

GUÍA DIDÁCTICA DE LA OBRA EL ORIGEN DE LA VIDA

La evolución de la vida y la del planeta están profundamente unidas: no se puede entender una sin conocer la otra, y en cambio, se explican por separado.

Es evidente que no se puede explicar todo a la vez, y que sea cual sea el orden en que se explique siempre se podrá argumentar que hay otro orden mejor. Pero es conveniente que desde un principio se entienda que la Tierra es un complejo sistema interactivo en que los océanos, los continentes, la atmósfera y los seres vivos evolucionan conjuntamente. Esta es la razón principal que motiva la elección de los diferentes apartados.

Las actividades de aprendizaje tienen el objetivo de ayudar a tener una perspectiva global de:

- Por qué la Tierra ha evolucionado de manera diferente a los planetas vecinos.
- Cómo ha evolucionado la atmósfera terrestre.
- El dominio de los microbios.
- Qué papel han jugado los microorganismos en la evolución de la atmósfera y de la vida.
- Qué protagonismo ha tenido la geología en la evolución de la vida (tectónica de placas, glaciaciones).
- Cuáles son los acoplamientos de las rutas metabólicas básicas en que se articula la vida.

Para llegar a este objetivo en esta unidad, aunque sea de forma rudimentaria, la evolución de la atmósfera, la diversidad metabólica y los tipos de células se explican siguiendo el hilo conductor de la evolución del planeta.

Son un esquema básico para entender el acoplamiento de las reacciones metabólicas. No se trata de explicar las rutas, sino las relaciones entre ellas.

Están destinados a destacar el papel fundamental de los microorganismos en la evolución del planeta y de la vida.

Por lo que respecta a la clasificación de los organismos, se considera conveniente dejar claras las diferencias entre procariotas y eucariotas, y diferenciar entre virus y células. No se explican los otros reinos porque no es el objetivo de esta unidad y porque no están directamente implicados en las primeras etapas de la evolución de la biosfera.

Es un breve recorrido por los momentos clave en que la evolución geológica del planeta intervino decisivamente en la evolución de la vida.

Una introducción a la evolución geológica y biológica

Esta obra quiere ser un puente entre las ciencias de la Tierra y el medio ambiente y la biología y pretende facilitar la comprensión de la interacción entre la evolución geológica del planeta y la vida sin profundizar en aspectos que se explican por separado en cada materia.

Se ha intentado que los datos estén actualizados y que se introduzcan algunas teorías controvertidas hoy en día y discutidas por la comunidad científica (este es el caso de la teoría de James Lovelock). También se citan algunas de las personas que en un momento u otro han contribuido a tener una visión innovadora de la evolución planetaria (A. Oparin, J. Haldane, S. Miller, L. Margulis).

Si queremos que el usuario adquiriera una visión global y sintética, y también un respeto por el medio ambiente y por la vida, es recomendable disponer de alguna herramienta que nos permita unir y armonizar los criterios.

Esta obra ayuda al usuario a ver la Tierra como un sistema. No se trata de una obra que de prioridad a la originalidad, sino al trabajo práctico.

La divulgación de las ciencias de la naturaleza permite comprobar la dificultad de conseguir que los alumnos adquieran una comprensión de la complejidad y de la interdependencia de los procesos naturales. Esta obra quiere suministrar un material sencillo para facilitar la tarea de la comprensión.

En todos los casos es lógico que se pueda poner en una misma obra hechos y conceptos que a pesar de aparecer dispersos son vertientes de un mismo fenómeno natural: la evolución geológica de nuestro planeta ha marcado la aparición y la evolución de la vida, y la vida ha contribuido a la creación y al mantenimiento de ciertas características y condiciones geológicas.

Objetivos

- 1.- Argumentar algunas de las teorías sobre el origen de la vida y reconocer si tienen o no carácter científico.
- 2.- Relacionar fenómenos físicos, químicos, geológicos y biológicos.
- 3.- Explicar las características de los reinos mónera y protocista.
- 4.- Explicar las características del virus.
- 5.- Reconocer el carácter universal de la composición química de las biomoléculas.
- 6.- Describir la localización del material genético.
- 7.- Distinguir los diferentes tipos metabólicos celulares.

- 8.- Resumir las funciones principales del metabolismo.
- 9.- Esquematizar las vías principales de degradación y síntesis de moléculas.
- 10.- Interpretar el proceso de mitosis y su significado biológico.
- 11.- Precisar la naturaleza del código genético.
- 12.- Analizar el papel de las mutaciones en la evolución.

Procedimientos

- 1.- Comentario de textos científicos.
- 2.- Análisis de secuencias de video o DVD.
- 3.- Utilización de lenguaje científico.
- 4.- Establecimiento de relaciones entre los procesos biológicos.
- 5.- Formulación de conclusiones y nuevas preguntas.

