

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

**MÓDULO VII**

**CICLOS BIOGEOQUIMICOS**

Clave: 333004

Horas teoría: 15

Horas prácticas: 17

Créditos: 47

Seriación: 333002 y 333003

**Grupo Académico de Docencia CBGQ**

Dr. José Roberto Angeles Vázquez

Dra. Patricia Castilla Hernández

Dra. María Jesús Ferrara Guerrero (Coordinadora)

Dra. María Elena Castellanos Páez

Dr. Gilberto Vela Correa

**Enero 2022**

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 1

2. PERFIL DE EGRESO DEL MÓDULO 3

3. OBJETO DE TRANSFORMACIÓN 3

4. PROBLEMA EJE 3

5. OBJETIVOS EDUCATIVOS 4

Objetivo general 4

Objetivos generales por unidad 4

6. ESTRUCTURA Y ORGANIZACIÓN DEL MÓDULO 5

7. ESTRATEGIA DIDÁCTICA 6

8. INVESTIGACIÓN FORMATIVA 8

9. EVALUACIÓN Y ACREDITACIÓN DEL MÓDULO 10

RECUPERACIÓN: 12

UNIDAD TEMÁTICA I 13

ORIGEN DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS EN EL UNIVERSO Y EVOLUCIÓN GEOQUIMICA Y BIOQUÍMICA DE LA TIERRA 13

Objetivo general 13

Objetivos específicos 13

Preguntas clave 13

Contenidos educativos 14

Actividades sugeridas 14

Bibliografía Básica 15

Bibliografía complementaria 15

UNIDAD TEMÁTICA 2 17

GEOQUÍMICA DE LA CORTEZA TERRESTRE, HIDRÓSFERA Y ATMÓSFERA (Geoquímica moderna). 17

Objetivo general 17

Objetivos específicos 17

Preguntas clave 17

Contenidos educativos 18

Actividades sugeridas 18

Bibliografía Básica 19

Bibliografía complementaria 20

UNIDAD TEMÁTICA 3 21

CICLOS BIOGEOQUÍMICOS: DESDE LOS PROCESOS DE ÓXIDO-REDUCCIÓN A NIVEL CELULAR HASTA SU DINÁMICA EN LOS ECOSISTEMAS. 21

Objetivo general 21

Objetivos específicos 21

Preguntas clave 21

Contenidos educativos 22

Actividades sugeridas 23

Bibliografía Básica 24

Bibliografía complementaria 24

UNIDAD TEMÁTICA 4 26

DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA A PARTIR DE UN PROBLEMA SOCIO-AMBIENTAL 26

Objetivo general 26

Objetivos específicos 26

Preguntas clave 26

Contenidos educativos 27

Actividades sugeridas 28

Bibliografía Básica 28

Bibliografía complementaria 29

AGRADECIMIENTOS 29

# 1. INTRODUCCIÓN

En el estudio de la dinámica de los ecosistemas para el manejo sustentable de los recursos naturales, la biogeoquímica tiene una gran importancia; por ello en el plan de estudios de la Licenciatura de Biología de la Unidad Xochimilco, se ha considerado estudiar los ciclos biogeoquímicos tomando como punto de partida algunos problemas socio-ambientales de relevancia actual (e.g. contaminación por exceso de nutrientes, óxidos nitrosos, metales pesados, entre otros).

La biogeoquímica es la disciplina científica que estudia los procesos y las reacciones biológicas, químicas, físicas y geológicas que rigen a los ambientes naturales. En particular, los ciclos biogeoquímicos están estrechamente relacionados con los procesos geológicos, hidrológicos y biológicos que ocurren en los diferentes compartimentos del planeta (atmósfera, litósfera, hidrósfera y biósfera). Los organismos vivos a través de sus procesos metabólicos son los mediadores de estos ciclos y a su vez, contienen carbono (C), nitrógeno (N) y fósforo (P) en su estructura celular. El conjunto de procesos de transformación de los elementos químicos, así como su transferencia entre los distintos compartimentos bióticos y abióticos del planeta es lo que se conoce como “ciclos biogeoquímicos”. Por lo que estos deben entenderse como una sucesión espacial y temporal de fenómenos naturales que tienen una cierta periodicidad y que están relacionados fuertemente con actividades humanas, las cuales a su vez, inducen cambios en el sistema.

La importancia del estudio de los ciclos biogeoquímicos radica en su potencial para proyectar una realidad compleja y dinámica; así, el conocimiento de las relaciones de la biota dentro de las cadenas tróficas es un elemento esencial en el estudio de los ciclos biogeoquímicos, y forma parte de las bases conceptuales para comprender los temas de los módulos Producción primaria y Producción secundaria. La complejidad de los modelos teóricos que explican el funcionamiento de los ciclos hace necesaria una alta capacidad de conceptualización que permita interpretar de manera adecuada las relaciones e interacciones que se producen en la interfase biósfera-atmósfera-geósfera-hidrósfera. Para lograr los objetivos de aprendizaje de éste módulo, es necesario que los estudiantes recuerden y aborden los conocimientos adquiridos durante los módulos de procesos celulares fundamentales y energía y consumo de sustancias fundamentales, dónde se hacen explícitos los procesos de síntesis de biomoléculas y sus rutas metabólicas para la obtención de energía y de producción de biomasa.

