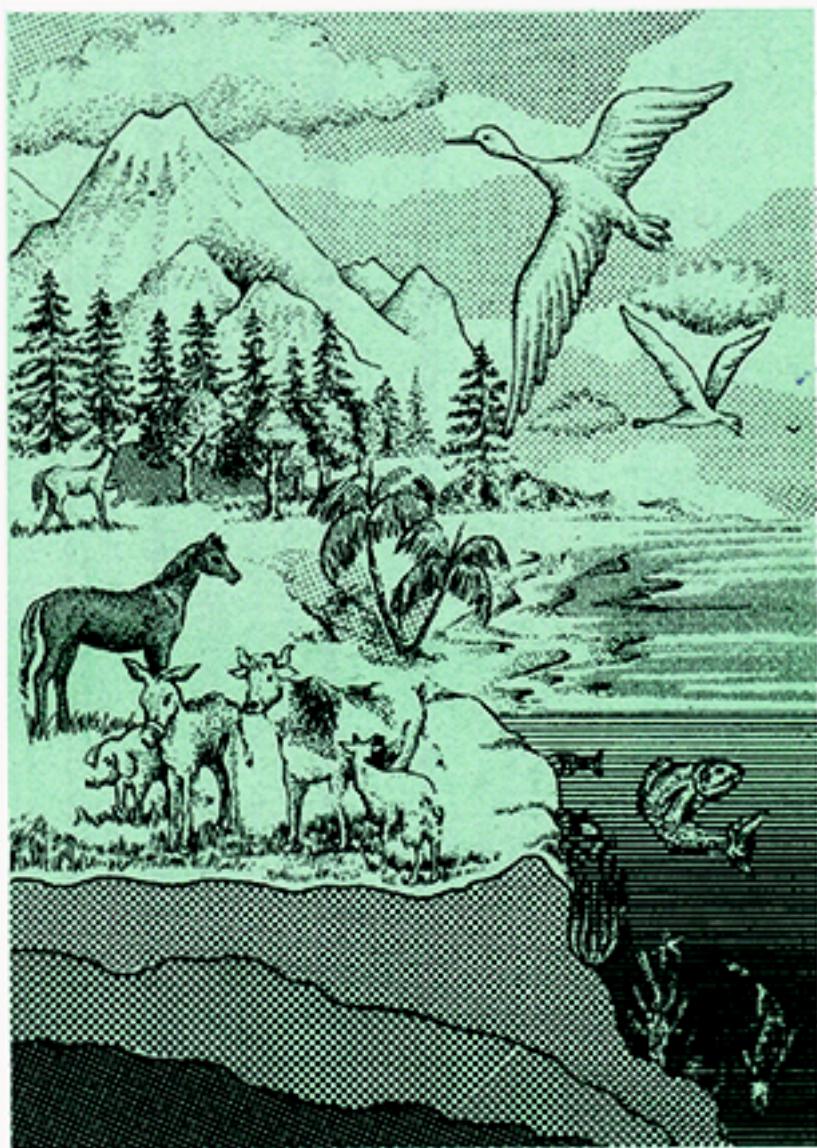


LIBRO DE DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Biología 5

Parte 1

12° grado

BIOLOGÍA 5

Duodécimo grado

Parte 1

Dr. José Zilberstein Toruncha

Prof. Esther Miedes Díaz

Dr. Rolando J. Portela Falgueras

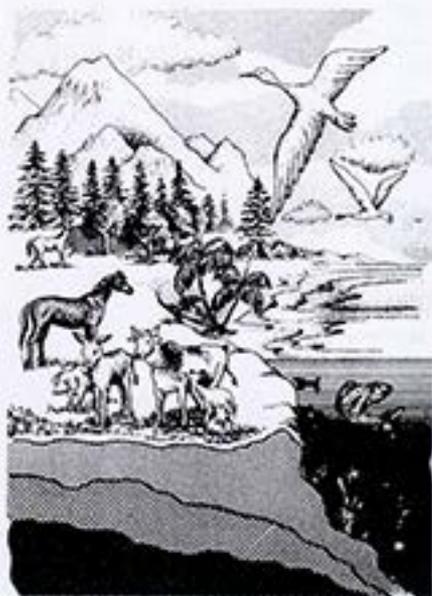
Prof. Madeline Carol Escobar

Dra. Margarita Valdesprietto Roche

Prof. Ana Aurora Monserrate Rodríguez

Lic. Raquel Rodríguez Artau

Prof. Anais Villafaña Rivero



Editorial
Pueblo y Educación

Edición: M. Sc. Luis Enrique Gutiérrez Fernández
Ing. Mayra Valdés Lara
Diseño: Bienvenida Díaz Rodríguez
Elena Faramiñán Cortina
Ilustración de cubierta: José Carlos Chateloín Soto
Ilustración: José Carlos Chateloín Soto
Lucrecia Amaíz Pérez
Martha González Arencibia
Ángel García Castañeda
Realización: Sonia E. Rodríguez García
Corrección: Esmeralda Ruiz Rouco
Emplante: Josefina Téllez Núñez

- © Duodécima reimpresión, 2016
- © Primera reimpresión, 2002
- © Segunda edición corregida, 2000
- © Ministerio de Educación, Cuba, 1991
- © Editorial Pueblo y Educación, 1991

ISBN 978-959-13-0733-0 (Obra completa)
ISBN 978-959-13-0734-7 (Parte 1)

EDITORIAL PUEBLO Y EDUCACIÓN
Ave. 3ra. A No. 4601 entre 46 y 60,
Playa, La Habana, Cuba. CP 11300.
epe@cnet.cu

MATIZ

Empresa Ediciones Caribe
Impreso en la UEB Gráfica "Juan Marinello"
en el mes de Marzo de 2016.
"Año 58 de la Revolución"

9 503 ejemplares

AGRADECIMIENTO

Este libro es el fruto del esfuerzo conjunto de un colectivo de autores, integrado por profesores, metodólogos y funcionarios del Ministerio de Educación.

De gran ayuda ha sido la valiosa y constante colaboración de diversos especialistas que participaron en la revisión de los materiales, entre los que queremos destacar los siguientes: Prof. Renato Breto González, del Ministerio de Educación; Lic. Oriol Parra Rodríguez, Lic. Orestes Valdés Valdés y