

“Manual de prácticas en el área de la Biogeoquímica desde la interdisciplina en las Ciencias de la Tierra”
DGAPA-PAPIME PE105125



OBJETIVO DIDÁCTICO

Integrar en el alumnado los conocimientos básicos y aplicados de la Biogeoquímica mediante el desarrollo de competencias experimentales y de pensamiento crítico a través de la ejecución de 8 prácticas interdisciplinarias.

Autores

Adriana Leticia Meléndez López (coordinadora)

Alicia Negrón Mendoza

Isabel Mejía Luna

Jorge Armando Cruz Castañeda



ENCiT
ESCUELA NACIONAL de
CIENCIAS de la TIERRA

Instituto de
Ciencias
Nucleares
UNAM



Fecha de postulación: 11 de diciembre de 2025

Citar el documento como:

Meléndez López, A. L., Negrón Mendoza, A., Mejía Luna, I., y Cruz Castañeda, J. A. (2025). *Manual de prácticas en el área de la Biogeoquímica desde la interdisciplina en las Ciencias de la Tierra*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Licencia de derechos:

“Manual de prácticas en el área de la Biogeoquímica desde la interdisciplina en las Ciencias de la Tierra”, © 2025 Meléndez López, A. L., Negrón Mendoza, A., Mejía Luna, I., y Cruz Castañeda, J. A, Universidad Nacional Autónoma de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Avenida Universidad 3000, Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510, Ciudad de México. Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución/Reconocimiento-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional.

Para ver una copia de esta licencia, visite <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Este proyecto se realizó con apoyo del Programa de Apoyo a Proyectos para Innovar y Mejorar la Educación (PAPIME) de la UNAM con clave PE105125.



AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo financiero del Programa de Apoyo a Proyectos para Innovar y Mejorar la Educación (**PAPIME**) de la UNAM con clave **PE105125**, titulado “**Material de apoyo didáctico en el proceso de enseñanza-aprendizaje en el área de la Biogeoquímica desde la interdisciplina en las ciencias de la Tierra**” y el apoyo institucional de ambas dependencias de la UNAM la Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra y el Instituto de Ciencias Nucleares.



Tabla de contenidos

Introducción	6
Normas de seguridad y lineamientos	7
Objetivo general del manual.....	10
Lineamientos para el informe de práctica	11
Rúbrica de evaluación de informe.....	12
Práctica 1. Ecosistemas en desequilibrio: carbohidratos y proteínas como bioindicadores	13
Fase 1: escenario	13
Fase 2: situación problema.....	13
Fase 3: actividades previas a la sesión experimental	14
Fase 4: experimentación y recolección de evidencias	15
Fase 5: resultados, análisis y conclusiones.....	16
Manejo de residuos.....	18
Método científico y mi actividad experimental	18
Referencias	18
Práctica 2. La clave de la producción primaria: análisis de pigmentos fotosintéticos por espectrofotometría UV-Vis	19
Fase 1: escenario	19
Fase 2: situación problema.....	19
Fase 3: actividades previas a la sesión experimental	20
Fase 4: experimentación y recolección de evidencias	20
Fase 5: resultados, análisis y conclusiones.....	21
Manejo de residuos.....	23
Método científico y mi actividad experimental	23
Referencias	23
Práctica 3. El código de barras de la materia: construcción de un espectrómetro óptico	24
Fase 1: escenario	24
Fase 2: situación problema.....	24
Fase 3: actividades previas a la sesión experimental	25
Fase 4: experimentación y recolección de evidencias	25
Fase 5: resultados, análisis y conclusiones.....	26
Manejo de residuos.....	27
Método científico y mi actividad experimental	28
Referencias	28
Práctica 4. El motor biogeoquímico en riesgo: dinámica fisicoquímica y retención de contaminantes en el suelo	29
Fase 1: escenario	29
Fase 2: situación problema.....	29
Fase 3: actividades previas a la sesión experimental	29
Fase 4: experimentación y recolección de evidencias	30
Fase 5: resultados, análisis y conclusiones.....	33
Manejo de residuos.....	34



Método científico y mi actividad experimental	34
Referencias	34
Práctica 5. Recreando las posibles primeras fronteras celulares mediante sistemas coloidales.....	35
Fase 1: escenario	35
Fase 2: situación problema.....	35
Fase 3: actividades previas a la sesión experimental	36
Fase 4: experimentación y recolección de evidencias	36
Fase 5: resultados, análisis y conclusiones.....	38
Manejo de residuos.....	39
Método científico y mi actividad experimental	39
Referencias	39
Práctica 6. Replicando la Plasmogonia de Alfonso L. Herrera	40
Fase 1: escenario	40
Fase 2: situación problema.....	40
Fase 3: actividades previas a la sesión experimental	41
Fase 4: experimentación y recolección de evidencias	41
Fase 5: resultados, análisis y conclusiones.....	42
Manejo de residuos.....	43
Método científico y mi actividad experimental	44
Referencias	44
Práctica 7. Impacto de la acidificación y el estrés salino en los biominerales.....	45
Fase 1: escenario	45
Fase 2: situación problema.....	45
Fase 3: actividades previas a la sesión experimental	46
Fase 4: experimentación y recolección de evidencias	46
Fase 5: resultados, análisis y conclusiones.....	48
Manejo de residuos.....	49
Método científico y mi actividad experimental	49
Referencias	49
Práctica 8. Evidenciando las emisiones de carbono e hidrógeno y su impacto en el efecto invernadero	51
Fase 1: escenario	51
Fase 2: situación problema.....	51
Fase 3: actividades previas a la sesión experimental	52
Fase 4: experimentación y recolección de evidencias	52
Fase 5: resultados, análisis y conclusiones.....	53
Manejo de residuos.....	54
Método científico y mi actividad experimental	55
Referencias	55



Introducción

La biogeoquímica es la ciencia interdisciplinaria que se originó en la frontera entre biología, geología y química. La base teórica de la biogeoquímica es el concepto de la materia viva y la biosfera que fueron sugeridos por el destacado científico ruso Vladimir Vernadski a principios del siglo XX. La interacción sugerida entre la materia viva (sistemas bióticos) y el material inerte (sistemas abióticos) de la Tierra está relacionada con el intercambio de elementos químicos entre los seres vivos y su entorno. Podemos ver nuestro planeta como un sistema conformado por piezas que se encuentran interrelacionadas, que interactúan entre sí y se autosostienen. Por ello, para estudiarlo se requiere la cooperación de varias disciplinas, integrando conocimientos y combinando metodologías prácticas de manera novedosa.

En la actualidad, esta interdisciplina provee de metodologías apropiadas a las personas interesadas en el estudio sistémico del planeta Tierra. También provee opciones para estudiar la transformación de la materia y energía del planeta; comprender los ciclos de los elementos químicos que interaccionan en las diferentes esferas terrestres; mantener el equilibrio de los ecosistemas e identificar los desequilibrios en la circulación de los elementos que interaccionan en los sistemas bióticos y abióticos.

Es por ello que este manual busca proveer al usuario de las habilidades, actitudes y competencias experimentales necesarias para desarrollar algunos proyectos relacionados con la biogeoquímica. Con este propósito, el recurso se fundamenta en el modelo de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), integrando la teoría con la práctica mediante una secuencia didáctica que sitúa al alumnado frente a situaciones auténticas de las Ciencias de la Tierra. Cada práctica se organiza en cinco fases operativas, destacando la Fase 2: situación problema, un espacio donde se plantea un desafío significativo que exige que el alumnado no solo identifique información, sino que analice, investigue y proponga soluciones fundamentadas a problemas reales.



Normas de seguridad y lineamientos

Los siguientes lineamientos tienen como objetivo proteger la vida del usuario del laboratorio y las personas que lo rodean.

A) Ingreso y equipo de protección personal

1. Uso indispensable de bata de algodón de manga larga como vestimenta de protección.
2. Usar lentes de seguridad en todo momento. En caso de usar lentes de contacto, se deben utilizar lentes de seguridad sobre estos.
3. Usar siempre zapato cerrado para proteger los pies de derrames químicos u objetos punzocortantes.
4. Conocer la ubicación de extintores, regaderas de seguridad, lavaojos y salidas de emergencia.

B) Conducta y normas generales de trabajo

5. Nunca trabajar solo en el laboratorio; debe haber siempre una persona supervisora presente.
6. Mantener orden y atención durante las actividades en el laboratorio.
7. No realizar experimentos no autorizados o modificaciones a los procedimientos establecidos.
8. No comer, beber, masticar chicle o almacenar alimentos en el laboratorio.

C) Manejo seguro de sustancias químicas

9. Verificar el nombre y etiqueta SGA (Sistema Globalmente Armonizado) de cada reactivo antes de su uso.

Recuerda que para cada reactivo empleado en cada práctica debes conocer las etiquetas SGA (Tabla 1) que representan los diferentes tipos de peligro:

- a) Explosivo - Pictograma de una explosión
- b) Inflamable - Pictograma de una llama
- c) Oxidante - Pictograma de una llama sobre un círculo
- d) Gases a presión - Pictograma de una bombona de gas
- e) Corrosivo - Pictograma de materiales corroyendo una superficie y una mano
- f) Toxicidad aguda - Pictograma de una calavera y tibias cruzadas
- g) Toxicidad sistémica – Pictograma de órganos dañados
- h) Peligro para la salud - Pictograma de un signo de exclamación
- i) Peligro para el medio ambiente - Pictograma de un árbol y un pez muerto



Tabla 1. Pictogramas del Sistema Globalmente Armonizado.

Tipo de riesgo	Pictograma	Símbolo
Explosivo	Explosión	
Inflamable	Llama	
Oxidante	Llama sobre un círculo	
Gases a presión	Bombona de gas	
Corrosivo	Materiales corroyendo una superficie y una mano	
Toxicidad aguda	Calavera y tibias cruzadas	
Toxicidad sistémica	Órganos dañados	
Peligro para la salud	Signo de exclamación	
Peligro para el medio ambiente	Árbol y un pez muerto	

10. No probar, oler o tocar sustancias químicas sin autorización. En caso de ingestión accidental, notificar inmediatamente al docente.
11. Abanicar con la mano suavemente los vapores hacia la nariz para identificar olores, manteniendo el recipiente a distancia.
12. Utilizar siempre perilla de succión o propipeta al manejar pipetas.
13. Agregar siempre el ácido sobre el agua y nunca al revés para evitar reacciones violentas.
14. Trabajar en la campana de extracción cuando se generen vapores tóxicos o irritantes.

D) Material de vidrio y calentamiento

15. Asegurar que los montajes y soportes sean estables; no utilizar improvisaciones.
16. Transportar objetos de vidrio de uno en uno o en charolas para evitar accidentes.
17. Nunca calentar material volumétrico como buretas, pipetas o matraces aforados.
18. No calentar disolventes inflamables directamente con llama; utilizar parrilla eléctrica o baño María.
19. Usar guantes aislantes y pinzas para manipular material caliente.
20. Al calentar sustancias, dirigir la boca de los tubos de ensayo hacia una zona despejada (nunca hacia personas o uno mismo).

E) Actuación en caso de emergencia

21. Lavar con abundante agua durante al menos 15 minutos en caso de contacto de químicos con la piel.
22. Retirar inmediatamente la ropa si se derrama sustancia corrosiva sobre ella y lavar la zona afectada.
23. Utilizar el extintor adecuado o manta ignífuga en caso de incendio, según el tipo de fuego.

F) Disposición de residuos y salida

24. Separar y disponer los residuos según su clasificación en los contenedores designados, nunca en el drenaje común.
25. Dejar limpio y ordenado el espacio de trabajo al terminar la práctica.
26. Lavarse las manos con agua y jabón al finalizar cada sesión experimental.



Objetivo general del manual

Este manual constituye un material de apoyo didáctico diseñado para la asignatura teórico-experimental de biogeoquímica de la Licenciatura de Ciencias de la Tierra (tercer semestre, orientaciones acuáticas y ambientales). Su estructura se alinea con las unidades de la temática del curso, abarcando desde los conceptos básicos y el origen de los elementos, hasta la evolución de la vida y los ciclos biogeoquímicos. El objetivo general es desarrollar competencias experimentales y pensamiento crítico mediante la metodología ABP, a través de la ejecución de 8 prácticas interdisciplinarias donde el alumnado investigue y proponga soluciones a situaciones problemáticas del mundo real. A continuación, se enlistan los objetivos específicos de cada práctica:

1. Determinar de manera experimental la presencia de moléculas clave en los ciclos biogeoquímicos para comprender su estructura y reactividad (unidad 1).
2. Realizar extracciones de metabolitos vegetales para su cuantificación por técnicas espectrofotométricas de pigmentos clave en la biogeoquímica (unidad 1).
3. Identificar los fundamentos que explican la técnica de espectrometría para la identificación cualitativa de elementos químicos presentes en matrices ambientales (unidad 2).
4. Modelar experimentalmente algunos procesos de intemperismo para identificar su papel en la formación del suelo, el motor biogeoquímico de nuestro planeta (unidad 3).
5. Simular experimentalmente los posibles mecanismos de autoensamblaje molecular previos a la vida mediante la formación de coacervados (unidad 4).
6. Reproducir experimentalmente los protocolos de Plasmogénia propuestos por Alfonso Luis Herrera para generar estructuras que llamó colpoides o sulfobios y observar su comportamiento fisicoquímico (unidad 4).
7. Analizar el papel de los biominerales, relacionando su estabilidad química con la regulación del ciclo del carbono (unidad 5).
8. Simular el proceso de mineralización de la materia orgánica mediante oxidación, transformando el carbono e hidrógeno biológicos en sus formas inorgánicas atmosféricas (CO_2 y H_2O) (unidad 6).

