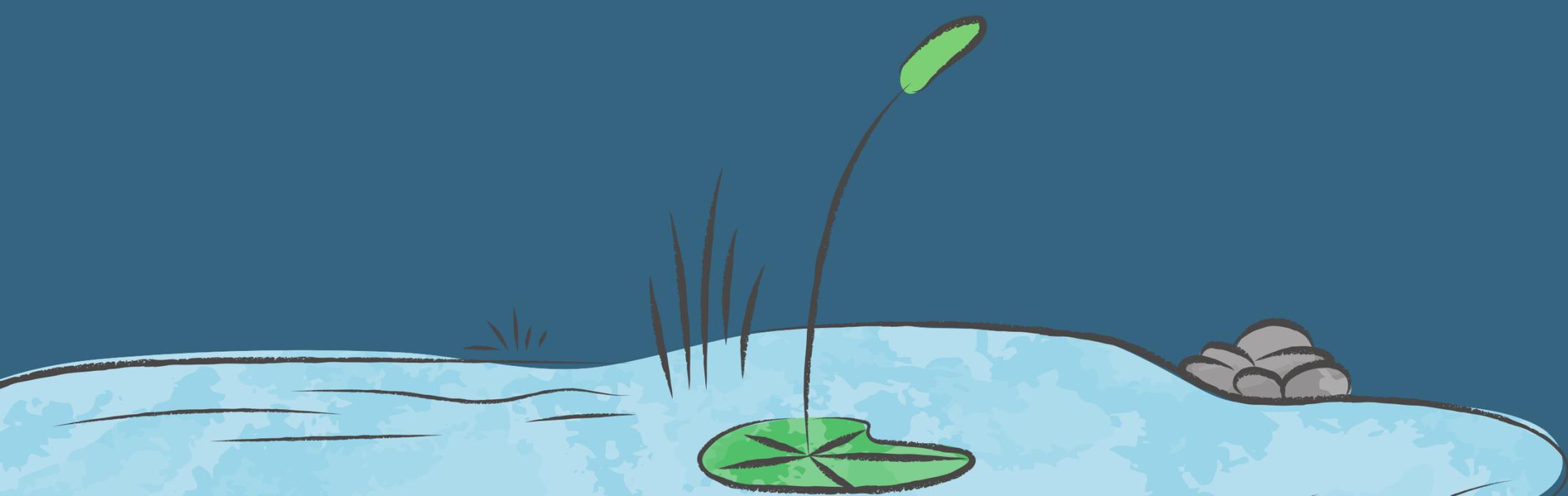
Figura 11. Fotografía tomada en muestreo



ACTIVIDAD COMPLEMENTARIA "MUESTREO"

Tabla 3.1 Datos obtenidos en el muestreo

Muestreo					
Lugar del muestreo	Punto de muestreo	Coordenadas	Temperatura ambiente	Temperatura de la muestra	pH de la muestra
Viveros de Coyoacan	Canal Abierto	19°21'08.6"N 99°10'36.6"W	23°C	20°C	6
Parque Nacional Fuentes Brotantes	Lago	19°16'59.4"N 99°10'58.9"W	21°C	20°C	7
	Humedal Artificial	19°17'06.4"N 99°10'49.8"W	19°C	21°C	7



OTRAS ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

- Puesta en marcha del Espectrofotómetro UV-Visible VELAB VE-5100UV
- Curso de Seguridad Básica en Laboratorios



Figura 12. Foto del espectrofotómetro UV-Visible VELAB VE-5100UV



Figura 13. Foto del espectrofotómetro UV-Visible VELAB VE-5100UV

CONCLUSIONES

- Las macroalgas utilizadas tienen compuestos orgánicos y estructuras químicas que favorecen a aplicaciones como la biorremediación para la bioabsorción (por sus grupos carbonilos afines al cobre) y el uso de polifenoles en la industria alimenticia y farmacéutica.
- Existe una amplia diversidad de algas en México debido a las condiciones ambientales que existen como la salinidad, la temperatura y profundidad. Es primordial darle un aprovechamiento a su crecimiento en nuestras costas con el fin de aplicaciones en diversos entornos.
- Se determinó la cantidad de polifenoles en la macroalga *Porphyra yesoensis* empleando la técnica UV-Visible obteniendo un valor de 0.85 mg/g valor que se encuentra dentro de los valores de referencia (Sarmiento, Alvarez-Yanamango, Huayta, y Cáceres, 2019). Sin embargo el método de extracción no fue favorecido respecto a la literatura ya que solo se pudo extraer el 14.51% del analito; teniendo en cuenta la diferencia en el uso del disolvente y los materiales de laboratorio usados.
- De acuerdo a los datos obtenidos en el proceso de biorremediación, la cantidad de cobre bioabsorbida por la macroalga *Undaria pinnatifida* fue del 97.43% y el 57.94% (tomando de referencia 100% los mg de Cu añadidos) por lo que la posiciona para un buen tratamiento ambiental y nos indica que la metodología propuesta es adecuada.
- Se realizó el seminario correspondiente y hubo retroalimentación para la elaboración de la infografía

AGRADECIMIENTOS ACADÉMICOS

Proyecto DGAPA-UNAM PAPIME PE201324

Departamento de Química Analítica:

- Dr. José Luz González Chávez-Jefe del DQA
- Dra. Anai Chiken Soriano-Secretaria Aux. de Apoyo académico
- Dra. Norma R. López Santiago
- Dra. Minerva Monrroy Barreto
- Dr. Julio C. Aguilar
- Dra. Ma. Teresa de Jesús Rodríguez Salazar
- M. en C. Silvia C. Gama González
- M. en C. J. Rolando Vázquez Miranda
- M. Gabriela Solís.
- M. Gerardo Arrieta.