Prof. Eduardo Torres Consuegra, del Instituto Central de Ciencias Pedagógicas; Dr. Vicente Berovides Álvarez, Lic. Ana Rosa Casanova Perdomo y Lic. Rina Pedrol Troiteiro, de la Facultad de Biología de la Universidad de La Habana; Dra. Dora Elina Jorge Viera, de la Dirección Docente Metodológica del Ministerio de Educación Superior; Dr. Alberto Granados, del Centro Nacional de Sanidad Animal; Dra. María T. Cornides, de la Academia de Ciencias; investigadores José Cremata y Luis Lago, del Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología; Dra. Lidia Rodríguez y Dr. Luis Heredero Baute, del Centro de Genética Médica del Ministerio de Salud Pública; Prof. Roberto Andreu Malda, del Instituto Preuniversitario "Saúl Delgado", y Prof. Graciela Ruiz Zayas, del Instituto Preuniversitario "Raúl Cepero Bonilla", ambos de Ciudad de La Habana.

También fue muy significativo el apoyo brindado por la Dra. Margarita Silvestre Oramas y la Dra. Edith M. Santos Palma, ambas del Instituto Central de Ciencias Pedagógicas; el Dr. Jorge L. Hernández Mujica, la Prof. Lourdes Caravia Barbery, la Prof. Norma Fleites Lafont y la Prof. Mayra Zambrana Díaz, del Instituto Superior Pedagógico "Enrique José Varona"; la Lic. María E. Perdomo, del Instituto Superior Pedagógico "Félix Varela"; el Prof. Agapito M. Díaz Hernández, del municipio Sandino, Pinar del Río; los profesores Elsa Pérez Orozco, Cleopatra Medina, Rodolfo Esteban Vega y María Antonia Delgado, de los institutos de perfeccionamiento educacional de Ciudad de La Habana; los profesores Herlinda Jones Milord y Roberto Jardinet Mustelier, ambos del Instituto de Perfeccionamiento Educacional de Santiago de Cuba; el Prof. Felipe Lara Hernández, del Instituto de Perfeccionamiento Educacional Nacional, y la Prof. Lourdes Fumero Durán, de la Escuela Secundaria Básica "Eugenio María de Hostos", de Ciudad de La Habana.