Al término del desarrollo de estas metodologías experimentales, el alumnado deberá ser capaz de, mediante un proceso crítico-reflexivo, analizar, interpretar y exponer la información teórica con la experiencia práctica, a fin de poder plasmar en forma escrita un trabajo de naturaleza científica; además de adquirir los elementos formativos que le permitan desarrollar actitud e independencia en el trabajo experimental y pensamiento crítico.



Lineamientos para el informe de práctica

El informe debe integrar los resultados experimentales con la investigación previa para emitir un diagnóstico fundamentado sobre el problema biogeoquímico. A continuación, se describen las partes esenciales que deben integrar el informe bajo este enfoque:

1. Evidencias y análisis

Escribir los datos recolectados en el laboratorio después de realizar el procedimiento experimental y presentar las evidencias obtenidas (datos cuantitativos u observaciones cualitativas) y explicar el significado biogeoquímico de cada fenómeno observado.

2. Vinculación teórico-experimental

Responder directamente a los puntos de discusión planteados en cada práctica y contrastar la teoría (investigación previa o tema de clase teórica) con lo observado en la experimentación. Explicar si los conceptos teóricos se manifiestan como se esperaba o si la práctica reveló situaciones no contempladas en la teoría.

3. Reflexión

Responder a los puntos de discusión específicos de cada práctica. Estas respuestas deben fundamentarse en los resultados propios obtenidos en cada experimento y no en información consultada en la literatura.

4. Diagnóstico final

Con base en los resultados experimentales y el análisis, emitir un diagnóstico profesional que resuelva el reto de cada práctica.

Rúbrica de evaluación de informe

Criterio a evaluar	Excelente (4 puntos)	Satisfactorio (3 puntos)	Necesita mejorar (2 puntos)	Insuficiente (1 punto)
Evidencias y análisis (25%)	Las evidencias son claras y organizadas. La interpretación biogeoquímica de cada fenómeno es profunda y utiliza lenguaje técnico preciso.	Las evidencias son claras, pero la interpretación es parcial o le falta profundidad técnica en algunos puntos.	Las evidencias están desorganizadas. La descripción es meramente descriptiva sin explicar el por qué biogeoquímico.	No presenta evidencias o estas no corresponden a la práctica. Omite la interpretación de los fenómenos observados.
Vinculación Teórico-Experimental (25%)	Contrasta de forma crítica la investigación previa con la realidad del laboratorio, explicando coherencias o discrepancias.	Relaciona la teoría con la práctica de forma correcta, pero de manera general y poco detallada.	Menciona la teoría e investigación previa, pero no logra conectarla con lo observado en la experimentación.	No existe vinculación con la investigación previa. Los datos experimentales se presentan aislados de la teoría.
Reflexión (25%)	Responde a las preguntas de reflexión con argumentos propios, basados estrictamente en sus datos y observaciones.	Responde a las preguntas de reflexión de forma acertada, pero utiliza algunos conceptos genéricos no derivados de su experimento.	Las respuestas son breves y se limitan a repetir información literal del manual o de fuentes externas sin análisis propio.	No responde a las preguntas o las respuestas carecen de relación con la actividad intelectual realizada en clase.
Diagnóstico final (25%)	Emite un veredicto técnico y profesional que resuelve la situación problema inicial basándose en el método científico.	El diagnóstico resuelve el reto de forma lógica, pero carece de un sustento técnico robusto basado en las pruebas.	La conclusión es una opinión genérica que no utiliza las evidencias obtenidas para dar solución al problema planteado.	No presenta un diagnóstico final o este no guarda relación con el reto ni con el escenario de la práctica.

Práctica 1. Ecosistemas en desequilibrio: carbohidratos y proteínas como bioindicadores

Fase 1: escenario

La base teórica de la biogeoquímica sugiere que la materia orgánica (carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre y fósforo, principalmente) y la biosfera interactúan constantemente. Un equipo de ecólogos ha notado cambios en la velocidad a la que fluye la energía a través de las redes tróficas de un ecosistema local, así como alteraciones en los mecanismos de transformación de la materia orgánica. Se sabe que un ecosistema rico en proteínas sugiere una alta disponibilidad de nutrientes limitantes, como el nitrógeno, y una rápida tasa de reciclaje. Por otro lado, el predominio de carbohidratos estructurales indica un almacenamiento de carbono a largo plazo y procesos de mineralización más lentos.

Fase 2: situación problema

Ustedes son parte de un equipo de Biogeoquímicos encargados de evaluar el aporte energético de la biomasa disponible en un ecosistema alterado. Tienen en sus manos una muestra problema proveniente de ese lugar. Deben identificar la presencia de carbohidratos y de proteínas a través de un análisis cualitativo que permita caracterizarlos dependiendo de su reactividad química.

¿Cómo pueden identificar y diferenciar los carbohidratos de las proteínas en su muestra problema utilizando los métodos de Fehling (Figura 1) y Biuret (Figura 2) para deducir qué ciclo biogeoquímico predomina en su ecosistema?

Figura 1 Prueba de Fehling para la identificación de un azúcar reductor



Nota. Procedimiento para observar la reducción del ion cúprico en presencia de carbohidratos.

Figura 2 Prueba de Biuret para la identificación de proteínas



Nota. Detección de enlaces peptídicos mediante la formación de complejos de coordinación.

Fase 3: actividades previas a la sesión experimental

Para resolver este problema como verdaderas personas científicas, primero deben construir su marco teórico. Realicen las siguientes actividades previas a la sesión experimental.

1. Investigar el concepto ecológico de la relación carbono: nitrógeno (C : N). Explicar de manera argumentada por qué una alta densidad de enlaces peptídicos en la biomasa disminuye esta relación, y cómo esto se traduce biológicamente en la rápida tasa de reciclaje que menciona el escenario.
2. El reactivo de Fehling reacciona específicamente con azúcares reductores (como la glucosa) oxidando su grupo carbonilo libre. Sin embargo, el escenario menciona un posible predominio de carbohidratos estructurales (como la celulosa o el almidón). Analizar la estructura química de un carbohidrato complejo y argumentar:
 - a) ¿La prueba de Fehling directa podría subestimar la cantidad real de carbono almacenado en su muestra problema? ¿Por qué sí o por qué no? Recordar la química del enlace o-glucosídico.
3. A partir de las reacciones químicas del Cu^{2+} en los métodos de Fehling (reducción a Cu^+) y Biuret (formación de complejos de coordinación), elaborar una tabla ilustrada que contenga:
 - a) ¿Qué resultados colorimétricos (color, intensidad, presencia de precipitado) se espera observar en las muestras problema si el ecosistema está dominado por un almacenamiento de carbono a largo plazo?
 - b) ¿Qué resultados se observarán si el ecosistema está sufriendo una rápida mineralización dominada por el ciclo del nitrógeno?

4. Identificar los componentes químicos de los reactivos de Fehling y Biuret y consultar sus hojas de seguridad (SGA).

Fase 4: experimentación y recolección de evidencias

Para obtener los datos químicos que les permitirán diagnosticar el ecosistema, necesitarán procesar su muestra en el laboratorio. A continuación, en la Tabla 1, se detalla el inventario de recursos (materiales y reactivos) y el desarrollo experimental que deberán seguir.

Tabla 1 *Materiales y reactivos que se emplearán en el desarrollo experimental*

Materiales	Reactivos
6 tubos de ensayo	Gotero reactivo de Fehling ¹
1 baño maría	Gotero reactivo de Biuret ²
1 pipeta volumétrica de 5 mL	1 clara de huevo
1 gasa o un trozo de tela	1 g de grenetina
2 vasos de precipitados de 100 mL	0.5 g de sacarosa (azúcar de mesa)
1 balanza semi analítica	0.5 g de glucosa
1 pinzas para sujetar tubos de ensayo	Cloruro de sodio
1 gradilla para tubos	Agua destilada
1 espátula	0.5 g de muestra problema (proporcionada por el docente)

¹Preparación del reactivo de Fehling: mezclar la disolución A y la disolución B.

Disolución A: solvatar 3.46 g de sulfato cúprico pentahidratado en 50 mL de agua.

Disolución B: solvatar 17.8 g de tartrato de sodio y 5.0 g de hidróxido de sodio en 50 mL de agua.

²Preparación del reactivo de Biuret: mezclar la disolución A y la disolución B y aforar a 1000 mL con agua destilada. Se conserva la mezcla en un frasco oscuro para evitar acción de la luz.

Disolución A: solvatar 1.50 g de sulfato de cobre pentahidratado y 6 g de tartrato de sodio y potasio en 500 mL de agua destilada.

Disolución B: solvatar 30 g de hidróxido de sodio en 300 mL de agua destilada.

Como apoyo audiovisual de la técnica visualizar el video de (Meléndez-López, 2021).



Procedimiento

Anotar en la bitácora cualquier cambio de color, precipitación o anomalía durante los siguientes procedimientos, ya que son parte de las evidencias.

Parte A: Identificación de azúcares reductores

a) Prueba con el reactivo de Fehling

Numerar tres tubos de ensayo. Al tubo 1, agregar 0.5 g de sacarosa; al tubo 2, agregar 0.5 g de glucosa; y al tubo 3, agregar 0.25 g de muestra problema. Agregar 1 mL de reactivo de Fehling a cada tubo. Colocar a baño maría los tres tubos hasta observar un cambio de coloración. Registrar el tiempo en el que se observa el cambio de color.

Parte B: Identificación de proteínas

b) Prueba con el reactivo de Biuret

Antes de realizar la prueba deberán prepararse las tres muestras que serán analizadas:

1. Preparación de la albúmina de huevo

En un vaso de precipitados, preparar 50 mL de una disolución saturada de cloruro de sodio, agregar 50 mL de agua y una clara de huevo. Homogeneizar la mezcla sin hacer espuma y filtrarla a través de una gasa.

2. Preparación de grenetina

En un vaso de precipitados, agregar 100 mg de grenetina y 50 mL de agua, agitar y dejar reposar por 10 min. Posteriormente, calentar a ebullición la mezcla y enfriar.

3. Preparación de muestra problema

En un tubo de ensayo rotulado como tubo 4, agregar 0.25 g de muestra problema y 2 mL de agua. Homogeneizar la mezcla.

Numerar dos tubos de ensayo como tubo 5 y tubo 6. Al tubo 5, agregar 2 mL de albúmina de huevo; al tubo 6, agregar 2 mL de grenetina.

Agregar 2 mL de Biuret a cada uno de los tubos (4, 5 y 6). Agitar la mezcla, observar y registrar cambios de coloración.

Fase 5: resultados, análisis y conclusiones

Han recolectado sus pruebas químicas en el laboratorio. Ahora, como equipo de biogeoquímicos, su trabajo es interpretar estas evidencias para diagnosticar el estado del ecosistema alterado. Su informe final deberá contener las siguientes secciones estructuradas lógicamente:



1. Presentación de evidencias (resultados)

Realizar una tabla que organice los hallazgos. La tabla debe incluir fotografías claras de cada tubo de ensayo antes y después de la reacción. Registrar el color final de cada prueba, la presencia de precipitados y el tiempo de reacción. Indicar claramente si la prueba fue positiva o negativa para cada macromolécula (azúcares reductores y enlaces peptídicos), comparando siempre su muestra problema con los controles (glucosa, sacarosa, albúmina y glicetina).