El estudio de los ciclos biogeoquímicos se contextualizará en el conocimiento de las particularidades de distintos ambientes terrestres (e.g. bosques, praderas, desiertos y suelos agrícolas) y acuáticos (e.g. marinos, estuarios, humedales, ríos y embalses) dado que en cada uno se presentan todos los elementos mayores transcendentales para la nutrición y la vida, como son el carbono, nitrógeno, azufre, fósforo y hierro. También es importante para los estudiantes de biología, considerar a nivel biósfera los escenarios futuros para estos ecosistemas, teniendo en cuenta el cambio climático y algunos fenómenos geológicos (e.g. movimientos tectónicos, surgimiento de volcanes, entre otros). Esto desarrollará en ellos la capacidad de visualizar estrategias para la prevención, mitigación o remediación de ecosistemas impactados.

El conocimiento de las variaciones ambientales a través de la historia geológica permite explicar su influencia sobre el ecosistema y sobre los cambios fisiológicos y adaptaciones de la biota. En el módulo se aborda este conocimiento en dos niveles: 1) a nivel celular, se incluye el estudio de las bases bioquímicas de síntesis de energía (ATP, NADH) y carbono en forma de glucosa, proteínas y lípidos; 2) a escala ecosistema, la diversidad metabólica que permite el ciclado de los principales elementos y que contribuye a la transferencia de los mismos a través de los distintos compartimentos de las redes tróficas y del ecosistema.

Es importante iniciar con el estudio de la biota centrada en los productores primarios como base de la producción de carbón en el ecosistema e inicio de los flujos de carbono y energía a través de las redes tróficas, así como su conexión con los descomponedores y consumidores heterótrofos. De esta manera, al final del módulo el alumno comprenderá la profunda interrelación que existe entre la bioquímica celular, los ciclos globales y el manejo de un ecosistema, lo cual es indispensable para comprender los problemas socio-ambientales (e.g. contaminación, desertificación, cambio climático) causados por actividades antrópicas, y para el manejo sustentable de los Recursos Naturales (e.g. agricultura, acuicultura, depuración ambiental, entre otros).

# 2. PERFIL DE EGRESO DEL MÓDULO

El alumno al término de este módulo, habrá adquirido los conocimientos teóricos y científicos y las habilidades necesarias que le permitan:

* Comprender y analizar los procesos metabólicos, energéticos y ecológicos que los seres vivos llevan a cabo en ecosistemas naturales con diferentes grados de alteración por actividad antrópica y que están relacionados con la química del planeta y los ciclos biogeoquímicos de los elementos mayores (CHONPS).
* Desarrollar a través de la investigación formativa una visión crítico-social al destacar la importancia ecológica de la problemática objeto de estudio, asociada a la dinámica y evolución de los componentes ambientales (litósfera, hidrósfera, atmósfera), determinados por su naturaleza biogeoquímica.
* Diseñar y realizar análisis ambientales sobre la calidad física, química y bacteriológica de cuerpos de aguas naturales, artificiales, aguas residuales, aguas utilizadas con fines pecuarios, suelos agrícolas y forestales.

# 3. OBJETO DE TRANSFORMACIÓN

Análisis de los ciclos biogeoquímicos como procesos clave para comprender problemas socio-ambientales y promover el manejo sustentable de los recursos naturales.

# 4. PROBLEMA EJE

¿Cuáles son los efectos de las alteraciones ambientales y antrópicas sobre la dinámica y evolución de los ciclos biogeoquímicos y cuál es su consecuencia en el manejo sustentable de los recursos naturales acuáticos y terrestres?

# 5. OBJETIVOS EDUCATIVOS

## Objetivo general

Conocer los ciclos biogeoquímicos para el manejo sustentable de los recursos naturales bióticos.

## Objetivos generales por unidad

I. Que el alumno conozca el origen de los elementos, su transformación química, y la evolución biogeoquímica de la Tierra

II. Que el alumno identifique los diferentes compartimentos ambientales (litosfera, hidrosfera y atmósfera) como parte de los recursos naturales inseparables de la actividad de los seres vivos

III. Que el alumno comprenda cómo funcionan los ciclos biogeoquímicos en ambientes naturales y artificiales; así como la importancia de la actividad de los microorganismos en el reciclamiento de los nutrientes esenciales para la vida vegetal, la agricultura, su relación con el manejo sustentable, la salud global de los ecosistemas y la composición química de la atmósfera de la Tierra.

IV. Que el alumno diseñe y desarrolle un proyecto de investigación formativa a partir de un problema socio-ambiental con el objeto de realizar un diagnóstico del estado de salud del ecosistema utilizando como base el conocimiento de los ciclos biogeoquímicos.

# 6. ESTRUCTURA Y ORGANIZACIÓN DEL MÓDULO

Los contenidos del Módulo están organizados en cuatro unidades temáticas distribuidas en 11 semanas de trabajo:

Unidad I: Origen de los elementos en el Universo y evolución geoquímica y bioquímica de la Tierra.

Unidad II: Geoquímica de la corteza terrestre, la hidrósfera y la atmósfera (geoquímica moderna).

Unidad III: Ciclos biogeoquímicos: desde los procesos de óxido-reducción a nivel celular hasta su dinámica en los ecosistemas.

Unidad IV: Diseño y desarrollo de un proyecto de investigación formativa a partir de un problema socio-ambiental con el objeto de realizar un diagnóstico del estado de salud del ecosistema utilizando como base el conocimiento de los ciclos biogeoquímicos.

Los contenidos de la Unidad IV refuerzan el desarrollo de la investigación formativa, se integran con los de las otras tres unidades y son abordados en forma transversal a lo largo del trimestre:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Unidades** | **Duración en semanas** | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Unidad I | X | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Unidad II |  |  | X | X | X |  |  |  |  |  |  |
| Unidad III |  |  |  |  |  | X | X | X | X |  |  |
| Unidad IV | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Investigación formativa |  | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |

# 7. ESTRATEGIA DIDÁCTICA

La misión de la UAM-Xochimilco es impartir educación superior, comprometiéndose con la formación de profesionales con capacidad para identificar y resolver problemas, así como para trabajar en equipos interdisciplinarios y con un fuerte compromiso social; desarrollar investigación orientada a la solución de problemas socialmente relevantes; brindar servicio a partir de un modelo que integre la investigación y la docencia, así como preservar y difundir la cultura.