VELAQUIN:

- Biólogo Andrés Díaz R.
- M. en C. Mical K. García Reyes

Estudiantes:

- Rodríguez Pacheco Oscar Uriel
- Acoltzi Amador Diego

CONANP-SEMARNAT:

- Lic. José Luis Juan Bravo Soto
- Humberto Adán Peña Fuentes
- Manuel de la Paz Duarte
- Ana B. Ramos Cervantes
- Gina E. Rosina Castilla Picazo
- Bióloga Claudia Romero Fuentes
- Bióloga Ulla Rothschuh Osorio
- Bióloga Ma. de la Paz Díaz Hernández
- Biólogo Marco A. Castro Martínez
- Bióloga Gómez Hernández

REFERENCIAS:

- Martínez Martínez, I. (2018). Presencia de las algas en la alimentación actual y sus efectos beneficiosos en la salud.
- Sandoval, G. M. (2006). Aproximación teórica a la biosorción de metales pesados por medio de microorganismos. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 1(1), 77-99.
- Alejandro, G. N. M. (2009). Cuantificación de fenoles y flavonoides totales en extractos naturales. *Universidad Autónoma de Querétaro. Rev Acad*, 1, 1-4.
- Novelo, E., & Tavera, R. (2022). Panorama florístico actual de las algas continentales mexicanas. *Hidrobiológica*, 32(3), 235-243.
- Mansilla, A., & Alveal, K. (2004). CAPITULO 16 GENERALIDADES SOBRE LAS MACROALGAS. *Biología marina y oceanografía: conceptos y procesos*, 1, 347.
- Aguilar-Rosas, R., & Aguilar-Rosas, L. E. (2003). El género *Porphyra* (Bangiaceae, Rhodophyta) en la costa Pacífico de México. I. *Porphyra suborbiculata* Kjellman. *Hidrobiológica*, 13(1), 51-56.
- Fernández, L., García, M., & Santos, J. (2020). Biorremediación de ambientes acuáticos con macroalgas en México. *Revista de Ciencias Ambientales*, 45(3), 123-135. doi:10.1016/j.rca.2020.05.008
- - González, P., Martínez, R., & López, A. (2020). Uso de macroalgas en la alimentación humana en México: propiedades nutricionales y beneficios para la salud. *Revista de Nutrición y Salud*, 36(2), 89-101. doi:10.1016/j.rns.2020.03.004
- - López, A., Ramírez, C., & Navarro, J. (2021). Aplicación de macroalgas como biofertilizantes en la agricultura mexicana. *Journal of Agricultural Sciences*, 50(1), 75-88. doi:10.1016/j.jas.2021.01.012
- - Martínez, A., & Hernández, S. (2018). Uso de extractos de *Phyllophora* en la industria cosmética. *Cosmética y Belleza*, 12(4), 45-57. doi:10.1016/j.cb.2018.04.003
- - Rodríguez, L., & Pérez, F. (2019). Compuestos bioactivos de macroalgas y su aplicación en la industria farmacéutica. *Farmacia y Bioquímica*, 32(6), 234-247. doi:10.1016/j.fb.2019.06.011

REFERENCIAS:

- Alvarez-Yanamango, E., Sarmiento, F., Cáceres, J., & Huayta, F. (2019). Harina de Porphyra spp: una alternativa para el suministro sostenible de componentes funcionales y nutricionales para la dieta humana. *LACCEI, Inc.*
- Isaza-Martínez, J. H., Veloza-Castiblanco, L. Á., Guevara, C. A., Ávila-Torres, Y. P., & Díaz, O. (2005). Estimación espectrofotométrica de fenoles totales en especies de la familia Melastomataceae. *Actualidades Biológicas*, 27(1), 6-6.
- Bravo, L. (1998). Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition reviews*, 56(11), 317-333.
- Cuizano, N. A., & Navarro, A. E. (2008). Biosorción de metales pesados por algas marinas: posible solución a la contaminación a bajas concentraciones. *Anales de Química de la RSEQ*, (2), 120-125.
- Naveros, J. I., Vasquez, R. M., & Lima, Y. D. (2021). Contaminación por metales pesados (As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, y Pb) en sedimentos superficiales del estuario Boca del Río, Ilo, Moquegua, Perú 2021. *Sincretismo*, 2(1).
- Vargas, S. L. A. (2003). *Determinación de elementos traza (Cd, Cu, Ni, Pb, Hg y As) en agua de mar y sedimento de la Bahía de Puerto Montt, año 2002* (Doctoral dissertation, Universidad Austral de Chile).
- Admin. (2024, 16 enero). *Relevancia del muestreo de aguas residuales - GC tratamiento*. GC Tratamiento. <https://gctratamiento.mx/muestreo-aguas-residuales/>
- Alcora, M. (2021, 6 octubre). *Cómo tomar muestras de aguas potables, superficiales y residuales*. Alcora. <https://alcora.es/blog/muestra-de-agua-para-analisis-toma-conservacion-y-cadena-de-custodia/>
- Biodiversidad Mexicana. (2016, 16 febrero). *Altas, ondulantes y delgadas: Bosques de algas gigantes - ECOSISTEMAS DE MÉXICO* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=-vLu786l3Ks>
-

¡GRACIAS POR SU ATENCIÓN!