2. Discusión e interpretación biogeoquímica (análisis de resultados)

Basándose en las evidencias y en la investigación previa, discutir en equipo y redactar un análisis coherente guiándose por los siguientes puntos:

- ¿Cómo se comportó la muestra problema frente a los controles analíticos? Químicamente, ¿qué indica el color obtenido en la muestra ambiental sobre la cantidad de iones Cu^{1+} (Fehling) o complejos de coordinación (Biuret) producidos?
- ¿La intensidad de la prueba de Fehling en la muestra refleja la totalidad del carbono almacenado en ese ecosistema? Justificar respuesta.
- Integrando los resultados de ambas pruebas, ¿qué tipo de macromolécula predomina en la muestra? Con base en esto, ¿qué se puede inferir sobre la relación estequiométrica carbono : nitrógeno (C : N) del lugar de donde provino la muestra?
- Si este ecosistema está dominado por la macromolécula que se identificó, ¿cómo afectará esto a los organismos consumidores y a la velocidad en la que fluye la energía? Por ejemplo, ¿hay alta disponibilidad de nutrientes para un reciclaje rápido o se está almacenando el carbono a largo plazo?

3. Veredicto y diagnóstico final (conclusiones)

Redactar la conclusión tomando en cuenta las etapas del método científico (desde su observación inicial, pasando por la hipótesis que formularon en la tabla de predicción, hasta la contrastación experimental).

Responder a las preguntas:

- ¿Qué ciclo biogeoquímico (del carbono o del nitrógeno) está predominando en la biomasa de este ecosistema alterado y cuáles son las evidencias químicas irrefutables que respaldan su afirmación?
- ¿Qué otra técnica de análisis químico cuantitativo podría ser empleada para confirmar este diagnóstico cualitativo?



Manejo de residuos

Las sustancias de naturaleza química ácidas y básicas llevarlas a neutralización y desecharlas al drenaje. Aquellas sustancias inocuas pueden eliminarse en un sistema de suelo o bien en el drenaje con agua de la llave. Las sustancias de naturaleza química código CRETIB se depositan en recipientes etiquetados atendiendo la norma vigente.

Método científico y mi actividad experimental

La elaboración del informe de la práctica debe considerar como base el protocolo experimental realizado y desarrollarse tomando en cuenta las etapas del método científico. Para ello, te puedes auxiliar haciendo uso de la rúbrica del informe de prácticas.

Es muy importante que, en todas las actividades, en particular las experimentales, se ponga especial atención en la observación, esto ayudará a comprender mejor el fenómeno estudiado y a generar una hipótesis adecuada que permita resolver y concluir el problema planteado.

Referencias

- Begon, M., Townsend, C. R., y Harper, J. L. (2006). *Ecology: From individuals to ecosystems* (4.^a ed.). Blackwell Publishing.
- Karp, G. (2009). *Biología celular y molecular: Conceptos y experimentos* (5.^a ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Meléndez-López, A. L. (2021, 23 de agosto). *Identificación de carbohidratos y proteínas: moléculas relevantes de la biosfera* [Video]. YouTube.
<https://youtu.be/VcZhZVvPY64>
- McMurry, J. (2001). *Química orgánica* (5.^a ed.). International Thomson Editores.
- Rashkin, V. N. (2003). *Modern biogeochemistry* (1.^a ed.). Kluwer Academic Publishers.
- Wade, L. G. Jr. (1993). *Química orgánica* (2.^a ed.). Prentice Hall Hispanoamericana.



Práctica 2. La clave de la producción primaria: análisis de pigmentos fotosintéticos por espectrofotometría UV-Vis

Fase 1: escenario

La clorofila no solo es un pigmento verde; es una de las principales moléculas que inició la acumulación de energía y oxígeno en nuestro planeta. En la actualidad, la cantidad de clorofila presente en un área se correlaciona directamente con la tasa de producción primaria, es decir, la velocidad a la que se crea nueva biomasa capaz de sustentar a las redes tróficas.

Recientemente, un equipo de monitoreo ambiental ha detectado cambios inusuales en la biomasa de una zona de estudio (lo cual podría ser un indicio de eutrofización si fuera un cuerpo de agua, o un cambio en la salud vegetal si fuera terrestre). Para comprender el estado trófico real y la capacidad fotosintética de los productores primarios de esta región, es imperativo analizar su maquinaria molecular.

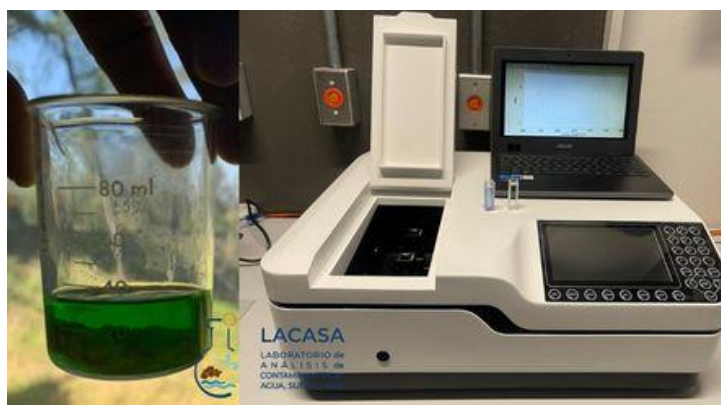
Fase 2: situación problema

Ustedes son parte del equipo de Analistas Instrumentales encargados de medir la capacidad fotosintética de las muestras recolectadas de un grupo de investigación de biogeoquímica ambiental. Se les ha entregado una muestra de tejido vegetal (*Spinacia oleracea* como modelo de estudio). Su problema es extraer sus pigmentos fotosintéticos y utilizar las diferencias sutiles en la absorción de luz de las moléculas para calcular exactamente cuánta clorofila a y b hay disponible para fijar carbono.

¿Cómo podrían extraer y cuantificar las concentraciones exactas de clorofila a y b en una muestra vegetal mediante espectrofotometría UV-Vis para diagnosticar su potencial de producción primaria?

Nota: El objetivo general de su equipo es cuantificar la concentración de clorofilas dominando una técnica de extracción simple y la técnica de espectrofotometría UV-vis (Figura 1).

Figura 1 Pigmentos fotosintéticos y equipos de medición



Nota. A la izquierda se observa la clorofila (pigmento verde) y a la derecha un espectrofotómetro UV-vis.

Fase 3: actividades previas a la sesión experimental

Para que su análisis tenga validez científica, deben comprender cómo interactúa la luz con la materia orgánica. Resuelvan en equipo los siguientes puntos antes de la sesión:

1. Las clorofilas se encuentran dentro de los cloroplastos en las células vegetales. Investigar y argumentar: ¿por qué se utiliza acetona al 80% como disolvente de extracción en lugar de agua destilada? Relacionar esto con la polaridad de las moléculas de clorofila.
2. Investigar: ¿cuáles son las diferencias estructurales (moleculares) entre la clorofila a y la clorofila b?
A partir de esa diferencia estructural, anotar cuáles son sus máximos de absorbancia teóricos en el espectro electromagnético.
3. Investigar la ley de Lambert-Beer. Explicar qué significan cada una de sus variables y cómo esta ley nos permite convertir un simple haz de luz (absorbancia) en un dato de concentración.
4. Investigar: ¿cuáles son las partes principales que componen un espectrofotómetro UV-Vis?
5. Buscar las etiquetas del Sistema Globalmente Armonizado (SGA) de la acetona e identificar las precauciones de manejo y qué hacer en caso de inhalación prolongada.

Fase 4: experimentación y recolección de evidencias

Para obtener los datos, utilizarán la luz proveniente de un espectrofotómetro UV-vis para conocer a sus moléculas. Además, en la Tabla 1, se detalla reactivos y materiales que serán empleados en el procedimiento experimental.

Tabla 1 Materiales y reactivos que se emplearán en el procedimiento

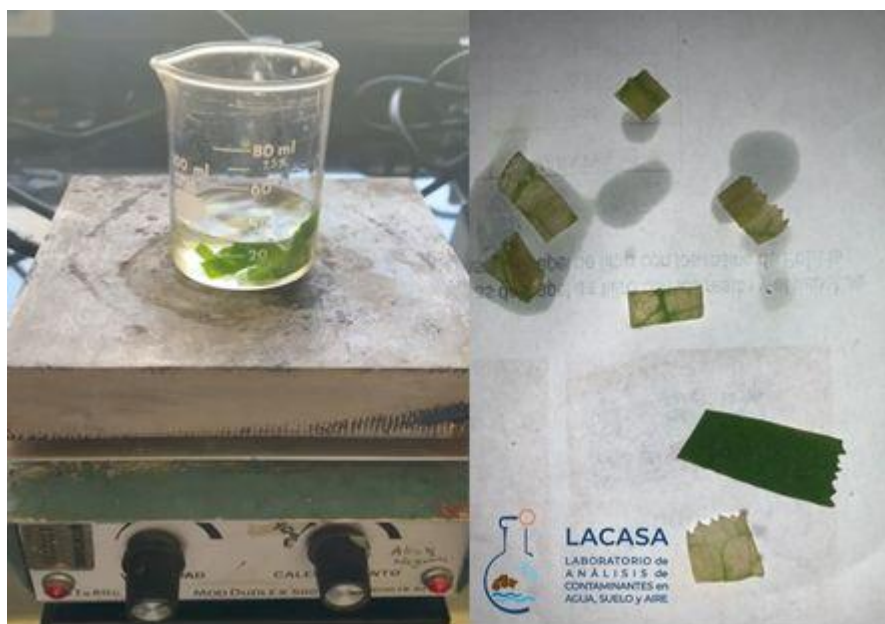
Reactivos	Material
500 mg de espinaca (<i>Spinacia oleracea</i>)	Espectrofotómetro UV-Vis con celdas de cuarzo (1x1 cm)
Acetona (CH ₃ COCH ₃)	Pañuelos desechables
	1 vaso de precipitados de 100 mL
	1 parrilla de calentamiento y agitación con cuerpo magnético de agitación
	Balanza analítica, navecilla y espátula para pesar



Procedimiento

1. Encender el espectrofotómetro de UV-Vis (mínimo 20 min antes de comenzar el análisis).
2. Preparar 100 mL de una disolución acuosa de acetona al 80% v/v.
3. Pesar 500 mg de espinacas lavadas.
4. Colocar las hojas cortadas en el vaso de precipitados.
5. Colocar 100 mL de acetona al 80% en el vaso de precipitados.
6. Colocar el cuerpo de agitación magnética a la mezcla y colocar el vaso de precipitados en la parrilla de agitación por aproximadamente 20 min, hasta lograr extraer la mayor cantidad posible de pigmento (Figura 2).
7. Medir el volumen final del extracto al finalizar el tiempo de extracción.
8. Medir cinco veces la absorbancia del extracto a 663 y 647 nm.

Figura 2 Sistema de extracción de clorofilas



Nota. Montaje experimental utilizando acetona al 80% v/v y agitación magnética para la extracción de pigmento.

Fase 5: resultados, análisis y conclusiones

Ahora ya tienen las lecturas de absorbancia de su análisis. Por ello, deben traducirlas en un diagnóstico sobre la concentración de clorofila que podrá asociarse a información relevante de la producción primaria. Para ello, sus evidencias deberán tratarse matemáticamente de la siguiente manera:

1. Presentación de evidencias (resultados)

- Realizar una tabla con las 5 lecturas obtenidas a 663 y 647 nm del extracto.
- Utilizar las ecuaciones de Arnon (1949) para determinar la concentración (en $\mu\text{g mL}^{-1}$) de clorofila a, b y los μg totales por gramo de hoja de espinaca analizada.

Clorofila a (C_a): $C_a (\mu\text{g mL}^{-1}) = 12.7 A_{663} - 2.69 A_{647}$

Clorofila b (C_b): $C_b (\mu\text{g mL}^{-1}) = 22.9 A_{647} - 4.68 A_{663}$

Clorofila total ($C_a + C_b$): $C_a + C_b (\mu\text{g mL}^{-1}) = 8.02 A_{663} + 20.21 A_{647}$

Donde A es la absorbancia a la longitud de onda indicada.

2. Discusión e interpretación biogeoquímica (análisis de resultados)

Discutir en equipo y fundamentar el análisis basándose en las siguientes premisas:

- ¿Cuál es la proporción entre la clorofila a y la clorofila b, que encontraron en la muestra analizada? En términos de ecología y captación de luz, ¿por qué las plantas necesitan mantener ambos pigmentos en lugar de solo uno?
- Si este análisis revelara una concentración inusualmente alta de clorofila en un ecosistema acuático, ¿cuáles serían las implicaciones negativas para el resto del ciclo biogeoquímico y la disponibilidad de oxígeno?
- Considerando que la técnica midió la absorbancia general de la disolución, ¿cuáles son las limitaciones de extraer con acetona? ¿Qué otros pigmentos fotosintéticos (o moléculas) pudieron ser extraídos y podrían estar generando ruido en sus mediciones UV-Vis?
- ¿Cómo podría adaptarse esta técnica de espectrofotometría UV-Vis para analizar la cinética (velocidad) de una reacción química relevante en los procesos biogeoquímicos?