Agradecemos el apoyo brindado por los profesores de los institutos preuniversitarios de Ciudad de La Habana "Raúl Cepero Bonilla" y "René O'Reiné", que participaron en el experimento pedagógico a partir del cual se elaboró el capítulo 2, y en especial a las profesoras Oneyda Álvarez Meunier e Isabel Elosegui Mesa. También a los profesores de los institutos preuniversitarios "Capitán Roberto Rodríguez", "Osvaldo Herrera", "Carlos Liebsch" y "Primer de Mayo", de Villa Clara, quienes contribuyeron en la aplicación experimental del capítulo 3, así como a los profesores del Instituto Vocacional de Ciencias Exactas "Ernesto Che Guevara", de esa misma provincia.

Ha sido fundamental la colaboración del Lic. Jorge E. Fernández Vázquez, del Instituto de Perfeccionamiento Educacional Nacional, quien contribuyó en la elaboración de las prácticas de laboratorio.

Asimismo han sido importantes las consultas llevadas a cabo con un gran número de metodólogos, jefes de cátedra, profesores y alumnos de diversos centros y provincias, de la Educación General Politécnica y Laboral y de la Educación Superior.

Quisiéramos expresar nuestra más profunda gratitud a estos compañeros que han enriquecido el texto con sus señalamientos y sugerencias, así como también a la compañera Arelys Herrera Mendizabal, por su aporte en la mecanografía de gran parte del material.

Los autores

AL ALUMNO

Este libro constituye la primera parte del texto *Biología 5*, correspondiente al duodécimo grado de la Educación General Politécnica y Laboral, con el cual concluyes el estudio de la Biología en el preuniversitario.

Consta de la introducción, tres capítulos y conclusiones, en los cuales se tratan temas relacionados con la genética, la ecología y la evolución.

En la introducción se hace un recuento de algunos temas ya tratados en el oncenno grado, en relación con los niveles de organización de la materia. También se hace referencia al objeto y los métodos de estudio de la Biología 5 como asignatura, así como la importancia de los conocimientos que aquí se tratan.

En el capítulo 1 se estudian las relaciones de los organismos en su medio ambiente, se profundiza en las características de los niveles de población, de comunidad y de biosfera, y se destaca un tema de gran interés, la protección del medio ambiente.

En el capítulo 2 se estudian los contenidos relacionados con la genética, en el cual se tratan las leyes fundamentales de la herencia y la variación, así como su aplicación a la ganadería, la agricultura y la medicina. También se incluyen algunos aspectos relacionados con la ingeniería genética y la biotecnología.

El capítulo 3 está dedicado al estudio de la vida, su origen y evolución; aquí analizaremos la teoría científico-materialista acerca del origen de la vida en la Tierra, las teorías evolucionistas que más se destacaron en su época, así como la explicación actual sobre la evolución de los organismos. En las conclusiones se retoman e integran elementos fundamentales en relación con el origen de la vida y las propiedades que la caracterizan.

Al final de cada capítulo aparecen las clases prácticas y las prácticas de laboratorio, las cuales te serán de gran utilidad e interés, ya que podrás aplicar los conocimientos aprendidos durante el preuniversitario. Ambas actividades podrás reconocerlas con facilidad dentro del libro de texto gracias a las viñetas que las identifican: las clases prácticas, un libro con una lupa; las prácticas de laboratorio, una lupa.