Valores, actitudes y normas

- 1.- Valoración crítica de la biología y de las ciencias de la Tierra.
- 2.- Toma de conciencia que la biología y las ciencias de la Tierra son el resultado del trabajo colectivo.
- 3.- Interés por las relaciones que existan entre la biología y la geología.
- 4.- Rigurosidad y constancia al documentarse ante hechos biológicos y geológicos.

Primera parte

LA MATERIA DE LA VIDA

1. Interacción planeta-vida

Este capítulo de introducción presenta la vida como una fuerza geológica. Se da importancia al hecho que la vida surgió en la Tierra tan pronto como le fue posible, a la presentación de los trabajos de James Lovelock y al concepto de autopoiesis.

2. Los inicios

En este capítulo es importante explicar el paso del hadeano al arqueano, así como los ingredientes de la vida. Un nuevo concepto que se introduce es la composición de la atmósfera primitiva de la Tierra. No hay duda de cuales eran los elementos químicos que formaban la atmósfera primitiva, pero en cambio no se sabe cuales fueron los compuestos que se originaron. También se introduce el tema de la aparición de la vida microbiana.

3. La Tierra es única

En este capítulo se introduce la diferente evolución de la Tierra en comparación con los planetas vecinos Marte y Venus. Es importante destacar el papel del dióxido de carbono, que en la Tierra se recicla continuamente. Se introduce también el concepto de placas litosféricas que se muevan a la deriva.

4. Marte

Se introducen las características geológicas de la superficie de Marte y del clima marciano primitivo. También se argumenta que no hay evidencias de que haya, o haya habido, vida en Marte.

Se explica que hace 4.000 millones de años, los volcanes de Marte expulsaron suficiente dióxido de carbono para mantener cálida la superficie del planeta. Con el tiempo esta actividad volcánica se paró porque Marte es más pequeño que la Tierra y sus reservas internas de calor se agotaron y lo impidieron.

5. Venus

Se explica la evolución de Venus. En la superficie de venus, cuando la lava es expulsada se derrama y forma una capa lisa de rocas a causa de la alta presión que proviene de la atmósfera llena de dióxido de carbono. Venus está más cerca del Sol, y por lo tanto, su temperatura es más elevada. El problema que se da en Venus es que la temperatura de su superficie es demasiado alta para poder tener agua líquida. El dióxido de carbono de la atmósfera se va acumulando y no se fija en las rocas. Esta es la causa que Venus padezca un efecto invernadero incontrolable.

6. Comparación de las atmósferas de Marte, Venus y la tierra

Comparación de las atmósferas planetarias de Marte y Venus con la de la Tierra con y sin vida.

7. Meteoritos y panspermia

Introducción a la panspermia, teoría según la cual la vida es llevada al azar de sistema solar en sistema solar, y de planeta en planeta. Introducción al estudio de los meteoritos y su aportación a las investigaciones sobre el origen de la vida.

8. Caldo primigenio

Introducción a las hipótesis de Oparin y Haldane, así como a los experimentos de Miller.

Conceptos como el carácter reductor y oxidante de la atmósfera se discuten teniendo en cuenta los descubrimientos más recientes.

9. Primer y último ancestro común

Presentación de LUCA, iniciales inglesas de *last universal common ancestor*. Es una bacteria de 572 genes que nadie ha visto. Se trata de un cálculo de biocomputación a partir del mínimo común múltiplo de los genomas de todos sus descendientes, es decir, de los seres vivos actuales.

10. Las primeras diversificaciones celulares

Introducción a la aparición de dos estrategias diferentes de supervivencia:

-Productores con pared rígida: son células que se adaptaron a consumir moléculas cada vez más pequeñas hasta llegar a desarrollar rutas metabólicas que las transformarían de células consumidoras de materia orgánica a células productoras de materia orgánica. A partir de este hecho, el riesgo que la vida se extinguiese por falta de alimento desapareció.

-Consumidores con citoesqueleto: son células que siguieron alimentándose de materia orgánica. Los compuestos que utilizaban eran cada vez más grandes, incluidos los cuerpos de las otras células.

Segunda parte

LA VIDA SE ORGANIZA

11. Organizaciones procariota y eucariota

Introducción a las organizaciones celulares procariota y eucariota y a las diferencias de organización celular, de fisiología o funcionamiento celular y metabólico. Se explica la importancia de la aparición de la membrana celular.

12. Teoría de la endosimbiosis

Introducción a la teoría de la microbióloga americana Lynn Margulis. En cierto sentido, podemos decir que todos estamos hechos de microbios. Es prácticamente unánime la opinión de la comunidad científica internacional respecto al origen de la célula eucariota. Origen de mitocondrias y cloroplastos.