3. Veredicto y diagnóstico final (conclusiones)

Responder directamente a la siguiente pregunta:

¿Cuál fue el potencial fotosintético detectado y qué nos dicen las concentraciones de clorofila calculadas sobre el aporte energético de la biomasa estudiada?

Elaborar una conclusión siguiendo la lógica del método científico: recordar el fenómeno estudiado, contrastar los datos cuantitativos con la teoría consultada previamente, y confirmar la resolución del problema planteado.



Manejo de residuos

Las sustancias de naturaleza química ácidas y básicas llevarlas a neutralización y desecharlas al drenaje. Aquellas sustancias inocuas pueden eliminarse en un sistema de suelo o bien en el drenaje con agua de la llave. Las sustancias de naturaleza química código CRETIB se depositan en recipientes etiquetados atendiendo la norma vigente.

Método científico y mi actividad experimental

La elaboración del informe de la práctica debe considerar como base el protocolo experimental realizado y desarrollarse tomando en cuenta las etapas del método científico. Para ello, te puedes auxiliar haciendo uso de la rúbrica del informe de prácticas.

Es muy importante que, en todas las actividades, en particular las experimentales, se ponga especial atención en la observación, esto ayudará a comprender mejor el fenómeno estudiado y a generar una hipótesis adecuada que permita resolver y concluir la situación problema planteada.

Referencias

- Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24(1), 1-15.
- Begon, M., Townsend, C. R., y Harper, J. L. (2006). *Ecology: From individuals to ecosystems* (4.^a ed.). Blackwell Publishing.
- Del Valle Tascón, S., Sanz, A., Calatayud, A., y Barreno, E. (1994). Coeficientes de extinción de clorofilas y feofitinas (a y b) en DMSO y ecuaciones para el cálculo de sus concentraciones. *Studia Botánica*, 13, 115-121.
- Karp, G. (2009). *Biología celular y molecular: conceptos y experimentos* (5.^a ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- McMurry, J. (2001). *Química orgánica* (5.^a ed.). International Thomson Editores.
- Rubinson, K. A., y Robinson, J. F. (2001). *Análisis instrumental*. Pearson Educación.



Práctica 3. El código de barras de la materia: construcción de un espectrómetro óptico

Fase 1: escenario

¿Cómo saben las personas científicas qué gases componen la atmósfera o de qué están hechas las estrellas, si no pueden tomar una muestra física directa? La respuesta está en la luz.

Cuando la radiación electromagnética interactúa con la materia, los electrones de los átomos transitan entre niveles de energía. Al regresar a su estado original, emiten o absorben luz en frecuencias muy específicas, creando un espectro (Figura 1). En la biogeoquímica moderna, los espectrómetros son los instrumentos que nos permiten leer estos espectros como si fueran códigos de barras atómicos, revelando la identidad exacta de los elementos presentes en cualquier sistema. Sin embargo, para dominar los equipos de alta tecnología, primero se debe comprender el fenómeno físico subyacente.

Fase 2: situación problema

Ustedes son un equipo de Instrumentación Científica encargado de diseñar y validar un prototipo de espectrómetro óptico de bajo costo (Figura 2). Necesitan demostrar que es posible separar las distintas longitudes de onda de diversas fuentes luminosas (luz solar, incandescente, LED, etc.) para comprobar visualmente que cada tipo de fuente genera una firma espectral distinta, utilizando materiales de uso cotidiano.

¿Cómo podemos construir un dispositivo óptico casero que nos permita descomponer la luz de diferentes fuentes y observar sus líneas espectrales, para comprender el principio fisicoquímico?

Figura 1 Espectros de emisión de diferentes elementos químicos. Adaptado de Química (11.^a ed.), por R. Chang y K. A. Goldsby, 2013, McGraw-Hill Interamericana

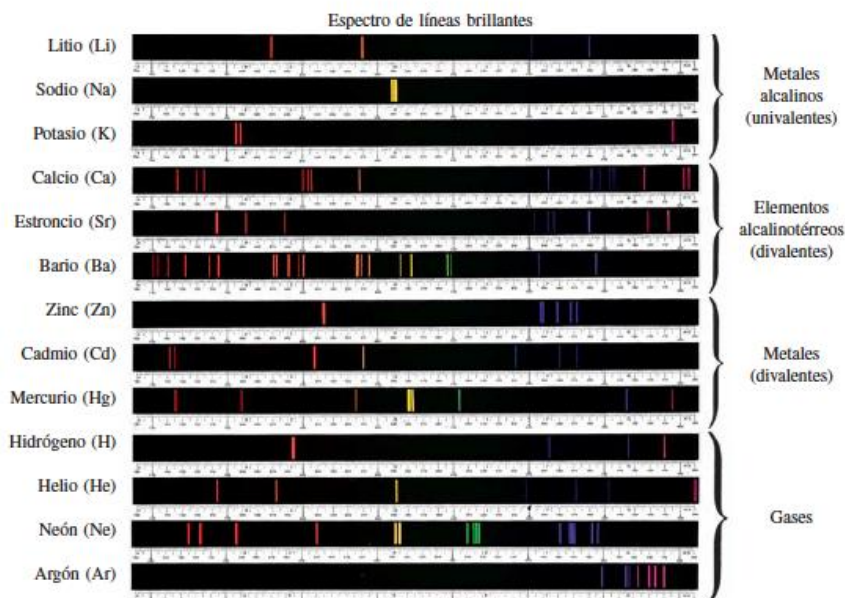
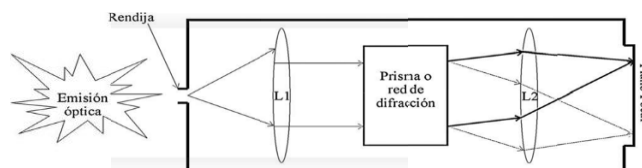


Figura 2 Esquema básico de un espectrómetro óptico. Adaptado de *Diseño y construcción de un espectrómetro óptico por USB*, por Y. Pérez-Moret, 2012, Lulu



Fase 3: actividades previas a la sesión experimental

Para que su dispositivo funcione, no basta con seguir instrucciones de ensamblaje; deben entender la física cuántica que ocurre dentro del espectrómetro construido. Resolver en equipo los siguientes puntos antes de la sesión experimental:

1. Investigar el modelo atómico de Bohr. Explicar con sus propias palabras qué tiene que ver la transición de electrones en los diferentes niveles de energía con la emisión de un color específico de luz.
2. Investigar y comparar gráficamente la diferencia entre un espectro continuo (como el del Sol), un espectro de emisión y un espectro de absorción.
3. En los laboratorios profesionales se usan prismas o redes de difracción de cristal. En esta ocasión se usará un disco compacto (CD). Investigar: ¿por qué las pistas microscópicas grabadas en un CD son capaces de actuar como una red de difracción y separar la luz blanca en sus colores componentes?
4. Buscar y describir brevemente un ejemplo real de cómo se utiliza la espectroscopía (por ejemplo, espectroscopía de absorción atómica) en la actualidad para detectar contaminantes (como plomo, mercurio o cadmio) en muestras de suelo o agua.

Fase 4: experimentación y recolección de evidencias

En esta fase, construirán su instrumento óptico y recolectarán las firmas espectrales de su entorno. En la Tabla 1 se muestran materiales y reactivos que serán empleados.

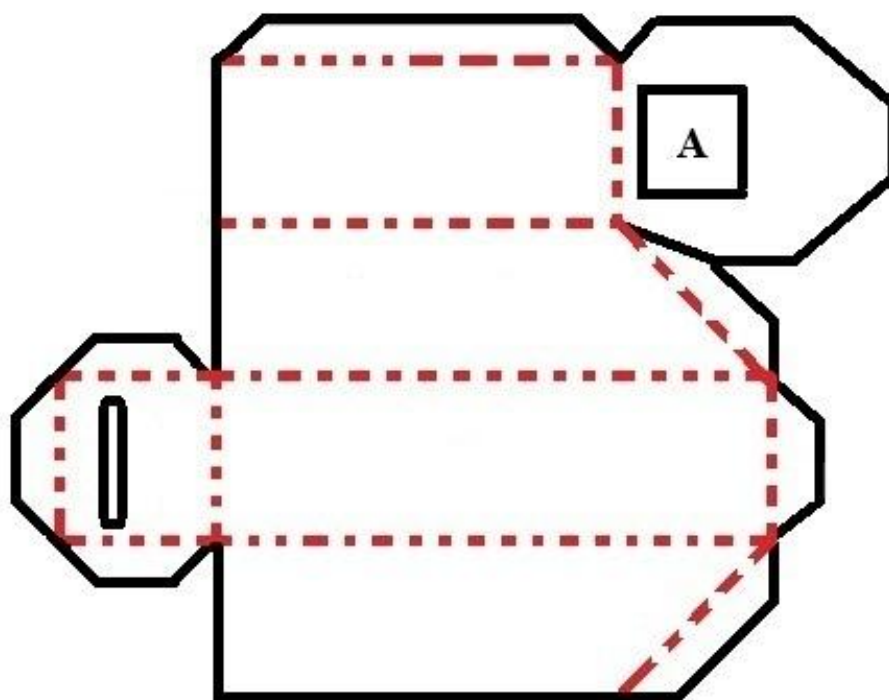
Tabla 1 Materiales y reactivos que se emplearán en el procedimiento experimental

Materiales	Reactivos
Cartoncillo y tijeras	Pegamento blanco
Lámpara fluorescente compacta	
CD	
Cámara de computadora o celular	
Diferentes fuentes de luz	

Procedimiento

1. Utilizando el cartoncillo, pegamento y tijeras hacer el espectrómetro utilizando la plantilla de la Figura 3. Debes pegar la plantilla en el cartón negro y cortar sobre las líneas negras, hacer dobleces sobre las líneas rojas y finalmente pegar las partes que correspondan a cada sección.

Figura 3 Plantilla para realizar el espectrómetro con materiales accesibles. Tomado y modificado de *Spectral Workbench*, por *SpectralWorkbench.org*, 2018



Hacer el corte sobre las líneas negras
Realizar el dobles sobre la línea roja

2. En la parte de la plantilla donde dice A, pega un pedazo de la parte reflectiva del CD.
3. Con el espectrómetro realizado, colocar la parte donde se encuentra el trozo del CD en las diferentes fuentes de luz, por ejemplo, luz neón, LED colorido, foco de tungsteno, lámpara ahorradora, etc.
4. Obtener la imagen del espectro de cada tipo de luz, auxiliándose de una cámara de computadora o de un teléfono inteligente.
5. Comparar los resultados obtenidos y discutir en equipo a qué se debe lo obtenido.

Fase 5: resultados, análisis y conclusiones

Ahora han construido un instrumento óptico funcional y han recolectado datos visuales. El siguiente paso es interpretarlos para validar el principio de la espectrometría.

1. Presentación de evidencias (resultados)

- Elaborar un catálogo visual que contenga las imágenes o, en su defecto, dibujos coloreados a detalle de lo que observaron en el espectrómetro para cada una de las fuentes de luz evaluadas.
- Clasificar visualmente qué tipo de espectro arrojó cada fuente (continuo, bandas aisladas, etc.).

2. Discusión e interpretación (análisis de resultados)

Basándose en su investigación previa y en lo observado, discutir en equipo:

- ¿Por qué la luz de un foco incandescente produjo un espectro diferente al de un foco fluorescente? Relacionar esto con la separación de los colores que observaron.
- En las fuentes artificiales donde se observaron líneas o franjas de colores separadas, ¿qué nos dicen esas líneas específicas sobre los átomos que están interactuando dentro del foco?
- El espectrómetro construido usó el ojo humano como detector. Si se acoplara un sensor digital capaz de medir exactamente en qué longitud de onda cae cada rayita de color, ¿cómo se podría saber qué gas compone una nebulosa en el espacio exterior o qué mineral predomina en una roca?

3. Veredicto final (conclusiones)

Responder la siguiente pregunta:

¿Logró su diseño separar eficazmente la luz y demostrar el concepto de huella atómica?

A manera de reflexión científica, concluir por qué el dominio de la interacción entre la materia y la radiación (espectrometría) es una herramienta insustituible y fundamental en la biogeoquímica moderna utilizada para el monitoreo ambiental.

Manejo de residuos

Las sustancias de naturaleza química ácidas y básicas llevarlas a neutralización y desecharlas al drenaje. Aquellas sustancias inocuas pueden eliminarse en un sistema de suelo o bien en el drenaje con agua de la llave. Las sustancias de naturaleza química código CRETIB se depositan en recipientes etiquetados atendiendo la norma vigente.