Las tareas que aparecen en los diferentes temas, constituyen un elemento muy importante que permitirá controlar tus conocimientos en relación con los contenidos tratados en los diferentes capítulos. Estas podrás identificarlas por el signo de interrogación que las representa.

En el libro se incluye un vocabulario, donde aparecen términos químicos y biológicos que te ayudarán a comprender los diferentes temas que se tratan.

Esperamos que este libro contribuya de forma eficiente a enriquecer tus conocimientos sobre biología y, de esta forma, a tu preparación como estudiante.

Los autores

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN / 1

De la célula a la biosfera / 1

La Biología 5 como asignatura / 4

Importancia de los conocimientos ecológicos, genéticos y evolutivos / 5

Clase práctica 1 / 7

1 LOS ORGANISMOS Y SUS RELACIONES CON EL MEDIO AMBIENTE / 9

Biosfera. Factores del medio ambiente que influyen en la vida de los organismos / 9

El hábitat y el nicho ecológico como parte de las relaciones de los organismos en el medio ambiente / 19

El ecosistema. Su dinámica / 21

Las comunidades. Relaciones interespecíficas / 30

Las poblaciones. Relaciones intraespecíficas / 38

Diversidad de ecosistemas de Cuba / 42

Protección de la biosfera por el hombre / 49

Práctica de laboratorio 1 / 53

Práctica de laboratorio 2 / 54

2 HERENCIA Y VARIACIÓN / 56

La herencia y la variación como fenómenos genéticos / 56

El gen: unidad de herencia y variación. El ADN y la información genética / 59

El gen como unidad de la herencia. Replicación del ADN. Expresión de la información genética / 65

El gen como unidad de variación / 76

Los genes y la transmisión hereditaria. Leyes fundamentales de la herencia / 84

Aplicación de los conocimientos genéticos en la selección y cruzamiento de plantas y animales / 97

Aplicación de los conocimientos genéticos en la prevención y el tratamiento de enfermedades hereditarias / 102

Importancia de la ingeniería genética y la biotecnología en la preservación de la salud humana y el desarrollo económico del país / 104

Práctica de laboratorio 3 / 106

Clase práctica 2 / 107

Clase práctica 3 / 110

3 LA VIDA. SU ORIGEN Y EVOLUCIÓN EN LA TIERRA / 112

Los sistemas vivientes como resultado del desarrollo de la materia. Su evolución / 112

Origen de la vida en la Tierra. Teoría de Oparin / 114

Pruebas de la evolución / 122

Teorías que explican la evolución de los organismos. Aspectos positivos y limitaciones / 128

La Teoría sintética de la evolución como explicación actual del proceso evolutivo. La población como unidad evolutiva / 132

Clase práctica 4 / 146

CONCLUSIONES / 149

La vida como resultado del desarrollo de la materia / 149

Vocabulario / 157

INTRODUCCIÓN

De la célula a la biosfera

Al comenzar la Biología 5 es necesario que recordemos algunos temas importantes que fueron estudiados en grados anteriores.

Existen diferentes formas de movimiento de la materia. La biología tiene como objeto de estudio el **movimiento biológico**, que es característico de todos los sistemas vivos.

Durante el proceso evolutivo, ocurrieron variados cambios que provocaron que la materia se integrara en unidades de complejidad creciente en relación con características físicas, químicas o biológicas, a las que se les denomina, en su conjunto, **niveles de organización de la materia**.

Cada nivel presenta nuevas cualidades, aunque contiene el nivel inferior y, a su vez, se subordina al superior (fig. 1).