Atendiendo a la misión institucional, y para cubrir con el perfil de egreso ofertado para los estudiantes de biología en la UAM Xochimilco, las temáticas que se abordan en el módulo ciclos biogeoquímicos se impartirán siguiendo las estrategias didácticas de aprendizaje interactivo, autoaprendizaje y aprendizaje colaborativo que se describen a continuación:

**Aprendizaje interactivo**. Las actividades del módulo se desarrollarán bajo la modalidad de seminario-taller, tanto en modo presencial, híbrido o a distancia. Conforme al modo de operación (presencial o virtual), se realiza la presentación en el aula o se realiza un recorrido por la plataforma virtual que se empleará para la administración de actividades y documentos de apoyo, con énfasis en la organización y calendarización de los contenidos, así como los aspectos a evaluar.

El docente apoyará a los alumnos a ampliar su capacidad de realizar una reflexión colectiva que les permita integrar los conocimientos que está adquiriendo a lo largo del trimestre, para resolver el problema de investigación formativa planteado con respecto a los contenidos del módulo. Así, mediante la estrategia de preguntas, se buscará hacer tangible la integración de las temáticas abordadas con los conocimientos adquiridos en los módulos anteriores, favoreciendo el aprendizaje significativo, al guiar al estudiante para que descubra el potencial uso de la información para su práctica profesional.

**Autoaprendizaje**. El material bibliográfico para cada una de las sesiones será proporcionado con anticipación para que los alumnos tengan oportunidad de leerlo, analizarlo y complementar su contenido mediante la búsqueda de información adicional relacionada con la temática a tratar. La información que cada alumno aporte durante su participación, permitirá al docente enriquecer la discusión y profundizar en la construcción de conocimientos. Esta estrategia requiere que los alumnos elaboren de manera individual y para cada tema un control de lectura, con la finalidad de fortalecer su comunicación escrita (e.g. conceptualización, comprensión de textos, capacidad de síntesis, redacción y ortografía).

Durante las sesiones podrán incluirse pláticas con invitados expertos, analizarse materiales multimedia (e.g. documentales, videos, notas periodísticas, podcast, etc.), que servirán de base para realizar dinámicas (e.g. análisis de caso, juego de roles, debate, entre otros), que motiven la reflexión del quehacer profesional del biólogo en la resolución de problemas actuales. Se promoverá además la discusión sobre aspectos éticos y normativa aplicable. Dichas actividades servirán para contribuir en el desarrollo de las capacidades para el trabajo en equipo de carácter interdisciplinar, razonamiento crítico y compromiso ético.

**Aprendizaje colaborativo**. El docente fomentará la capacidad de trabajo colaborativo coordinado en equipos de trabajo, además guiará el trabajo en campo y laboratorio para que los alumnos adquieran las habilidades prácticas necesarias que coadyuven en la resolución del problema de investigación.

La investigación formativa se abordará de forma transversal a partir de la segunda semana del trimestre y buscará fortalecer la vinculación entre docencia, investigación y servicio. Por ello, dependiendo de las condiciones sanitarias y de seguridad vigentes al momento de impartir el módulo; se determinarán las zonas de estudio y las actividades que se realizarán. Para ello, el docente brindará estrategias para que el alumno sea capaz de generar modelos a partir de los resultados obtenidos de su investigación formativa de acuerdo con el objeto de transformación del módulo.

El trabajo desarrollado en el Módulo se complementa con la asistencia a actividades académicas, dentro y fuera de la Universidad, que apoyen los contenidos, tales como eventos de carácter académico (Congresos, Simposios, Foros de Discusión); conferencias con especialistas, cursos extracurriculares, y actividades adicionales dependiendo de la pertinencia con respecto a los objetivos del módulo.

Con estas estrategias se busca que los estudiantes adquieran las herramientas necesarias para que puedan aplicar los conocimientos adquiridos para el entendimiento y resolución de problemáticas socio-ambientales en los ecosistemas vulnerables en los que se podría insertar profesionalmente.

# 8. INVESTIGACIÓN FORMATIVA

La investigación modular o investigación formativa es una estrategia pedagógica multidimensional para la construcción de un proceso en el que el alumno sea capaz de integrar contenidos, adquirir habilidades y aptitudes para la producción y aplicación de los conocimientos relacionados con problemáticas socioambientales.

En la investigación formativa el alumno aplicará parte de los conocimientos adquiridos en el módulo de ciclos biogeoquímicos para plantear un problema de investigación relacionado con la biogeoquímica de los diferentes ecosistemas acuáticos y terrestres que se estudiarán y que serán delimitados por los docentes del módulo en sus distintos componentes (agua, sedimentos, suelos, vegetación y poblaciones microbianas) como parte de un diagnóstico, que les permita identificar indicadores de calidad/salud de los ecosistemas estudiados. Conocer el estado biológico, nutricional y geoquímico de los mismos contribuirá a que puedan evaluar riesgos potenciales asociados a la contaminación/eutrofización, predecir consecuencias a corto plazo y valorar posibles medidas preventivas, de mitigación o de remediación.

Así mismo, comprenderá la importancia de la caracterización física y química de los suelos, sedimentos y cuerpos de agua del ecosistema que estudiará durante su investigación formativa.