Método científico y mi actividad experimental

La elaboración del informe de la práctica debe considerar como base el protocolo experimental realizado y desarrollarse tomando en cuenta las etapas del método científico. Para ello, te puedes auxiliar haciendo uso de la rúbrica del informe de prácticas.

Es muy importante que, en todas las actividades, en particular las experimentales, se ponga especial atención en la observación, esto ayudará a comprender mejor el fenómeno estudiado y a generar una hipótesis adecuada que permita resolver y concluir la situación problema planteada.

Referencias

- Chang, R., y Goldsby, K. A. (2013). *Química* (11.^a ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Cruz, D., Chamizo, J. A., y Garritz, A. (1986). *Estructura atómica: Un enfoque químico* (1.^a ed.). Addison-Wesley Iberoamericana.
- Harris, D. C. (2001). *Análisis químico cuantitativo* (2.^a ed.). Reverté.
- Pérez-Moret, Y. (2012). *Diseño y construcción de un espectrómetro óptico por USB*. Lulu.
- SpectralWorkbench.org. (2018). *Spectral Workbench*. Consultado el 20 de abril de 2026.
<https://spectralworkbench.org>

Práctica 4. El motor biogeoquímico en riesgo: dinámica fisicoquímica y retención de contaminantes en el suelo

Fase 1: escenario

El suelo no es solo tierra inerte; es el motor biogeoquímico de nuestro planeta, en este sistema se llevan a cabo procesos fundamentales que no podrían llevarse a cabo en alguno otro; actúa como un adsorbente y filtrador natural de los ecosistemas. Recientemente, una comunidad local ha expresado una gran preocupación: una industria textil cercana ha tenido fugas de sus aguas residuales, las cuales contienen colorantes sintéticos. Los pobladores temen que estos contaminantes superen la barrera del suelo y lleguen a los mantos acuíferos subterráneos mediante procesos de lixiviación. Sabemos que las arcillas y la materia orgánica presentes en el suelo pueden retener estos colorantes a través de procesos dinámicos de adsorción-desorción, pero ¿tendrá el suelo de esta comunidad la capacidad fisicoquímica suficiente para resistir el impacto?

Fase 2: situación problema

Ustedes son un equipo de Biogeoquímicos Ambientales de la UNAM enviados a la zona afectada para evaluar el estado y la capacidad protectora del suelo local. Tienen que analizar diversas propiedades fisicoquímicas del suelo (su nivel de intemperismo, la dinámica de su materia orgánica, su pH y su estratificación) para diagnosticar si puede actuar como una barrera efectiva contra los colorantes industriales.

¿Cómo se puede medir el grado de intemperismo químico, el pH y la composición estratificada del suelo para determinar su capacidad para filtrar y adsorber contaminantes antes de que alcancen las reservas de agua subterránea?

Fase 3: actividades previas a la sesión experimental

Para que un diagnóstico ambiental sea certero, se debe comprender la teoría química que sustenta el comportamiento del suelo. Resolver en equipo los siguientes puntos:

1. Investigar: la diferencia exacta entre los procesos de absorción, adsorción y filtración. ¿Cómo ayuda la estructura química de las arcillas a la adsorción de colorantes?
2. Investigar y describir la función de las siguientes sustancias presentes en la materia orgánica del suelo: (1) huminas, (2) ácidos fúlvicos; y (3) ácidos húmicos.

¿Qué consecuencias biogeoquímicas (específicamente en el ciclo del carbono) trae consigo una alta concentración de contaminantes tóxicos que aniquilan a los microorganismos del suelo?



3. ¿Cuál es el programa de la UNAM que se encarga oficialmente del estudio del suelo en México?
4. ¿Existe el suelo con sus 4 componentes en otros cuerpos celestes?
5. Buscar las etiquetas SGA del peróxido de hidrógeno y del ácido acético glacial (componente del vinagre) y establezcan medidas de seguridad.

Fase 4: experimentación y recolección de evidencias

Para emitir un diagnóstico, simular los procesos geológicos y químicos a escala de laboratorio. En la Tabla 1 se describen los materiales y los reactivos necesarios para el procedimiento experimental.

Tabla 1 Materiales y reactivos que se emplearán en el procedimiento experimental

Materiales	Reactivos
3 recipientes de vidrio de 200 mL	250 mL de ácido acético al 5% (vinagre comercial)
1 botella de plástico	2 huevos
1 torunda de algodón	200 mL de agua
3 cajas Petri	Peróxido de hidrógeno farmacéutico
1 cronómetro	Tierra negra (para maceta)
Tiras de papel indicador de pH	1 papa o manzana
	Colorante vegetal
	Arcillas
	Arena
	Bicarbonato de sodio
	Muestras de diferentes suelos

Procedimiento

Parte A. Simulación intemperismo químico (ciclo de carbono). La lluvia ácida acelera la degradación de los minerales

1. Colocar un huevo con todo y cáscara en un recipiente de vidrio y agregar los diferentes medios (200 mL aproximadamente) durante 48 h:
 - a) Ácido acético al 5%
 - b) Agua
2. Medir el valor de pH inicial del medio.
3. Registrar los cambios observados a las 24 h. Después de las 48 h, retirar con cuidado el agua o el ácido acético, para no romper la membrana del huevo.



4. Observar si el huevo aún conserva la cáscara en los dos casos (Figura 1).
5. Medir el valor final de pH del medio.
6. Explicar la reacción 1, considerando los cambios químicos que se llevan a cabo. Considerar la estequiometría de la reacción.

Figura 1 Simulación de intemperismo químico en carbonato de calcio



Nota. Observación de la degradación de la cáscara de huevo tras la exposición a ácido acético.

Reacción 1:



Parte B. Dinámica de la materia orgánica (oxidación)

1. Cortar una papa o una manzana en tres trozos y colocar cada trozo en una caja Petri diferente.
2. Agregar sobre el trozo de papa o manzana un generoso volumen de cada uno de los tres medios.
 - a) Peróxido de hidrógeno.
 - b) Ácido acético al 5%.
 - c) Agua.
3. Dejar reposar la fruta o vegetal con el medio durante al menos 24 h a temperatura ambiente.
4. Observar, registrar y documentar cambios.

Nota:

Repetir la experiencia, pero ahora dejando en reposo en el refrigerador por más de 24 horas, hasta observar cambios.

Parte C. Construcción del sistema de filtración

1. Cortar una botella de plástico por la mitad para tener una parte superior y una parte inferior. Colocar la parte superior sobre la parte inferior como se muestra en la Figura 2.
2. Colocar en la punta de la parte superior una torunda de algodón.
3. Llenar la parte superior de la primera botella con la arena, arcilla, vermiculita, tezontle y con la tierra negra, en ese orden.
4. Realizar una disolución de agua con colorante vegetal y una vez que el sistema ya se encuentre como se muestra en la Figura 2, agregar la disolución colorida a cada una de las botellas.
5. Registrar el tiempo que transcurre para que el agua pase de la parte superior a la parte inferior.
6. Observar el color final del agua cuando está en la parte inferior de la botella.
7. Comparar el sistema obtenido con el sistema de la Figura 3 que será proporcionado por la profesora o el profesor.

Figura 2 Sistema de filtración realizado con materiales accesibles



Nota. Columna de suelo simulada utilizando una botella de plástico y diversos sustratos.

Figura 3 Modelo de sistema de filtración de referencia



Nota. Sistema de filtración proporcionado por el profesorado para comparación de resultados.

Parte D. Diagnóstico del pH de suelos locales

Realizar el procedimiento descrito a continuación con las diferentes muestras de suelo. NO perder de vista la reacción 2.

Reacción 2:



1. Marcar tres vasos de precipitados como 1, 2 y 3.
2. Agregar aproximadamente 100 mL de agua en los tres vasos.
3. En el vaso de precipitados 1; a) agregar y solvatar una cucharada de bicarbonato de sodio; b) después agregar un volumen de ácido acético a la mezcla hasta poder observar la reacción 2. Registrar el valor de pH antes y después de agregar el bicarbonato de sodio (a) y el ácido acético (b); también registrar las observaciones.
4. En el vaso de precipitados 2, agregar dos cucharadas de suelo y bicarbonato de sodio en exceso. Registrar el valor de pH antes y después de agregar el bicarbonato de sodio; también registrar las observaciones.
5. En el vaso de precipitados 3, agregar dos cucharadas de suelo y ácido acético en exceso. Registrar y documentar las observaciones (por ejemplo, valor de pH antes y después de la reacción).

Fase 5: resultados, análisis y conclusiones

1. Presentación de evidencias (resultados)

Realizar una tabla que integre: Fotografías del antes y el después de cada experimento, pH inicial y final, tiempo de filtración, y observaciones químicas directas (burbujeo, disolución, retención de color, etc.).

2. Discusión e interpretación biogeoquímica (análisis de resultados)

Según los datos obtenidos, discutir en equipo e incluir en el informe los siguientes análisis:

- a) Explicar, usando la estequiometría de la reacción del CaCO_3 con el ácido acético, ¿por qué la lluvia ácida debilita la estructura mineral del suelo y cómo afecta esto al ciclo del carbono?
- b) ¿Qué se puede inferir del experimento de la manzana sobre la velocidad a la que se forma el humus en diferentes condiciones químicas?
- c) ¿Por qué la velocidad de lixiviación cambiaría si el suelo estuviera hecho solo de tezontle en lugar de tener arcillas y tierra negra? ¿Logró la columna elaborada retener el colorante o el acuífero se habría contaminado?



- d) Según los resultados de la Parte D, ¿el suelo analizado es ácido o alcalino? ¿Cómo afecta este pH a la disponibilidad de nutrientes para las plantas y a la movilidad de los contaminantes?

3. Veredicto y diagnóstico final (conclusiones)

Responder directamente a la pregunta:

¿Posee el suelo analizado la estructura (intemperismo) y la composición (materia orgánica-arcillas) necesarias para proteger a los mantos acuíferos del derrame textil simulado?

Manejo de residuos

Las sustancias de naturaleza química se deben llevar a neutralización y desechar en drenaje. Aquellas sustancias inocuas pueden eliminarse en un sistema de suelo o bien en el drenaje con agua de la llave. Las sustancias de naturaleza química código CRETIB se depositan en frascos etiquetados atendiendo la norma vigente.

Método científico y mi actividad experimental

La elaboración del informe de la práctica debe considerar como base el protocolo experimental realizado y desarrollarse tomando en cuenta las etapas del método científico. Para ello, te puedes auxiliar haciendo uso de la rúbrica del informe de prácticas.

Es muy importante que, en todas las actividades, en particular las experimentales, se ponga especial atención en la observación, esto ayudará a comprender mejor el fenómeno estudiado y a generar una hipótesis adecuada que permita resolver y concluir la situación problema planteada.

Referencias

- Chavarría, F. (2009). *Curso de Suelos II*. UNAN Managua.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. (1988, 28 de enero). *Diario Oficial de la Federación*.
- Singh, G.B., Vinayak, A., Mudgal, G., y Kesari, K. K. (2024). Azo dye bioremediation: An interdisciplinary path to sustainable fashion, *Environmental Technology & Innovation*, 36, Artículo 103832. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2024.103832>
- Tarbuck, E. J. y Lutgens, F. K. (2005). *Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física* (8.ª ed.). Pearson Prentice Hall.
- Walker, J. C. G., Hays, P. B., y Kasting, J. F. (1981). A negative feedback mechanism for the long-term stabilization of Earth's surface temperature. *Journal of Geophysical Research*, 86 (C10), 9776–9782.



Práctica 5. Recreando las posibles primeras fronteras celulares mediante sistemas coloidales

Fase 1: escenario

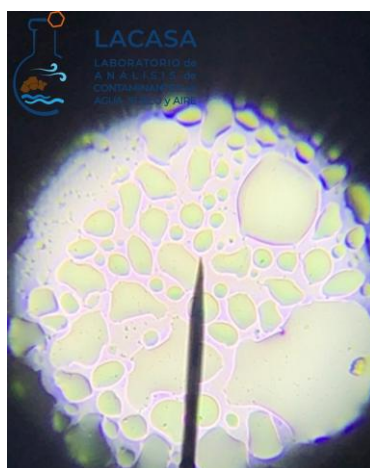
El estudio multidisciplinario del origen de la vida sugiere que, antes de la aparición del primer ser vivo, la Tierra pasó por una etapa de evolución química. Durante esta fase hipotética, moléculas simples sufrieron transformaciones fisicoquímicas hasta formar compuestos orgánicos de mayor complejidad e ir aumentando su ordenamiento. A principios del siglo XX, el científico Alexander Oparin propuso que, bajo las condiciones adecuadas, estas macromoléculas orgánicas pudieron ensamblarse naturalmente para formar estructuras precelulares sin la intervención de procesos sobrenaturales. Estas estructuras rudimentarias necesitaban separarse del caótico medio acuoso circundante para crear un ambiente interno. Oparin logró simular este paso crucial en el laboratorio mediante la formación de coacervados: gotas coloidales ricas en biomoléculas que cambian de forma, fluyen, se fusionan y se dividen, mostrando propiedades asombrosamente parecidas a los sistemas vivos.