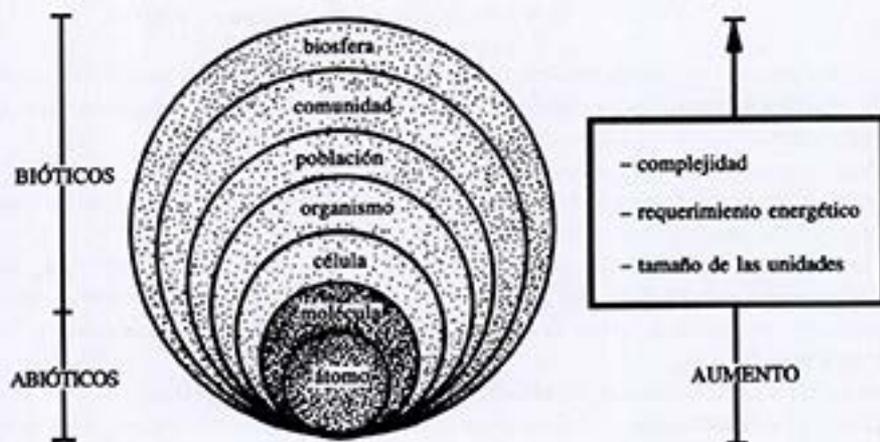


Fig. 1 Niveles de organización de la materia.

En décimo y oncenavo grados estudiamos los niveles de organización hasta el de organismo. En este grado, mediante los diferentes capítulos, profundizaremos en los niveles por encima del organismo y la relación con los anteriores.

Puntualicemos los elementos esenciales del nivel celular y el de organismo.

El **metabolismo** es una propiedad de la materia viva y es característico del movimiento biológico. Mediante las reacciones metabólicas se degradan y sintetizan compuestos vitales en la célula y el organismo.

El nivel celular, representado por las células procariotas y eucariotas, tiene nuevas características respecto al nivel que le antecede, ya que la célula, como unidad viva, está formada por diferentes moléculas que se organizan y forman nuevas estructuras que manifiestan otras cualidades, como la autorregulación, el metabolismo y la reproducción, entre otras.

El nivel de organismo incluye tanto a los organismos unicelulares como a los pluricelulares, los cuales, a su vez, están constituidos por células, pero de acuerdo con el nivel inferior, aumentan la complejidad, los requerimientos energéticos y el tamaño de las unidades que lo forman. Esto se hace más evidente en los organismos constituidos por más de una célula (fig. 2); en los unicelulares coinciden el nivel celular y el de organismo.

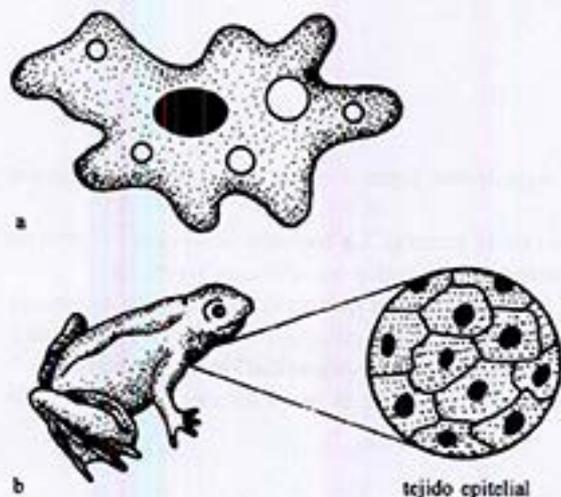


Fig. 2 a) Organismo unicelular (ameba)
b) organismo pluricelular (rana).

El organismo es un sistema autorregulado de materia viva que intercambia constantemente sustancias, energía e información con el medio ambiente, lo cual permite su desarrollo individual y la reproducción.

¿Cómo se encuentran agrupados los organismos en la Naturaleza?

Al conjunto de organismos de la misma especie que se relacionan entre sí, en un área determinada y en un momento dado, lo denominamos nivel de población.

En la población se evidencia que un organismo no puede vivir aislado de otros, pero que este nivel tiene nuevas cualidades; tal es el caso, por ejemplo, de las estrellas de mar en una zona determinada de las costas de la Isla de la Juventud o de un grupo de palmas canas en un lugar concreto en Pinar del Río.

¿Las poblaciones se encuentran aisladas unas de otras en la Naturaleza?

En condiciones naturales, lo más común es observar, en áreas específicas, asociaciones de poblaciones que interactúan entre sí, a lo que denominamos nivel de comunidad. La relación entre las esponjas, los moluscos, las estrellas de mar, los peces y las plantas acuáticas de una zona costera de la Isla de la Juventud, es un ejemplo de comunidad.