Identificará de forma práctica algunos compuestos o residuos que resultan de las transformaciones de los suelos y sedimentos debido a la meteorización y a la biósfera ( incluyendo los animales, vegetales y microorganismos), que a su vez darán origen a las condiciones necesarias para sustentar la vida.

La investigación formativa puede versar sobre los siguientes temas, dependiendo de la trayectoria académica del docente:

• Mineralización de la materia orgánica lábil y recalcitrante por producción de enzimas bacterianas en condiciones aerobias y anaerobias.

• Mineralización del nitrógeno orgánico por actividad microbiana.

• Diagnóstico del estado trófico de ecosistemas acuáticos.

• Actividad nitrificante microbiana.

• Caracterización física y química de cuerpos de agua, sedimentos y suelos agrícolas e interpretación de sus procesos biogeoquímicos.

• Dinámica de los ciclos biogeoquímicos de los elementos mayores en ecosistemas acuáticos.

• Contribución de los microorganismos anaerobios del sedimento en el reciclamiento de los ciclos biogeoquímicos.

El papel del docente en la investigación modular consiste en: 1) trabajar de manera cercana con el alumno para orientarlo y dirigirlo en la búsqueda de diferentes fuentes de información que le ayuden a diseñar y programar la investigación modular que realizará en laboratorio y campo; 2) seguir de manera cercana el trabajo colaborativo de los alumnos para la aplicación correcta de los métodos y técnicas, manejo de equipos, análisis e interpretación de resultados que les permitan adquirir los conocimientos y habilidades necesarias para sus prácticas profesionales futuras.

Para alcanzar esta meta los docentes vigilarán que los alumnos vinculen la investigación modular con el objeto de transformación del módulo, para lo cual se solicitará a los alumnos:

• Una revisión actualizada de la bibliografía que sustentará su problema de investigación, procurando que consulten revistas arbitradas nacionales e internacionales.

• Elaboren un protocolo de investigación con un marco teórico, justificación, preguntas de investigación, hipótesis, objetivos, material y métodos de gabinete, campo y laboratorio.

• Realicen el análisis estadístico de sus resultados.

• Discutan los resultados, destacando la importancia ecológica y social de los mismos.

• Entreguen un informe escrito.

• Presenten sus resultados de manera oral ante el grupo para permitir la discusión de los resultados obtenidos por los diferentes equipos de trabajo.

El informe escrito deberá tener la calidad de una publicación, con resultados gráficos de buena calidad, excelente manejo de unidades de medida, tablas de resultados y un análisis estadístico de los mismos. El manejo de citas bibliográficas y de la bibliografía consultada será evaluado con mucho rigor. El documento final deberá tener la calidad necesaria para que, en su caso, pueda ser entregado a las comunidades donde se realizó la investigación formativa.

# 9. EVALUACIÓN Y ACREDITACIÓN DEL MÓDULO

En el sistema modular la evaluación es una actividad sistemática y continua, que tiene por objetivo proporcionar información diagnóstica como instrumento de apoyo para adoptar diversas estrategias didácticas y con ello mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje del alumno.

En el módulo ciclos biogeoquímicos el proceso de evaluación es permanente y consiste en dar seguimiento y retroalimentación a las actividades de aula, campo, laboratorio y gabinete que realizan los estudiantes. Por esta razón se evalúa el desempeño de cada alumno en la presentación de seminarios, tomando en consideración las fuentes de información consultadas, la pertinencia y organización de la información, calidad de la presentación oral y visual, participación objetiva en las discusiones de grupo, tareas sobre temas específicos que les ayuden a reforzar sus conocimientos.

Las actividades de reforzamiento y evaluación de conocimientos después de cada sesión modular, pueden incluir trabajos escritos (e.g. líneas de tiempo, ensayos, custionarios, glosarios, entre otros), elaboración de modelos conceptuales integrativos, resolución de ejercicios en el aula o empleando herramientas digitales (e.g. Kahoot, Genially, Edmodo, Googleforms y plataformas LSM como ENVIA), aplicadas de manera sincrónica o asincrónica.

La evaluación formativa es en sí un instrumento de apoyo para el aprendizaje y para la mejora de la enseñanza; con este fin, al final del trimestre se aplica un cuestionario para que los alumnos expresen su opinión sobre la operación del módulo, de su contenido y de la importancia que tuvo para ellos la investigación modular y los métodos y técnicas aprendidas en el laboratorio y campo.

Cada docente especificará los requisitos para la evaluación continua, es decir, aquellos aspectos que contribuyen con la reflexión sobre la dinámica y consecuencias del trabajo desarrollado cuando se lleve a cabo la evaluación formativa (e.g. participación, conceptualización). De igual manera, los criterios de calificación para cada actividad o instrumento de evaluación concreto se comunicarán a los estudiantes con antelación, considerando que durante el proceso de acreditación se valoran los logros del aprendizaje de los estudiantes, expresados en *evidencias académicas tangibles*. Una vez que se cuente con la base de datos que incluya las calificaciones de cada uno de los instrumentos de evaluación, se realizará el proceso de constatación, valoración y toma de decisiones sobre los aprendizajes y habilidades adquiridas, desde una perspectiva humanista y no como mero fin calificador.

El proceso de calificación corresponde a la suma de los resultados obtenidos con cada instrumento, según los criterios establecidos al inicio del módulo, en función de la ponderación que se le otorgue a cada uno. Como referencia se pueden considerar los siguientes porcentajes:

* Participación individual y seminarios grupales 15%
* Trabajo de campo y laboratorio 15%
* Informe final de investigación 30%
* Evaluaciones sobre contenidos teóricos 40%

Para acreditar el módulo el alumno deberá tener calificaciones aprobatorias en todos los rubros.