Fase 2: situación problema

Ustedes son un equipo de Químicos Prebióticos encargados de recrear experimentalmente las condiciones de la Tierra primitiva para comprobar la viabilidad de la teoría de la evolución molecular. Necesitan sintetizar estructuras precelulares (coacervados) a partir de macromoléculas orgánicas simples (carbohidratos y proteínas) manipulando el pH del medio, y luego contrastar la morfología de estas protocélulas artificiales (Figura 1) frente a células eucariotas reales (vegetales).

¿Cómo influye el nivel de acidez (pH) en la formación fisicoquímica de coacervados a partir de macromoléculas orgánicas, y qué similitudes o diferencias morfológicas presentan estas estructuras frente a una célula epitelial humana moderna?

Figura 1 Microestructuras coloidales (coacervados de Oparin)



Nota. Gotas ricas en proteínas y carbohidratos observadas con microscopio óptico a 10X.

Fase 3: actividades previas a la sesión experimental

Para comprender cómo la materia inerte pudo transformarse en moléculas de importancia biológica hasta generar organismos vivos, resolver en equipo los siguientes puntos antes de la sesión experimental:

1. Investigar qué es un coloide y cuáles son las propiedades fisicoquímicas fundamentales de los sistemas coloidales.
2. Explicar cómo las fuerzas electrostáticas permiten que los polímeros en disolución se unan en formas más complejas poliméricas (ácidos nucleicos y proteínas).
3. Investigar y comparar los enfoques de tres grandes científicos sobre el origen de la vida: Alexander Oparin (coacervados), Alfonso L. Herrera (sulfobios) y Sidney Fox (microesferas).
4. ¿Cuál es el papel exacto del valor de pH en los experimentos de Oparin? (Pista: investigar qué le ocurre a una proteína cuando se acidifica el medio).
5. Investigar: ¿cuáles son los componentes moleculares de una membrana celular moderna? y reflexionar sobre ¿cómo difiere de la membrana rudimentaria de un coacervado?
6. Buscar las etiquetas del Sistema Globalmente Armonizado (SGA) del ácido clorhídrico (HCl) 0.1 mol L⁻¹ y del azul de metileno, estableciendo las precauciones necesarias para su manejo.

Fase 4: experimentación y recolección de evidencias

En esta fase, se crearán sistemas precelulares manipulando el entorno químico, para luego compararlos con verdaderas células biológicas. En la tabla 1 se describen los materiales y reactivos para el procedimiento experimental.

Tabla 1 Materiales y reactivos que se emplearán en el procedimiento experimental

Materiales	Reactivos
Microscopio óptico	Grenetina
1 tubo de ensayo	Goma arábica
3 cubreobjetos	Ácido clorhídrico 0.1 mol L ⁻¹
3 portaobjetos	Colorante vegetal
Tiras indicadoras de pH	Agua
*Jeringa de 5 mL	Azul de metileno al 2%
Pipeta de transferencia	Alcohol comercial
Parrilla de calentamiento	
3 vasos de precipitados de 100 mL	



Hisopo

Piseta con agua

Recipiente para recuperar residuos coloridos

Lámpara de alcohol o encendedor

Procedimiento

Parte A: Coacervados de Oparin

Como guía para el procedimiento, consultar el material audiovisual (Meléndez-López 2021a)

1. En diferentes vasos de precipitados preparar las siguientes mezclas:
 - a) 10 mL de grenetina al 2% masa/masa. Para solubilizar la grenetina, calienta la mezcla directamente en la parrilla de calentamiento o a través de un baño maría.
 - b) 10 mL de goma arábica al 2% masa/masa.
 - c) 10 mL de disolución colorida (una pequeña cantidad de colorante).
2. En un tubo de ensayo colocar 2.5 mL de grenetina y 1.5 mL de goma arábica, esta mezcla será llamada mezcla A.
3. Usando una pipeta de transferencia, colocar una gota de la mezcla A en el papel indicador de pH. Leer y registrar el valor de pH de la mezcla.
4. Agregar una gota de ácido clorhídrico al tubo que contiene la mezcla A e invertir el tubo para mezclar. Agregar ácido suficiente hasta lograr una mezcla turbia (realizar una mezcla invertida después de cada gota). Registrar el valor de pH final de la mezcla que debe ser entre 3 y 4.
5. Colocar una gota de la mezcla turbia en un portaobjetos, colocar el cubreobjetos y observar haciendo uso de un microscopio óptico.
6. Colocar una gota de la mezcla turbia en otro portaobjetos y agregar una gota de disolución colorida, colocar el cubreobjetos y observar con el microscopio óptico.
7. Documentar los resultados obtenidos y comparar con los coacervados encontrados por los demás integrantes del grupo.

Recomendaciones para la observación de coacervados:

- a) Para encontrar cuerpos irregulares y claros con forma redondeada, a menudo con pequeñas burbujas dentro, deberán hacer sus observaciones en un lugar con poca luz, ya que los coacervados a menudo tienen contornos muy delgados, y pueden ser difíciles de ver si el medio es demasiado iluminado.
- b) El movimiento de los coacervados no se notará inmediatamente; es posible que vean algunos después de observar por un periodo de tiempo.



Parte B: Observaciones de células reales

1. Con un hisopo limpio tomar una muestra de células epiteliales provenientes de la mejilla.
2. Fijar la muestra con calor proveniente de un encendedor en un portaobjetos y teñirla con una disolución de azul de metileno al 2%, como se muestra en el video de Meléndez-López (2021b)
3. Observar las muestras obtenidas con un microscopio óptico y un objetivo de 10, 40 y 100X.
4. Documentar las observaciones obtenidas en la Tabla 3.

Fase 5: resultados, análisis y conclusiones

Como equipo de Químicos Prebióticos, es momento de analizar sus evidencias y emitir un veredicto sobre la evolución química.

1. Presentación de evidencias (resultados)

Construir dos tablas visuales en su informe. La primera debe contener las imágenes y descripciones de los coacervados obtenidos (con y sin colorante). La segunda debe contener las imágenes de las células epiteliales teñidas con sus respectivos aumentos microscópicos.

2. Discusión e Interpretación Biogeoquímica (análisis de resultados)

Basándose en las evidencias y en la teoría investigada previamente, discutir en equipo:

- a) ¿Por qué la mezcla solo se volvió turbia (indicando la formación de coacervados) cuando el pH disminuyó a valores ácidos? ¿Qué fuerzas electrostáticas se activaron entre las proteínas y los carbohidratos? ¿Qué ambientes prebióticos podrían ser relevantes para el origen de la vida bajo las condiciones de acidez del procedimiento experimental?
- b) ¿Qué pasaría con las estructuras coloidales si accidentalmente hubieran utilizado un medio fuertemente básico? ¿Qué nos dice la fragilidad de este sistema sobre los problemas de la evolución química en la Tierra primitiva?
- c) Comparar críticamente las fotografías obtenidas de los coacervados con las de las células epiteliales. ¿Qué estructuras celulares modernas son imposibles de encontrar dentro de un coacervado y por qué?

3. Veredicto final (conclusiones)

Responder a la siguiente pregunta:



¿El experimento demostró que las moléculas orgánicas pueden autoensamblarse en estructuras análogas a las células únicamente guiadas por procesos fisicoquímicos?

Concluir de manera argumentada basándose en lo observado:

¿La aparición de la vida debió ser obligatoriamente precedida por una etapa de evolución química y molecular?

Justificar la respuesta utilizando el método científico y las evidencias de su procedimiento experimental.

Manejo de residuos

Las sustancias de naturaleza química se deben llevar a neutralización y desechar en drenaje. Aquellas sustancias inocuas pueden eliminarse en un sistema de suelo o bien en el drenaje con agua de la llave.

Las sustancias de naturaleza química código CRETIB se depositan en frascos etiquetados atendiendo la norma vigente.

Método científico y mi actividad experimental

La elaboración del informe de la práctica debe considerar como base el protocolo experimental realizado y desarrollarse tomando en cuenta las etapas del método científico. Para ello, te puedes auxiliar haciendo uso de la rúbrica del informe de prácticas.

Es muy importante que, en todas las actividades, en particular las experimentales, se ponga especial atención en la observación, esto ayudará a comprender mejor el fenómeno estudiado y a generar una hipótesis adecuada que permita resolver y concluir la situación problema planteada.

Referencias

- Biological Sciences Curriculum Study. (1996). Investigation 4C: Coacervates. En *BSCS Blue: Biological Science - A Molecular Approach* (5.^a ed., pp. 630-631).
- Meléndez-López, A. L. (2021a, 24 de octubre). *Experimento el origen de la vida: los coacervados de Oparin* [Video]. YouTube. https://youtu.be/eJziA_Yz6Ec
- Meléndez-López, A. L. (2021b, 6 de septiembre). *Tinción de células y visualización con microscopio óptico y microscopio casero* [Video]. YouTube. https://youtu.be/Qely_XfNquQ
- Oparin, A. I. (1976). Evolution of the concepts of the origin of life, 1924–1974. *Origins of Life*, 7(1), 3–8.
- Orgel, L. E. (1968). Evolution of the genetic apparatus. *Journal of Molecular Biology*, 38(3), 381–393.



Práctica 6. Replicando la Plasmogenia de Alfonso L. Herrera

Fase 1: escenario

Cuando hablamos del origen de la vida, casi siempre pensamos en el famoso experimento de Stanley Miller (1953) o en los coacervados de Oparin. Sin embargo, décadas antes, la ciencia mexicana ya estaba a la vanguardia de este misterio. En 1908, el científico mexicano Alfonso Luis Herrera propuso la hipótesis de la Plasmogenia, una nueva disciplina fundamentada en el estudio del origen del protoplasma en un estado coloidal. Herrera consideraba que los procesos fisicoquímicos inorgánicos podían dar lugar a seres coloidales rudimentarios, los cuales evolucionarían hacia formas de vida orgánicas complejas. Para demostrarlo, pasó años mezclando sustancias inorgánicas simples hasta lograr que se autoensamblaran en microestructuras (Figura 1), a las que llamó sulfobios y colpoides, que, bajo el microscopio, son morfológicamente parecidas a las células. Pero ¿qué tan delgada es la línea entre una simple agrupación de moléculas y un verdadero organismo vivo?

Fase 2: situación problema

Ustedes son un equipo de Químicos Prebióticos e Historiadores de la ciencia encargados de validar experimentalmente los hallazgos de Herrera a más de un siglo de su descubrimiento. Deben sintetizar artificialmente estas estructuras precelulares utilizando mezclas de tiocianatos, silicatos y compuestos orgánicos simples. Su tarea crítica será analizar su morfología para determinar si la simple forma física es evidencia suficiente de vida.

¿Es posible sintetizar microestructuras inorgánicas que imiten morfológicamente a las células biológicas, y cómo podemos diferenciar científicamente estas estructuras que parecen vida de los verdaderos sistemas biológicos vivos?

Figura 1 Resultados sobre la importancia de los compuestos azufrados



Nota. Microestructuras inorgánicas (sulfobios y colpoides) obtenidas mediante los protocolos de Alfonso L. Herrera.

Fase 3: actividades previas a la sesión experimental

Para dictaminar el trabajo de Herrera como verdaderas personas científicas es necesario entender el contexto y la química detrás de sus experimentos. Resolver en equipo:

1. Investigar: ¿Quién fue Alfonso Luis Herrera y cuáles fueron sus mayores aportaciones, además de la Plasmogenia, al inicio de la biología en México?
2. Comparar la teoría de la Plasmogenia de Herrera (seres coloidales inorgánicos) con la teoría quimiosintética de Alexander Oparin (coacervados orgánicos). ¿En qué se parecen y en qué difieren radicalmente?
3. Investigar la diferencia biológica fundamental entre morfología (forma), metabolismo (función) y genética (herencia).
4. Investigar y responder: ¿Por qué un cristal que crece y se divide no se considera un ser vivo?
5. Buscar las etiquetas SGA del formol (formaldehído) y del tiocianato de amonio. Explicar químicamente por qué la mezcla y calentamiento de estas sustancias exige precauciones extremas de ventilación en el laboratorio.

Fase 4: experimentación y recolección de evidencias

En esta fase, intentarán recrear tres de los protocolos históricos exactos desarrollados por Herrera para forzar a la materia inerte a organizarse. En la Tabla 1 se muestra los materiales y reactivos necesarios para el procedimiento experimental.