Si las poblaciones o comunidades estuvieran aisladas, ¿sería posible que existiera un equilibrio en la Naturaleza?

Evidentemente no: en la Naturaleza los organismos viven en estrecha interacción entre sí y con el resto de los factores del medio ambiente. La interrelación entre todas las comunidades de la Tierra se denomina, en su conjunto, nivel de biosfera.

La biosfera es el resultado de la evolución del mundo orgánico e incluye la relación entre los niveles precedentes que, como analizamos, van aumentando gradualmente en complejidad, requieren mayor consumo energético y aumenta el tamaño de las unidades que los forman.

Profundizaremos desde el capítulo 1, en la población, la comunidad y la biosfera, a partir del conocimiento de las leyes y los principios generales de la ecología, la genética y la evolución.



Tarea

1. Consulta el vocabulario y copia la definición del concepto especie. Plantea ejemplos de especies que conozcas.
2. Lee el epígrafe anterior, observa la figura 1 y elabora un cuadro donde resumas las características fundamentales de los niveles bióticos, la relación que existe entre ellos y las ideas que se destacan a la derecha de la figura.
3. Argumenta el planteamiento siguiente:
"En los niveles de organización bióticos se evidencia que el todo es más que la suma de las partes."
4. Analiza la figura 2 y explica por qué entre el nivel celular y el de organismo existe un aumento de la complejidad, los requerimientos energéticos y el tamaño de las unidades que lo forman.

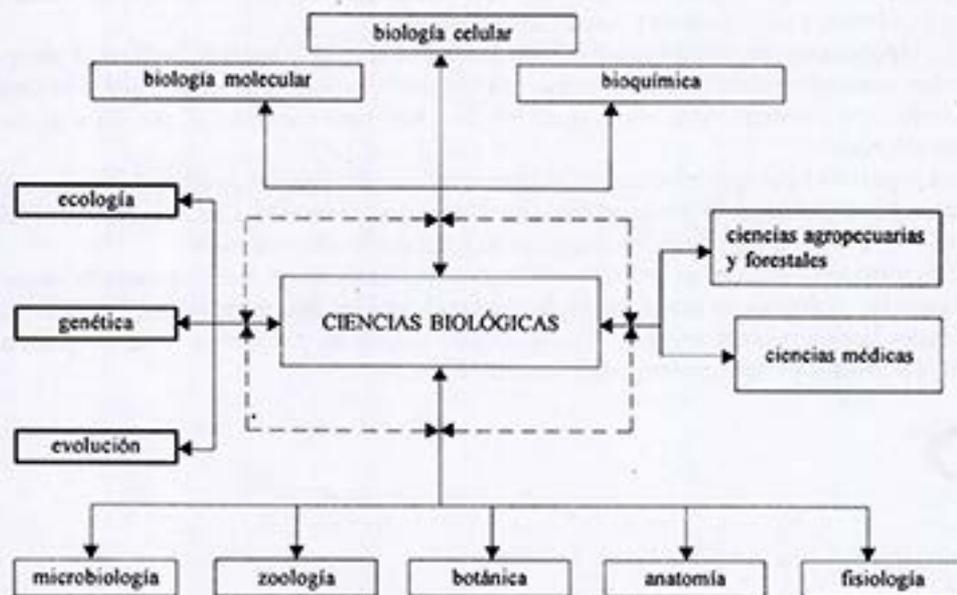


Fig. 3 Relación entre las diferentes ciencias biológicas.

La Biología 5 como asignatura

Con esta asignatura culmina el estudio de la biología que se inició desde el séptimo grado. Aunque la hemos denominado con un solo nombre, debemos recordar que está constituida por los conocimientos que aportan diferentes ciencias biológicas (fig. 3).