La escala para asignar la calificación al módulo será la siguiente:

**Calificación Escala**

MB 8.8 a 10

B 7.5 a 8.7

S 6.0 a 7.4

NA ≤ 5.9

## RECUPERACIÓN:

El alumno que no acredite el módulo, tendrá derecho a un examen de recuperación dentro de las fechas que la institución establezca.

El requisito para tener derecho al examen de recuperación es haber acreditado el trabajo de investigación modular. El examen se hará por escrito sobre los contenidos del módulo y el trabajo de investigación modular (100%). Si la calificación es menor a 6.0, ésta será NA.

# UNIDAD TEMÁTICA I

# ORIGEN DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS EN EL UNIVERSO Y EVOLUCIÓN GEOQUIMICA Y BIOQUÍMICA DE LA TIERRA

## Objetivo general

Que el alumno conozca el origen de los elementos, su transformación química, y la evolución biogeoquímica de la Tierra

## Objetivos específicos

* Que el alumno comprenda el origen de los elementos químicos en el Universo
* Conocer las transformación química de los elementos a moléculas y causas que la originan en la Tierra
* Que el alumno estudie las teorías de la aparición de los primeros organismos vivos y evolución de las vías metabólicas

## Preguntas clave

* ¿Cuáles fueron los mecanismos de origen y evolución química de los elementos y moléculas en el Universo?
* ¿Qué condiciones tuvieron que prevalecer en la tierra primitiva para favorecer la síntesis orgánica?
* ¿Cuáles fueron las condiciones que favorecieron la aparición de los primeros organismos vivos y su evolución metabólica?

## Contenidos educativos

1. Origen y diversidad de los elementos
   1. Teoría del Big-Bang
   2. Origen de los elementos químicos
   3. Evolución de los elementos químicos a moléculas
2. Composición geohistórica de la Tierra
   1. Mecanismos de formación de los diferentes estratos del planeta
   2. Deriva Continental y tectónica de placas
   3. Formación de la atmósfera
   4. Formación de la hidrósfera
3. Origen de los procesos metabólicos y su primera etapa de evolución

Los primeros:

3.1 Procariotas

3.2 Fermentadores

3.3 Quimiolitótrofos

3.4 Fotoautótrofos

3.5 Aparición del metabolismo aerobio

## Actividades sugeridas

Se propone que individualmente o en grupos de trabajo los alumnos:

* Elaboren un documento de análisis crítico sobre las teorías de la evolución de las vías metabólicas discutidas en las sesiones modulares.
* Visiten un planetario o se programe una visita al museo de la evolución en Tehuacán, Puebla.
* Resuelvan un glosario sobre los términos que se utilizarán más frecuentemente en esta Unidad temática.
* Presenten controles de lecturas sobre el tema que se revisará antes de ingresar a las sesiones de clases programadas.
* Presenten seminarios de forma grupal.
* Utilicen recursos automatizados para la búsqueda de información bibliográfica.
* Apoye sus conocimientos sobre evolución del Universo con proyecciones de documentales sobre la teoría del Big-Bang, origen de los elementos y de la Tierra.

Duración: 2 semanas

## Bibliografía Básica

Agüera Ángel C, editor. Origen y Evolución de la Corteza Continental. Trabajo Final de Grado de Geología, Bellaterra, Barcelona, Universidad Autónoma de Barcelona: 2014

Alfaro P, Alonso Chávez FM, Fernández C, Gutiérrez Alonso G, La tectónica de placas, teoría integradora sobre el funcionamiento del planeta. Enseñ. cienc. tierra. 2013; 21(2): 168-180

Banda JL. Uno de los Experimentos más Importantes del Siglo XX. Stanley Miller y el Origen de la Química Prebiótica. Rev. MÈTODE. 2015; 87:87-93

Carmona Guzmán E. Elementos Químicos, Moléculas y Vida, Rev. R. Acad. Cienc. Exact. Fis. Nat. 2013; 106 (1-2): 69-80.

Ruíz Bermejo, M., Menor Salvan, C. Teoría de la Evolución Química. Tholins: materia orgánica ubicua en el Universo, An. R. Soc. Esp. Quim. 2007; 103 (3): 14-22

Schlesinger WH, Bernhard ES. Biogeochemistry. An Analysis of Global Changes. 3th ed. London, New York. Academic Press. 2013

## Bibliografía complementaria

Bertrand J-C, Caumette P, Lebaron P, Matheron R, Normand P, Sime-Ngando T. Environmental Microbiology: Fundamentals and Applications. Microbial Ecology. New York, London. Springer ; 2011

Dickerson RE. Evolución. La evolución química y el origen de la vida. New York; Scientific American, Prensa Científica. 1978. 29-48 p.

Escalante S, Gasque L. El origen de los elementos y los diversos mecanismos de nucleosíntesis. Educación Química. 2012; 23 (1):662-68.

Meschede M, Warr LN. Plate Tectonics, the Unifying Theory. En : Springer, Cham. The Geology of Germany. Regional Geology Reviews; 2019. p. 25-31.

Negrón-Mendoza A, Ramos-Bernal S, Mosqueira FG. Evolución química y el origen de la vida. Educación Química. 2004; 15 (4e): 328-334

Riveira Porta M. Vida extraterrestre. 2th ed. Curso de Astrobiología. ed. Agrupación Astronómica de Madrid; 2017.