Tabla 1 Materiales y reactivos que se emplearán en el procedimiento experimental

Materiales	Reactivos
1 microscopio óptico	Cloruro de sodio (NaCl)
2 vidrios de reloj	Ácido esteárico ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$)
1 piseta con agua	Cloruro de sodio (NaCl)
1 vidrio de reloj	Fluoruro de sodio (NaF)
2 cajas Petri	Formol o formaldehído (CH_2O)
1 espátula	Cloruro de calcio anhidro (CaCl_2)
1 tubo de ensayo	Aceite de linaza (alumnos)
1 pinzas para tubo de ensayo	Ácido clorhídrico (HCl)
1 estufa de calentamiento	Tiocianato de amonio (NH_4SCN)
	Hidróxido de sodio (NaOH)

A continuación, se describe en tres partes el procedimiento experimental:



Experimento 1: La vida es la actividad fisicoquímica del protoplasma

1. Preparar en un vidrio de reloj una mezcla con un poco de polvo de goma arábica, agua y cloruro de sodio.
2. Tomar una gota de la mezcla y extenderla en un vidrio de reloj.
3. Dejar que la mezcla se seque y observar al microscopio los cristales imperfectos que se han producido, debido a que la goma arábica no ha permitido que los cristales de sal se agrupen ordenadamente.
4. En otro vidrio de reloj, realizar una mezcla de ácido esteárico, disuelto en gasolina.
5. Repetir el procedimiento anterior.

Experimento 2: Organización de los silicatos y los fluorosilicatos

1. Mezclar en una caja Petri 0.7 g de fluoruro de sodio y 13 mL de formol.
2. Colocar una gota de la mezcla en un portaobjetos y cubrirla con el cubreobjetos.
3. Con ayuda de una espátula colocar un poco de cloruro de calcio anhidro en una orilla del cubreobjetos.
4. Calentar el sistema durante 20 min a 90°C.
5. Después de ese tiempo, el cloruro de calcio se comenzará a solubilizar con el medio y se penetrará entre el porta y cubreobjetos, produciendo silicato y fluoruro de calcio. Observar al microscopio las estructuras obtenidas, se observará un coloide gelatinoso y un cristaloides.

Experimento 3: La importancia de compuestos azufrados

1. Mezclar en un tubo de ensayo, 3 g de tiocianato de amonio y 5 mL de formol.
2. Calentar el tubo hasta que la mezcla hierva. Verter la mezcla hirviendo en una caja Petri.
3. Dejar enfriar la mezcla y observar al microscopio después de 12 h.

Notas:

- a. Considerar el tiempo que deberá ser empleado para concluir el experimento, ya que algunos de ellos implican hacer observaciones al microscopio después de 12 h.

Fase 5: resultados, análisis y conclusiones

1. Realizar una tabla en la que se incluya las imágenes obtenidas de los tres experimentos, especificar las condiciones microscópicas utilizadas.

Como personas científicas, es momento de analizar las evidencias y emitir un veredicto sobre el trabajo de Herrera.



1. Presentación de evidencias (resultados)

Elaborar un catálogo fotográfico de las tres simulaciones. Incluir las imágenes de los sulfobios y estructuras obtenidas, especificando estrictamente el aumento microscópico utilizado y describiendo detalladamente su forma y delimitación (bordes).

2. Discusión e interpretación Biogeoquímica (análisis de resultados)

Discutir en equipo y fundamenten su análisis:

- Observar las fotografías de los sulfobios obtenidos, si no supieran que provienen de una mezcla de formol y tiocianato, ¿creerían que son células reales? ¿por qué la mente humana tiende a asociar estas delimitaciones coloidales con vida?
- Investigar en la literatura de los últimos 5 años: ¿existen personas investigadoras actuales que sigan experimentando con la autoorganización de la materia de manera similar a lo que hacía Herrera?
- En términos de evolución química, ¿por qué es tan relevante estudiar cómo surgieron las primeras membranas (delimitaciones) precelulares en los ambientes primitivos de la Tierra?

3. Veredicto final (conclusiones)

Responder a la pregunta:

¿Es posible sintetizar microestructuras inorgánicas que imiten morfológicamente a las células biológicas, y cómo podemos diferenciar científicamente estas estructuras que parecen vida de los verdaderos sistemas biológicos vivos?

Evaluar los alcances y limitaciones de la teoría de Herrera. A partir de las observaciones prácticas, emitir una conclusión contundente donde se establezca la diferencia científica y filosófica entre una estructura que parece vida (gobernada por las propiedades fisicoquímicas de la materia) y la vida real (definida por el metabolismo y la genética).

Manejo de residuos

Las sustancias de naturaleza química se deben llevar a neutralización y desechar en drenaje. Aquellas sustancias inocuas pueden eliminarse en un sistema de suelo o bien en el drenaje con agua de la llave.

Las sustancias de naturaleza química código CRETIB se depositan en frascos etiquetados atendiendo la norma vigente.

Al usar tiocianato y formaldehído deben ser extremas las precauciones de ventilación en el laboratorio.



Método científico y mi actividad experimental

La elaboración del informe de la práctica debe considerar como base el protocolo experimental realizado y desarrollarse tomando en cuenta las etapas del método científico. Para ello, te puedes auxiliar haciendo uso de la rúbrica del informe de prácticas.

Es muy importante que, en todas las actividades, en particular las experimentales, se ponga especial atención en la observación, esto ayudará a comprender mejor el fenómeno estudiado y a generar una hipótesis adecuada que permita resolver y concluir la situación problema planteada.

Referencias

- Auliet Bribiesca, G. (2012). Trascendencia del pensamiento y la obra de Alfonso Luis Herrera. *Historia Mexicana*, 61(4), 1525–1581.
- Cuevas Cardona, C., y Ledesma Mateos, I. (2006). Alfonso L. Herrera: Controversia y debates durante el inicio de la biología en México. *Historia Mexicana*, 55(3), 973–1013. <https://historiamexicana.colmex.mx/index.php/RHM/article/view/1517>
- Herrera, A. L. (1932). *La plasmogenia: nueva ciencia del origen de la vida*. Cuadernos de Cultura.
- Miller, S. L. (1953). A production of amino acids under possible primitive earth conditions. *Science*, 117(3046), 528-529.
- Negrón-Mendoza, A. (1995). Alfonso L. Herrera: A Mexican pioneer in the study of chemical evolution. *Journal of Biological Physics*, 20(1), 11–15.

Práctica 7. Impacto de la acidificación y el estrés salino en los biominerales

Fase 1: escenario

Los biominerales producidos en la naturaleza presentan una estructura compleja, compuesta por componentes inorgánicos y orgánicos. Esta sinergia confiere a los organismos propiedades sorprendentes, como la formación de conchas, corales y exoesqueletos. Desde la perspectiva biogeoquímica, estas estructuras son agentes activos fundamentales en el ciclo global del carbono. Sin embargo, nuestros océanos están absorbiendo cantidades masivas de CO_2 antropogénico, lo que disminuye el pH del agua (acidificación oceánica). Al mismo tiempo, las alteraciones climáticas provocan picos de contaminación salina en ciertas regiones costeras. Entender cómo el pH y la fuerza iónica desestabilizan a los biominerales y a las membranas celulares es vital para predecir el impacto en los ecosistemas. Para estudiar esto de manera accesible, utilizaremos un excelente análogo biológico: el cascarón de huevo de gallina, cuyo componente estructural principal es el carbonato de calcio (CaCO_3) recubriendo membranas internas de naturaleza proteica.

Fase 2: situación problema

Ustedes son un equipo de Biogeoquímicos Acuáticos encargados de modelar a escala de laboratorio los efectos del cambio climático sobre los organismos calcificadores. Se les ha encargado someter modelos biominerales (huevos) a diferentes niveles de estrés ácido y salino para cuantificar su degradación fisicoquímica y rastrear el destino químico del carbono almacenado en ellos.

¿Cómo afectan las variaciones en el pH y en la fuerza iónica a la estabilidad estructural del carbonato de calcio y de las membranas proteicas, y cómo se relaciona la degradación de estos biominerales con la liberación de CO_2 al ambiente?

Figura 1 Componentes orgánicos e inorgánicos de un biomineral



Nota. Estructura de un cascarón de huevo donde coexisten membranas proteicas y carbonato de calcio.

Fase 3: actividades previas a la sesión experimental

Para que sus simulaciones tengan validez predictiva, deben dominar la química de la biomineralización. Resolver en equipo:

1. El CaCO_3 cristaliza en la naturaleza de distintas formas. Investigar qué técnicas analíticas avanzadas se utilizarían en un laboratorio profesional para diferenciar si un cascarón está formado por el polimorfo de calcita o de aragonita.
2. Escribir e igualar estequiométricamente la reacción química que ocurre cuando el carbonato de calcio interactúa con un medio ácido.
3. Una vez disuelto el cascarón, las membranas internas del huevo quedan expuestas. Investigar: ¿qué cambios estructurales (desnaturalización) sufre una proteína al ser sometida a un ambiente con alta fuerza iónica (medio altamente salino)?
4. Investigar: ¿Qué son los magnetosomas y los fitolitos? Detallar por qué estos biominerales son importantes en la biología y la geología.
5. Buscar las etiquetas SGA del ácido clorhídrico (HCl) 1 mol L^{-1} , el hidróxido de calcio (Ca(OH)_2) y el ácido acético (CH_3COOH) comercial.

Fase 4: experimentación y recolección de evidencias

En esta fase recrearán el estrés ambiental al que están sometidos los organismos calcificadores y rastrearán los gases producto de su disolución. En la Tabla 1 se describen los materiales y los reactivos necesarios para el procedimiento experimental de la práctica.

Tabla 1 Materiales y reactivos que se emplearán en el procedimiento experimental

Materiales	Reactivos
4 vasos de precipitados de 200 mL	Cloruro de sodio
4 tubos de ensayo	Ácido clorhídrico 1 mol L^{-1}
1 pipeta de 5 mL y propipeta	3 cascarones de huevo limpios
1 cronómetro	hidróxido de calcio (Ca(OH)_2)
Tiras indicadoras de pH	2 huevos con todo y cascarón
1 sistema de trampa para gases	Ácido acético comercial (5%)
1 mortero de ágata	

Procedimiento

Parte A: Preparación de disoluciones

1. Preparar 200 mL de ácido acético al 1% partiendo de ácido acético comercial (5%).



2. Preparar 10 mL de disolución saturada de cloruro de sodio.
3. Preparar 10 mL de hidróxido de calcio al 1% (0.1 g de hidróxido de calcio en 10 mL de agua).

Parte B: Simulación de acidificación oceánica (pH) y simulación de estrés salino (fuerza iónica)

Nota: El valor de pH será diferente en cada uno de los experimentos, con las tiras indicadoras de pH, monitorear los cambios cuando se considere relevante.

1. Rotular tres vasos de precipitados de 200 mL como A, B y C.
2. Colocar un huevo con todo y cáscara en los recipientes de vidrio "A y B" y agregar a cada uno un medio diferente:
 - a) 200 mL de ácido acético al 5%
 - b) 200 mL de ácido acético al 1%
3. Dejar reposar los dos sistemas por 48 h.
4. Retirar el huevo de ambos medios con cuidado para evitar daños. Registrar y documentar los cambios observados en cada sistema.
5. Al huevo del recipiente rotulado como A, enjuagarlo y colocarlo en el recipiente rotulado como C. Agregar los 200 mL de disolución salina. Registrar y monitorear el tiempo en el que se observan cambios de tamaño. Te puedes auxiliar midiendo el diámetro del huevo con un hilo.
6. Al huevo del recipiente B, que aún conserva la cáscara, regresarlo al medio ácido y monitorear su estado cada 24 h, hasta lograr el mismo resultado que para el sistema del recipiente A.

Parte C: Rastreo del Ciclo del Carbono (Identificación de CO₂)

Antes de realizar la prueba, pulverizar los cascarones (limpios y secos), una sugerencia para lograrlo es macerarlos haciendo uso de un mortero u objeto semejante.

1. En el tubo de ensayo de la trampa de gases, colocar el polvo de los tres cascarones de huevo y agregar con una pipeta 2 mL de ácido clorhídrico (HCl) 1 mol L⁻¹.
2. Después de agregar los 2 mL de HCl, colocar inmediatamente la trampa de gases al tubo de ensayo y colocar el otro extremo de la manguera de la trampa dentro de la disolución de hidróxido de calcio (Figura 2).



3. Medir el valor de pH de la disolución de hidróxido de calcio, antes y después del punto 2.
4. Observar y documentar lo que sucede.

Figura 2 Sistema de trampa de gases



Nota. Trampa de gases para identificar el CO_2 desprendido y que reaccionará con el hidróxido de calcio.