Las ciencias biológicas contribuyen a la comprensión de la unidad y la diversidad de estructuras y funciones de los integrantes de cada nivel biótico, así como de su desarrollo y relaciones con el medio ambiente. Estos conocimientos tienen que ver en gran medida con muchas de estas ciencias, y nos permiten encontrar respuestas a interrogantes tales como: ¿qué es un organismo y en qué se diferencia de la materia no viva?; ¿por qué la célula es la unidad viva más pequeña de los organismos?; ¿por qué el hombre es un organismo de gran complejidad?

Esta asignatura nos permitirá profundizar en el estudio de los niveles de organización de la materia viva, fundamentalmente en los de **población, comunidad y biosfera** (ver figura 1).

En este libro estudiaremos contenidos sobre ecología, genética y evolución, analizando las leyes propias de la población, la comunidad y la biosfera, vinculándolos a la célula y al organismo. Estos conocimientos permitirán responder a inquietudes tales como: ¿qué es la biosfera y cómo podemos protegerla?; ¿cuáles son las causas de la adaptación de los organismos a los cambios del medio ambiente?; ¿por qué el color de los ojos puede ser claro en uno de los hermanos y oscuro en otro, si los padres de ambos son de ojos oscuros?; ¿cómo influyen los mecanismos genéticos y la selección natural en la evolución de los sistemas vivientes?

Otro aspecto de gran interés es el relacionado con los métodos de estudio que emplearemos en la asignatura. Continuaremos utilizando la observación y la **experimentación**, tratando de redescubrir, estudiar y acercarnos a la verdad del conocimiento, tal y como lo hacen los científicos. El estudio de la biología exige la observación de los fenómenos asociados a los problemas biológicos.

Los datos obtenidos en la observación deben ser analizados e interpretados, lo que conduce, en muchos casos, a que podamos plantear una **hipótesis**.

La **hipótesis** es una posible solución que permite relacionar y explicar los hechos observados o los datos obtenidos. Nos planteamos una hipótesis, no como resultado final o la simple explicación del problema, sino como una "herramienta" para continuar el estudio o predecir nuevos resultados.

La **hipótesis** tiene que ser probada, de forma tal que obtengamos pruebas de su veracidad, ya sea mediante la búsqueda bibliográfica o mediante un experimento. Con la **experimentación** se comprueba la hipótesis; puede realizarse en el laboratorio o fuera de este.

Los métodos señalados se incluyen en el trabajo de la asignatura, que se desarrolla mediante las **clases, las prácticas de laboratorio, los seminarios y las clases prácticas**. En todas estas actividades debemos tener una activa participación individual y colectiva; solo así podremos aprender y utilizar posteriormente estos conocimientos.



Tarea

1. Lee el epígrafe anterior y explica en un párrafo qué estudiarás en Biología 5 y qué formas de trabajo utilizarás.
2. Lee la situación que se describe y los dos planteamientos que a continuación aparecen:

Situación: Los peces que se encuentran en una laguna, se alimentan de las numerosas plantas acuáticas del fondo. En este lugar también viven diversos moluscos e insectos. Sin ninguna causa evidente, todos los peces comenzaron a morir.

Planteamiento 1: La muerte de los peces puede estar provocada por el vertimiento de sustancias tóxicas en la laguna.

Planteamiento 2: No existe ninguna causa evidente que provoque la muerte de los peces en la laguna.

- a) Valora cuál de las dos afirmaciones puede considerarse una hipótesis que explique la situación expresada.
- b) ¿Cómo podrías comprobar la hipótesis?

Importancia de los conocimientos ecológicos, genéticos y evolutivos

En la figura 3 se destaca la interrelación que existe entre las diferentes ciencias biológicas. Esta relación es el reflejo del desarrollo impetuoso de la ciencia y la técnica en los últimos años, cuyos éxitos son de enorme importancia para el futuro de la humanidad; esto ha llevado a algunos científicos a plantear que "nos acercamos al siglo de la biología".