# UNIDAD TEMÁTICA 2

# GEOQUÍMICA DE LA CORTEZA TERRESTRE, HIDRÓSFERA Y ATMÓSFERA (Geoquímica moderna).

## Objetivo general

Que el alumno identifique los componentes ambientales (litosfera, hidrosfera y atmósfera) como parte de los recursos naturales inseparables de la actividad de los seres vivos

## Objetivos específicos

* Que el alumno identifique la estructura, composición y función que tienen los componentes ambientales en la geoquímica del planeta.
* Que el alumno detecte las diferencias de la constitución química de los diferentes ecosistemas continentales y marinos así como su relación con las poblaciones de organismos que los habitan.

## Preguntas clave

* ¿Cuál es el papel de la meteorización en el ciclado de las rocas?
* ¿Cuáles son las diferencias entre la corteza continental y oceánica?
* ¿Cómo los cambios atmosféricos e hidrológicos producen modificaciones geológicas?
* ¿Cuál es la influencia de la hidrósfera sobre el clima y sobre el movimiento de las sustancias químicas en la corteza terrestre?
* ¿Cuál es la importancia de las corrientes oceánicas?
* ¿Qué efecto tiene la composición de la atmósfera actual sobre la vida?

## Contenidos educativos

2. Componentes ambientales

* 1. La litosfera. Estructura de la corteza terrestre
     1. Ciclo de las rocas y clasificación por su origen
        1. Rocas sedimentarias
        2. Rocas metamórficas
        3. Rocas ígneas
     2. Meteorización
     3. Edafogénesis (suelos y sedimentos):
        1. Carbonatados
        2. Silicios
        3. Ferrosos
        4. Fosfatados
        5. Manganosos
     4. Composición química de las cuencas terrestres
  2. Hidrósfera
     1. Composición química del agua y ciclo hidrológico
     2. Ambientes oceánicos y neríticos. Fosas oceánicas
     3. Ríos, lagos, lagunas costeras, humedales, embalses
     4. Circulación de las masas de agua
  3. La atmósfera
     1. Estructura, circulación y composición (gases y aerosoles)
     2. Importancia de la atmósfera en el funcionamiento del planeta
     3. El clima, cambio climático, fenómenos del Niño y de la Niña

## Actividades sugeridas

Se propone que individualmente y/o en grupos de trabajo las y los alumnos:

* Presenten seminarios y discutan en clase los contenidos académicos de la unidad.
* Entregar diario los controles de lecturas de cada uno de los temas que se vayan tratando en clase
* Resolver un glosario sobre los términos que se utilizarán más frecuentemente en esta Unidad temática.
* Presentar un seminario libre sobre algunos de los siguientes temas que apoyan esta unidad temática: fenómenos del Niño y la Niña, cambio climático, impacto de la minería sobre el medio ambiente, impacto ambiental de las actividades agropecuarias, entre otros
* Visitar el Instituto de Geología y el Instituto de Ciencias de la Atmósfera
* Apoyar los contenidos de la unidad con documentales apropiados

Duración: 3 semanas

## Bibliografía Básica

Álvarez S. La descomposición de la materia orgánica en humedales: la importancia del componente microbiano. ECOSISTEMA. 2005; 14(2): 17-29.

Camilloni I, Vera C. La Atmósfera. España. Ed. EXPLORA. Las Ciencias en el Mundo Contemporáneo. Programa de Capacitación Multimedial; 2007.

Castro P, Huber M. Biología Marina. Madrid: McGraw-Hill-Interamericana de España S.A.U; 2007.

Cervantes M. Conceptos fundamentales sobre ecosistemas acuáticos. En: Sánchez O, Herzing M, Peters E, Márquez R, Zambrano L. editores. Perspectivas Sobre Conservación de Ecosistemas Acuáticos en México. CDMX. INE-SEMARNAT; 2007. p. 37-67.

Roldán-Pérez G, Ramírez-Restrepo JJ. Fundamentos de Limnología Tropical. 2ª Ed.Medellin: Ed. Universidad de Antioquia; 2008

Schlesinger WH, Bernhard ES. Biogeochemistry. An Analysis of Global Changes. 3th ed. London, New York. Academic Press. 2013

Tarbuck EJ, Lutgens FK. Ciencias de la Tierra: Una Introducción a la Geología Física; 8ª ed. Madrid: Pearson, Prentice Hall; 2013

Vázquez-Figueroa V, Canet C, Prol-Ledesma RM, Villanueva-Estrada RE. Procedencia de los elementos químicos en los sistemas marinos y su influencia en la composición de los sedimentos. En: Low Pfeng A, Peters Recagno EM editores. La Frontera Final: El Océano Profundo. México. SEMARNAT, INECOL; 2014. p. 47-55

## Bibliografía complementaria

López Portillo JA, Vázquez Reyes VM, Gómez Aguilar LR, Priego Santander AG. Humedales. En: G.Benítez G, Welsh C editores. Atlas del Patrimonio Natural, Histórico y Cultural de Veracruz. Comisión del Estado; 2010. p. 229-248.

Marcovecchio J, Freije RH. Procesos Químicos en Estuarios. Argentina: edUTecNe; 2013

Ortega-Gutiérrez F. El origen geológico de la vida; Una perspectiva desde la meteorítica. TIP Rev. Esp. Cienc. Quim. Biol. 2015; 18 (1): 71-81

# UNIDAD TEMÁTICA 3

# CICLOS BIOGEOQUÍMICOS: DESDE LOS PROCESOS DE ÓXIDO-REDUCCIÓN A NIVEL CELULAR HASTA SU DINÁMICA EN LOS ECOSISTEMAS.

## Objetivo general

Que el alumno comprenda cómo funcionan los ciclos biogeoquímicos en ambientes naturales y artificiales; así como la importancia de la actividad de los microorganismos en el reciclamiento de los nutrientes esenciales para la vida vegetal, la agricultura, su relación con el manejo sustentable, la salud global de los ecosistemas y la composición química de la atmósfera de la Tierra.