13. Tamaño del genoma

Definición del valor C e introducción a la paradoja de este valor. Comparación del tamaño de los genomas de eucariotas y procariotas. Relación entre el tamaño del genoma y la complejidad del organismo.

14. Modificando los genomas

Son muchos los mecanismos mutacionales que pueden producir cambios en el tamaño del genoma. Se explican algunos de estos mecanismos como la duplicación del genoma y la pérdida o ganancia de unos pocos nucleótidos.

15. Baile de cromosomas

Presentación de la mitosis y de la meiosis. La mayor parte de las células eucariotas disponen de una gran cantidad de DNA que funciona como un archivo genético. La mitosis es el sistema más adecuado para distribuir equitativamente el DNA. La meiosis y la fecundación van unidas. La meiosis reduce el número de cromosomas a la mitad (en el caso humano, se pasa de 46 a 23).

16. La hipótesis Gaya

Presentación de la teoría de James Lovelock. Formuló la hipótesis Gaya en la que defiende que la atmósfera, la temperatura y la concentración de sales en los océanos se han adecuado para permitir la supervivencia de la vida.

17. El dominio de los microbios

Introducción a la estabilidad de la vida bacteriana (y por lo tanto microbiana) desde su origen hasta nuestros días, hecho que perdurará mientras la Tierra perdure. Aun estamos en la edad de las bacterias. Esto ha sido así desde el principio y probablemente será así siempre hasta el fin de la vida en este planeta.

18. Las móneras

Comparación entre las móneras y el resto de organismos.

19. Los protoctistas o protistas

Comparación entre los protoctistas y el resto de eucariotas.

20. Los virus

Comparación entre virus y seres vivos.

Tercera parte

LA VIDA EVOLUCIONA

21. La vida modifica la atmósfera

Los primeros procesos que aparecieron fueron la fermentación y la fotosíntesis. Se presenta el cambio producido con la aparición del oxígeno en el arqueano. Este oxígeno reaccionó con diferentes elementos y se formaron minerales nuevos (SO_4 , Fe_2O_3 i Fe_3O_4). La incorporación progresiva de oxígeno en la atmósfera empezó hace 2.200 millones de años y acabó hace 1.800 millones de años. Cuando no quedaron más elementos para reaccionar con el oxígeno, es decir, para oxidar, el oxígeno siguió acumulándose en la atmósfera.

22. La atmósfera modifica la vida

Desde su inicio, la Tierra ha estado involucrada en el origen de la vida. La propia energía de la Tierra alimentó las formas de vida primitivas. Tanto los geofísicos como los paleontólogos muestran cada vez más interés por los periodos más primitivos de la historia de la Tierra. En el arqueano, la atmósfera actúa como una pantalla protectora que ha permitido a la vida seguir una lenta evolución protegida por un envoltorio de aire.

23. La Tierra primitiva

Introducción a las evidencias que en otros planetas del sistema solar y hasta del espacio interestelar existen moléculas orgánicas. Por lo tanto, podríamos afirmar que hay una evolución química a escala cósmica. Realmente se podría haber originado la vida tal y como la conocemos hoy en día en planetas como Venus o Marte, pero no habría subsistido a causa de los posteriores cambios de sus ambientes.

24. Escenarios para los orígenes

Presentación de otras hipótesis diferentes de la del caldo primitivo de Oparin y Haldane que han sugerido diferentes escenarios para los orígenes.

25. Los primitivos océanos y la vida

Introducción al final del eón hadeano y al principio del arqueano. En algún momento entre este tiempo y los siguientes 100-50 millones de años, se originaron las primeras células procariotas. Alfombras o tapices microbianos estaban extendidos por nuestro planeta. Su primera evolución y diversificación, el posterior desarrollo de las comunidades bacterianas originó los primeros ecosistemas.

26. Fluctuaciones de los océanos y del oxígeno

Cuando se formaron los océanos, el agua estaba cargada con enormes cantidades de hierro reducido (Fe^{2+} , forma soluble). Estos iones eran la consecuencia de millones de años de lavado de rocas en el ambiente anaeróbico (sin oxígeno), característico de la atmósfera primitiva. El oxígeno producido por los primeros organismos fotosintéticos o el resultante de la escisión fotoquímica (llamada también fotólisis) del agua en la atmósfera, habría sido consumido inmediatamente en la oxidación del hierro. Esto provocó la precipitación de óxido de hierro (Fe_2O_3) en los sedimentos de los fondos oceánicos.

27. Expansión y extinción

Debemos nuestra existencia a una serie de casualidades que se han producido en la historia de la vida desde su origen. El relieve de la Tierra, la posición y el tamaño de los océanos, el clima y la evolución de la vida han sido y son modificados constantemente por el baile de las placas litosféricas, ligado a las fuerzas internas de nuestro planeta.