Fase 5: resultados, análisis y conclusiones

Como personas científicas, deben interpretar las evidencias de su modelo para explicar qué le ocurriría a gran escala a la biosfera si estas condiciones se replican en los océanos.

1. Presentación de evidencias (resultados)

Elaborar un compendio fotográfico comparativo del tamaño de los huevos, la descalcificación y el cambio en la turbidez de los sistemas estudiados. Incluir los valores de pH inicial y final en cada uno de los montajes.

2. Discusión e interpretación biogeoquímica (análisis)

Según los resultados y la investigación previa, discutir en equipo:

- a) Considerando la estequiometría de la reacción, explicar químicamente los cambios observados en los recipientes A y B. ¿Por qué la concentración del ácido (5% vs 1%) determinó la cinética de la disolución del biomineral?
- b) Explicar el fenómeno fisicoquímico que le ocurrió al huevo descalcificado al ser introducido en el sistema C (medio altamente salino). ¿Cómo afecta un aumento drástico en la fuerza iónica a las estructuras proteicas expuestas?

- c) Escribir la reacción balanceada del gas CO_2 (desprendido del cascarón) interactuando con el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ¿Qué significa el precipitado blanco formado y qué nos indica el cambio de pH en el tubo receptor?
- d) Con base en las observaciones experimentales, realizar un comentario reflexivo argumentando por qué la acidificación oceánica y la contaminación salina amenazan gravemente a la biogeoquímica del planeta.

3. Veredicto final (conclusiones)

Emitir una conclusión profesional siguiendo el método científico. Responder a la pregunta: ¿Cómo afectan las variaciones en el pH y en la fuerza iónica a la estabilidad estructural del carbonato de calcio y de las membranas proteicas, y cómo se relaciona la degradación de estos biominerales con la liberación de CO_2 al ambiente?

Demostrar empíricamente cómo el colapso del carbonato de calcio no solo destruye el escudo biológico de los organismos marinos, sino que altera el ciclo del carbono en los sistemas acuáticos.

Manejo de residuos

Las sustancias de naturaleza química se deben llevar a neutralización y desechar en drenaje. Aquellas sustancias inocuas pueden eliminarse en un sistema de suelo o bien en el drenaje con agua de la llave.

Las sustancias de naturaleza química código CRETIB se depositan en frascos etiquetados atendiendo la norma vigente.

Método científico y mi actividad experimental

La elaboración del informe de la práctica debe considerar como base el protocolo experimental realizado y desarrollarse tomando en cuenta las etapas del método científico. Para ello, te puedes auxiliar haciendo uso de la rúbrica del informe de prácticas.

Es muy importante que, en todas las actividades, en particular las experimentales, se ponga especial atención en la observación, esto ayudará a comprender mejor el fenómeno estudiado y a generar una hipótesis adecuada que permita resolver y concluir la situación problema planteada.

Referencias

Fragoso, D., Ramírez-Cahero, F., Rodríguez-Galván, A., Hernández-Reyes, R., Heredia, A., Rodríguez, D., Aguilar-Franco, M., Bucio, L., y Basiuk, V. A. (2010). Caracterización del biomineral CaCO_3 en algas rojas coralinas (Corallinales) de las costas del Pacífico mexicano. *Ciencias Marinas*, 36(1), 41-58.



- Rashkin, V. N. (2003). *Modern biogeochemistry* (1.^a ed.). Kluwer Academic Publishers.
- Tarbuck, E. J., y Lutgens, F. K. (2005). *Ciencias de la Tierra: Una introducción a la geología física* (8.^a ed.). Pearson Prentice Hall.
- Wade, L. G. Jr. (1993). *Química orgánica* (2.^a ed.). Prentice Hall Hispanoamericana.



Práctica 8. Evidenciando las emisiones de carbono e hidrógeno y su impacto en el efecto invernadero

Fase 1: escenario

El carbono es el elemento estructural fundamental que sustenta toda la vida en nuestro planeta. La forma en que este elemento circula a través de la litosfera, atmósfera, hidrosfera y biosfera se conoce como el ciclo biogeoquímico del carbono. Este ciclo es vital para la renovación y sobrevivencia de los ecosistemas. Sin embargo, la humanidad ha alterado este equilibrio al extraer carbono de la "sección lenta" del ciclo (combustibles fósiles enterrados por millones de años) y oxidarlo rápidamente hacia la atmósfera. Una agencia de monitoreo ambiental ha detectado la quema clandestina de materiales desconocidos en una zona industrial. Para proceder legalmente, necesitan demostrar empíricamente que las muestras recolectadas en el lugar son de naturaleza orgánica y que, al ser sometidas a procesos de pirolisis y oxidación, liberan activamente gases de efecto invernadero (como el dióxido de carbono) y vapor de agua al ambiente.

Fase 2: situación problema

Ustedes son un equipo de Analistas Ambientales encargados de realizar el peritaje químico de los materiales orgánicos recolectados. Se les han entregado dos muestras problema (a y b). Necesitan someterlas a una oxidación térmica forzada y atrapar los gases invisibles resultantes utilizando trampas químicas (Figura 1) que revelen visualmente la presencia de carbono e hidrógeno en su composición original.

¿Cómo podemos capturar y demostrar cualitativamente la emisión de dióxido de carbono y vapor de agua provenientes de la oxidación térmica de una muestra desconocida, para comprobar que está formada fundamentalmente por carbono e hidrógeno?

Figura 1 Esquema del procedimiento experimental para la identificación de carbono e hidrógeno. *Adaptado de Química orgánica (2.ª ed.), por G. Devoré y E. Muñoz Mena, 1969, Publicaciones Cultura*



Fase 3: actividades previas a la sesión experimental

Para utilizar y entender el funcionamiento de sus trampas químicas de manera efectiva, deben dominar los procesos redox y de precipitación. Resolver en equipo:

1. En este peritaje utilizarán óxido cúprico (CuO). Investigar y explicar cómo actúa el CuO sobre el carbono durante el calentamiento. ¿Cuál es el estado de oxidación del carbono antes y después de la reacción?
2. Cuando el dióxido de carbono (CO_2) entra en contacto con una disolución de hidróxido de calcio (Ca(OH)_2) ocurre una reacción química. Escribir la ecuación estequiométrica balanceada de este proceso. ¿A qué sustancia corresponde el precipitado blanco que se produce?
3. Investigar: ¿por qué el polvo de sulfato de cobre anhidro (que es blanco) cambia drásticamente a color azul cuando entra en contacto con el agua desprendida de la oxidación del hidrógeno?
4. ¿A qué se refiere la literatura cuando advierte que el ciclo biogeoquímico del carbono se divide en una sección rápida y una lenta? Extrapolen esto a la quema de combustibles fósiles.
5. Buscar las etiquetas SGA del óxido de cobre (CuO), hidróxido de calcio (Ca(OH)_2) y el sulfato de cobre anhidro (CuSO_4).

Fase 4: experimentación y recolección de evidencias

En esta fase, construirán un sistema cerrado para forzar la oxidación de sus muestras y atrapar los gases liberados que serán identificados. En la Tabla 1 se describen los materiales y los reactivos necesarios para el procedimiento experimental de la práctica.

Tabla 1 Materiales y reactivos que se emplearán en el procedimiento experimental

Materiales	Reactivos
1 lámpara de alcohol	0.2 g de óxido de cobre (CuO) seco
2 tubos de ensayo	Hidróxido de calcio (Ca(OH)_2) al 1% (masa/masa)
1 sistema de trampas para gases	Agua
1 pipeta de 5 mL y propipeta	0.1 g de muestra problema a
Tiras indicadoras de pH	0.1 g de muestra problema b
1 campana de extracción	0.1 g de sulfato de cobre anhidro



Procedimiento

Nota: El valor de pH será diferente antes y después del procedimiento experimental, con las tiras indicadoras de pH, monitorear los cambios cuando se considere relevante.

1. En un tubo de ensayo "A", limpio y seco, del sistema de trampa para gases, colocar una mezcla de 0.1 g de muestra problema a y 0.2 g de óxido de cobre. Colocar una torunda de algodón que contenga el 0.1 g de sulfato de cobre anhidro antes de sellar el sistema, colocando perfectamente el tapón de la trampa.
2. En el otro tubo de ensayo "B" colocar 5 mL de una disolución acuosa de hidróxido de calcio (1% masa/masa).
3. Auxiliándose de la lámpara de alcohol, calentar el tubo "A" del sistema de la trampa de gases y recibir, en el segundo tubo "B", el gas que se desprenda, haciéndolo burbujear dentro de la disolución de hidróxido de calcio (semejante a la Figura1).

"Retirar la manguera de la disolución de la trampa ANTES de apagar la lámpara de alcohol o dejar de calentar, para evitar el retroceso del líquido y la explosión del tubo"

4. Repetir la experiencia para la muestra problema b.

Nota:

- a. Sí hay presencia de carbono, éste deberá desprenderse como dióxido de carbono que al contacto con el hidróxido de calcio formará un precipitado blanco de carbonato de calcio.
- b. Sí hay presencia de hidrógeno, éste formará pequeñas gotas de agua que se condensarán en la parte superior de las paredes del tubo de ensayo.

Fase 5: resultados, análisis y conclusiones

Como personas investigadoras, deben interpretar el comportamiento de sus trampas químicas para emitir un dictamen sobre las muestras analizadas.

1. Presentación de evidencias (resultados)

Elaborar una bitácora gráfica en formato de tabla integrando los datos de la muestra a y b. Incluyan fotografías del aspecto inicial y final de la torunda de algodón (sulfato de cobre anhidro) y de la turbidez del tubo con hidróxido de calcio. Indicar claramente el pH inicial y final, así como el tiempo que tardó en aparecer el precipitado blanco (CaCO_3), indicando una prueba positiva.

2. Discusión e Interpretación Biogeoquímica (análisis)

Discutir en equipo y fundamentar su análisis basándose en las siguientes premisas:

- ¿La torunda formó pequeñas gotas de condensación y cambió de color? ¿El hidróxido se enturbió? De acuerdo con esto, ¿qué muestra(s) está(n) constituida(s) inequívocamente por carbono e hidrógeno orgánico?
- ¿Qué detectaron las tiras de pH en el tubo B al finalizar el burbujeo? Si la muestra hubiera seguido produciendo un exceso incontrolable de CO_2 reaccionando con el agua y el CaOH_2 ¿en qué punto de este proceso se habría formado ácido carbónico y cómo podrían haberlo identificado?
- Si su pequeño tubo de ensayo simulaba el motor de combustión de un automóvil o una planta de energía, extrapolen sus resultados. ¿Cuáles son las consecuencias ambientales reales y físicas del desequilibrio de estas emisiones continuas hacia la atmósfera terrestre?
- Argumentar sobre las ventajas y desventajas de utilizar un análisis cualitativo (cambios de color, precipitados) en una ciencia interdisciplinaria como la biogeoquímica.

4. Veredicto final (conclusiones)

Responder de forma directa a la pregunta:

¿Cómo podemos capturar y demostrar cualitativamente la emisión de dióxido de carbono y vapor de agua provenientes de la oxidación térmica de una muestra desconocida, para comprobar que está formada fundamentalmente por carbono e hidrógeno?

Redactar una conclusión formal (basada en el método científico) donde se relaciona inequívocamente las transformaciones químicas ocurridas dentro de los tubos de ensayo con la dinámica del ciclo biogeoquímico del carbono en el planeta.

Manejo de residuos

Las sustancias de naturaleza química se deben llevar a neutralización y desechar en drenaje. Aquellas sustancias inocuas pueden eliminarse en un sistema de suelo o bien en el drenaje con agua de la llave.

Las sustancias de naturaleza química código CRETIB se depositan en frascos etiquetados atendiendo la norma vigente.



Método científico y mi actividad experimental

La elaboración del informe de la práctica debe considerar como base el protocolo experimental realizado y desarrollarse tomando en cuenta las etapas del método científico. Para ello, te puedes auxiliar haciendo uso de la rúbrica del informe de prácticas.

Es muy importante que, en todas las actividades, en particular las experimentales, se ponga especial atención en la observación, esto ayudará a comprender mejor el fenómeno estudiado y a generar una hipótesis adecuada que permita resolver y concluir la situación problema planteada.

Referencias

Carey, F. A. (1999). *Química orgánica* (3.^a ed.). McGraw-Hill.

Dévoré, G., y Muñoz Mena, E. (1969). *Química orgánica* (2.^a ed.). Publicaciones Cultural.

Rashkin, V. N. (2003). *Modern biogeochemistry* (1.^a ed.). Kluwer Academic Publishers.

Tarbuck, E. J., y Lutgens, F. K. (2005). *Ciencias de la Tierra: Una introducción a la geología física* (8.^a ed.). Pearson Prentice Hall.