## Objetivos específicos

* Que el alumno comprenda la intervención de los microorganismos como agentes determinantes de los procesos de óxido-reducción responsables de los ciclos biogeoquímicos
* Que el alumno comprenda los ciclos biogeoquímicos como una herramienta para el manejo de los ecosistemas.

## Preguntas clave

* ¿Cuáles son los efectos de los seres vivos sobre la química de la Tierra?
* ¿Por qué se necesita el poder reductor para el crecimiento autótrofo?
* ¿Cuáles son las estrategias de producción de energía en los organismos heterótrofos y quimiolitótrofos?
* ¿Cómo intervienen los microorganismos en la recirculación de los nutrimentos a través de la atmósfera, litosfera e hidrosfera?
* ¿Cómo impacta la actividad antropogénica la química global del ambiente?
* ¿Qué papel juegan los ciclos biogeoquímicos en el manejo sustentable de los recursos naturales?

## Contenidos educativos

* 1. Procesos de producción de energía
     1. Membranas celulares. Estructura, función y tipo
     2. Transporte de moléculas, osmosis, difusión, transporte activo, quimio-osmosis, transporte de grupo
  2. Reacciones fotótrofas de óxido-reducción
     1. La fotosíntesis oxigénica
     2. La fotosíntesis anoxigénica
  3. Reacciones quimiótrofas de óxido-reducción
     1. La fermentación
     2. La respiración aeróbica y anaeróbica
        1. Respiración del O2
        2. Respiración del NO3
        3. Respiración del SO4
        4. Respiración del CO2
  4. El papel de los microorganismos
     1. Ciclo del Carbono
        1. Ciclo del Carbono en un ambiente aeróbico
        2. Ciclo del Carbono en un ambiente anaerobio
     2. Ciclo de los nutrientes minerales
        1. Ciclo del Nitrógeno
           1. Liberación y reincorporación de amonio
           2. Nitrificación
           3. Nitratorreducción disimilatoria
           4. Fijación del nitrógeno
     3. Ciclo del Azufre
        1. Reducción asimilativa y disimilatoria
        2. Oxidación fotótrofa del Azufre
        3. Oxidación quimiótrofa del Azufre
           1. Reciclamiento del Azufre
     4. Ciclo del Fósforo
     5. Otros elementos
        1. Ciclo del Hierro
        2. Ciclo del Manganeso
        3. Ciclo del Sílice
        4. Ciclo del Calcio
  5. Distribución de los elementos en los ambientes terrestres y acuáticos. Estratificación
  6. Flujo de nutrimentos a través de las redes tróficas
  7. Impacto ambiental
  8. Papel que juegan los ciclos biogeoquímicos en el manejo sustentable de los recursos naturales

## Actividades sugeridas

Se propone que individualmente y/o en grupos de trabajo las y los alumnos:

* Entreguen diario controles de lecturas sobre los temas que se verán en las sesiones modulares
* Realizar seminarios a partir de las lecturas básicas y discusión de los mismos en clase
* Realizar un modelo conceptual del flujo de carbono y de energía a través de las redes tróficas en un ecosistema estratificado, terrestres o acuático
* Resolver un glosario sobre los conceptos que se utilizarán en esta unidad temáticos
* Recopilación y revisión bibliográfica actual sobre su tema de investigación modular
* Visitar el acuario de Veracruz

El docente apoyará algunos de los temas de esta Unidad con:

* Organización de seminarios con profesores invitados, que apoyen algunos de los temas de la unidad temática
* Apoyo de estadística básica que ayude a la interpretación de resultados
* Uso de películas o documentales para apoyar alguno temas revisados

Duración: 4 semanas

## Bibliografía Básica

Atlas R, Bartha T. Ecología Microbiana y Microbiología Ambiental. 4th. Ed. Barcelona: Parson/ Wyley Blackwell; 2002

Bopp L, Bowler Ch, Guidi L, Karsenti E, Vargas C de. The ocean : A carbon pump. Paris : Plataforme Ocean and climate, 2017. Disponible en: https://www.ocean-climate.org/wp-content/uploads/2017/03/ocean-carbon-pump\_07-2.pdf

Buckley DH, Bender DA, Stahl DA, Martinko JM, Madigan MT. Brock. Biología de los Microorganismos. 14th. ed. México: Pearson; 2015

Madsen EL. Environmental Microbiology. From Genomes to Biogeochemestry. 2th. ed. New Jersey: Wyley Blackwell; 2016

Schlesinger WH, Bernhard ES. Biogeochemistry. An Analysis of Global Changes. 3th ed. London, New York. Academic Press. 2013

Sievert SM, Vetrieni C. Chemoautotrophy at deep-sea vents : Past, present and future. Eceanography. 2012 ; 25 (1) :218-233

## Bibliografía complementaria

Cerón Rincón LE, Aristizábal Gutiérrez FA. Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos. Rev. Colomb. Biotecnol. 2012; XIV (1): 285-295

Dick GJ. The Microbiomes of deep-sea hydrothermal vents: distributed globally, shaped locally. Nature/Microbiology. 2019 ; 17 : 271-283

Zehr JP, Ward BB. Nitrogen Cycling in the ocean : New perspectives on Processes and paradigms. Appl. Enviro. Microbiol. 2002 ; 68(3) : 1015-1024

# UNIDAD TEMÁTICA 4

# DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA A PARTIR DE UN PROBLEMA SOCIO-AMBIENTAL

## Objetivo general

Que el alumno diseñe y desarrolle un proyecto de investigación formativa a partir de un problema socio-ambiental con el objeto de realizar un diagnóstico del estado de salud del ecosistema utilizando como base el conocimiento de los ciclos biogeoquímicos.