28. Impactos y erupciones

La geología del planeta tiene una influencia directa sobre el cambio en el curso de la evolución. Existen estrechas relaciones entre la velocidad de expansión de los fondos oceánicos, el nivel del mar, la concentración de oxígeno y de dióxido de carbono atmosféricos, el clima y la biodiversidad. Pero no debemos olvidar el azar. Probablemente también las formas de vida actuales son consecuencia del azar.

29. La vida conquista los continentes

Este capítulo introduce como linajes enteros de microorganismos, vegetales y animales colonizaron las superficies continentales donde les esperaba la deshidratación y la radiación ultravioletada.

30. La vida conquista el cielo

La era mesozoica fue escenario de un aumento del número de animales que adquirieron la capacidad de volar.

31. La humanidad modifica la vida

La humanidad ha usado su inteligencia para desarrollar unos niveles tecnológicos muy complejos. Combinando las habilidades sociales y técnicas, la humanidad ha modificado y en cierto modo controlado el medio ambiente, a veces perjudicando las especies.

Material adicional y suplementario

Ampliación de conceptos de genética, bioquímica y metabolismo

32. Bioelementos

Introducción a los elementos de la vida y a su clasificación según su abundancia. Se debe insistir en el hecho que únicamente unos pocos elementos forman parte de la materia viva.

33. ¿Por qué el carbono?

Introducción a las peculiaridades características del átomo de carbono adecuado para la formación de las moléculas de la vida.

34. La materia orgánica

Introducción a la química del carbono y a la universalidad de las moléculas de la vida. También se diferencia entre molécula orgánica y vida.

35. Biomoléculas

Descripción de los principios inmediatos inorgánicos y orgánicos, así como sus funciones estructurales, energéticas y biocatalizadoras. Se introduce el concepto de fuente de energía en relación con el paso de moléculas simples a moléculas complejas.

36. El RNA, primer ácido nucleico

Descripción del ácido ribonucleico o RNA, de la capacidad de replicarse rápidamente y de mutar, y de actuar como enzima y como codificador, es decir, como un gen que dirige su propia síntesis. Clasificación de los diferentes RNA.

37. El DNA y el código genético

Presentación de las características que hacen del DNA una molécula tan especial, y de su estructura primaria y secundaria. Cambio de RNA a DNA como almacén de la información genética.

38. Los códigos orgánicos

Se dice la clase de molécula que apareció primero en la primitiva Tierra. Los dos tipos de macromoléculas características de la vida tal y como la conocemos, ácidos nucleicos y proteínas, son mutuamente dependientes.

39. Los genes y el genoma

Se explica la relación entre el genoma y los genes. Se introduce el concepto de genes superpuestos, de intrones, de DNA repetitivo, de elementos transponibles y de DNA egoísta.

40. Concepto de autopoiesis

Descripción de la autopoiesis (del griego auto=propio y poiesis=creación). Hace referencia a las actividades dinámicas, autoproducidas y automantenedoras que llevan a cabo todos los seres vivos. La entidad conocida de estas características más pequeña y simple es una célula bacteriana. La más grande probablemente es Gaya, la vida y su entorno a nivel planetario.

41. Competencia y cooperación celular

Los darwinistas y neodarwinistas sostienen que la evolución es el resultado de la competencia entre las especies y su entorno. James Lovelock cree que la cooperación ha sido tan importante como la competición para el mantenimiento de la vida en la Tierra.

42. Metabolismo

Visión sintética de las rutas metabólicas. El metabolismo es un proceso altamente coordinado. Las reacciones químicas catalizadas enzimáticamente dentro de la célula no se realizan de forma aislada. Aunque el metabolismo celular incluye centenares de reacciones, las rutas metabólicas centrales presentan un plan de organización relativamente sencillo y son casi idénticas en la mayor parte de los seres vivos.

43. Acoplamiento entre catabolismo y anabolismo

Catabolismo y anabolismo deben estar acoplados y coordinados. La coordinación se realiza gracias a unas proteínas específicas llamadas enzimas. La energía que se libera en el catabolismo se utiliza en el anabolismo. Se explica como almacenar y transportar la energía de un lugar a otro.

44. Diversidad metabólica

Cuadro básico de las formas metabólicas según la fuente de materia y la fuente de energía

	Fuente de energía	
	Física	Química
Fuente de Carbono inorgánica	Fotoautótrofos	Quimioautótrofos
Fuente de Carbono orgánica	Fotoheterótrofos	Quimioheterótrofos

45. Fotosíntesis oxigénica y respiración aeróbica

Presentación de la relación entre fotosíntesis y respiración. En un sentido amplio, la fotosíntesis es una ruta anabólica destinada a producir moléculas orgánicas y la respiración aeróbica es una ruta catabólica destinada a obtener energía de la degradación de moléculas orgánicas.