## Objetivos específicos

* Que el alumno explore, organice y procese información que le permita desarrollar un proyecto de investigación modular.
* Que el alumno diseñe muestreos y aplique herramientas y métodos de análisis para dar respuesta a las interrogantes planteadas en el proyecto de investigación modular.
* Que el alumno maneje la estadística descriptiva, así como el análisis de correlación y multivariado.
* Que el alumno fundamente propuestas alternativas para el manejo de los recursos naturales renovables, a través del manejo del conocimiento de los ciclos biogeoquímicos

## Preguntas clave

* ¿Cuáles son los problemas socio-ambientales existentes en la zona de estudio?
* ¿Cuáles son las técnicas y métodos más adecuados para caracterizar los diferentes suelos y cuerpos de agua?
* ¿Cuáles son las técnicas y métodos que permiten identificar los procesos y transformaciones geoquímicas que realizan las diferentes comunidades microbianas y cuál es su relación con las variables bióticas y abióticas en el ecosistema?
* ¿Cuáles son los métodos estadísticos adecuados para el análisis de los ciclos biogeoquímicos, considerando sus características particulares físicas, químicas y biológicas?

## Contenidos educativos

4.1 Métodos y técnicas para estimar las concentraciones de los principales nutrimentos en los ecosistemas acuáticos y terrestres.

4.1.1 Métodos y técnicas para estimar la concentración de nutrimentos inorgánicos (O2, NO3-, NO2-, NH4+, PO42-, SiO3, entre otros) y orgánicos (carbón orgánico), en la columna de agua, en los sedimentos y en los suelos.

4.1.2 Métodos para estimar la actividad microbiana autótrofa, heterótrofa y quimiolitótrofa.

4.1.3 Fundamentos, ventajas y desventajas de los diferentes métodos y técnicas utilizados.

4.2 Métodos estadísticos de análisis de los resultados generados en la investigación modular.

* + 1. Organización y procesamiento de la información para describir, representar e interpretar los ciclos biogeoquímicos en el área de estudio.
    2. Manejo de la estadística descriptiva, así como el análisis de correlación y multivariado.
    3. Análisis de modelos de ciclos biogeoquímicos, considerando sus características distintivas, físicas, químicas y biológicas (modelos de caja y coeficiente de transferencia).
    4. Métodos de análisis estadístico: análisis de correlación y análisis multivariado.

## Actividades sugeridas

Se propone que individualmente y/o en grupos de trabajo las y los alumnos:

* Elaboren para cada sesión modular controles de lectura acerca del tema central que desarrollarán en el proyecto de investigación formativa.
* Realicen seminarios a partir de las lecturas básicas y discusión de las mismas temáticas que den información complementaria para el proyecto de investigación formativa.
* Manejen paqueterías para el análisis estadístico.
* Realicen salidas al área de estudio
* Asistan a sesiones de laboratorio para el aprendizaje y aplicación de técnicas de análisis químicos y biológicos
* Visiten museos que complementen su formación.
* Usen diversas técnicas fotográficas, cartográficas y de laboratorio para el análisis, interpretación y cuantificación de las interacciones entre las variables abióticas y bióticas.

Duración: 11 semanas

## Bibliografía Básica

Aminot A, Chaussepied M. Manuel des Analyses Chimiques en Milieu Marin. Brest, Francia : CNEXO ; 1983.

APHA-AWWA-WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st ed.; American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation: Washington, DC, USA; 2005.

Clifford BR, Taylor AR. Bioestadística. Pearson Educación de México, S.A. de C.V. Ciudad de México. 2008.

Gomarasca MA, Lechi GM. Fundamentals of Remote Sensing. En*:* Remote Sensing Applications to Land Resources. Rome, Italy: FAO; 1990.

Navarro BS, Gines NG. Química agrícola: El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa; 2000.

NOM-021-SEMARNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación. 31/12/2002

Quirino-Barreda CT. Introducción al manejo estadístico de datos, la práctica de análisis farmacéutico. México: Serie de Cuadernos de Formación de Profesores. No. 7. UAM-X, D.F; 1989.

Rodríguez F H, Rodríguez AJ. Métodos de Análisis de Suelos y Plantas:Criterios de Interpretación. México: Ed. Trillas; 2002.

Strickland JDH, Parson TR. Practical handbook of seawater analysis. Ottawa, Canada: Fisheries Research Board; 1990.

Weiner ER. Applications of Environmental Aquatic Chemistry. A Practical Guide. 2nd. CRC Press. Boca Raton London New York; 2008

## Bibliografía complementaria

Contreras EF. Manual de Técnicas Hidrobiológicas. México: Ed. Porrúa; 1994.

Cornellius S, Heywood I, Trod N. Modulo 4: Operaciones de Análisis Espacial. 3ª ed. Girona, España: Master Internacional a Distancia en Sistemas de Información Geográfica. UNIGÍS – Universidad de; 2001.

Madrigal HS, Ramírez MH. Las propiedades edáficas en la determinación del índice de sitio para dos especies de pino en Uruapan, Michoacán. Rev. Mex. Cienc. ForestalesCiencia.1996; 21 (79): 3-14.

# AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Dra. Marisa Ysunza Breña la asesoría curricular brindada para la elaboración de la presente guía modular. Así como a las Doctoras Marcela Ivonne Benítez Díaz Mirón y Gabriela Garza Mouriño por sus aportaciones al contenido pedagógico y edición del documento.