Innumerables descubrimientos afines con la biología, han aportado valiosos conocimientos que contribuyen al bienestar del hombre tanto en Cuba como en el resto del mundo. Esto se evidencia, por ejemplo, desde las primeras observaciones microscópicas de una gota de agua, realizadas en 1675 por Leeuwenhoek (1632-1723); el postulado de la teoría celular en 1839 por Schleiden (1804-1881) y Schwann (1810-1882); el descubrimiento de las leyes de Mendel acerca de la herencia, en 1865; la teoría de la selección natural de Darwin, en 1859; la teoría acerca del origen de la vida en la Tierra, de Oparin, en 1922, hasta los planteamientos acerca de la biosfera, de Vernadski, en 1924 (fig. 4).

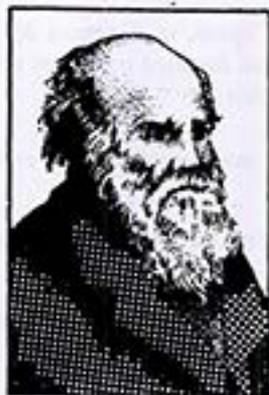
En Cuba se realizan importantes trabajos dirigidos a resolver un conjunto de problemas que son necesarios en un país socialista que, como el nuestro, pone a disposición del pueblo todos los recursos naturales.

La sociedad humana forma parte de la biosfera, y como tal su desarrollo y el de todos los organismos de la Tierra depende del adecuado equilibrio que se establece en este nivel de organización de la materia y de la relación entre los niveles contenidos en él. En el estudio de esta relación, desempeña un papel importante la ecología; su conocimiento permite comprender las relaciones que se establecen entre los organismos, de estos con el resto de los factores del medio ambiente, y cómo el hombre puede utilizar racionalmente los recursos de la naturaleza en beneficio de las presentes y las futuras generaciones.

En este sentido se han obtenido resultados alentadores en la utilización de métodos para controlar plagas de insectos que atacan a diferentes cultivos. De esta manera, el conocimiento del tipo de alimentación o las características del medio ambiente, permite perfeccionar la cría de peces de agua dulce tales como la carpa y la tilapia, que constituyen nuevas fuentes de alimentación para el pueblo.

Los conocimientos ecológicos contribuyen también a que se puedan preservar especies en peligro de extinción o las zonas en las que estas se desarrollan; tal es el caso, en Cuba, de la palma corcho y el carpintero real.

Son innumerables las investigaciones relacionadas con la genética, ciencia que estudia los fenómenos relativos a la herencia y la variación, así como la importancia de su aplicación por el hombre.



Charles Darwin (1809-1882)



Gregorio Mendel (1822-1884)



Alexander I. Oparin (1897-1980)



V.I. Vernadski (1863-1945)

Fig. 4 Diferentes científicos que han realizado importantes aportes a la genética, la evolución y la ecología.

Actualmente se hacen esfuerzos por mantener programas de mejoramiento genético, con el propósito de obtener razas de ganado más productoras de leche o aves más productoras de huevos. También se realizan trabajos dirigidos a la obtención de nuevas variedades de plantas, más productivas o resistentes a enfermedades.

De igual forma, con técnicas biotecnológicas se pueden obtener diversos productos necesarios en la medicina. Cuba cuenta hoy día con los recursos humanos necesarios para, en pocos años, obtener logros importantes en este sentido, que se sumarán a los ya alcanzados hasta el momento.

Los descubrimientos acerca del origen y desarrollo del mundo orgánico, permiten refutar las tendencias no científicas que aún se sustentan por parte de algunas personas y determinados regímenes sociales.

La forma en que surgen nuevas especies, la adaptación de los organismos en las poblaciones y los cambios ocurridos en estos a lo largo de muchas generaciones, son algunos de los importantes conocimientos que aporta la evolución.

En los capítulos que estudiaremos a continuación se podrá profundizar en lo tratado en estos epígrafes, debiéndose tener siempre presente que el empeño que pongamos en el estudio de la

asignatura, junto al del resto de las materias es lo que permitirá prepararnos mejor para contribuir a que en los próximos años "seamos un país de productores, un país de hombres de ciencia".



Tarea

1. Localiza otros datos acerca de los científicos que aparecen en la figura 4, y elabora una pequeña síntesis biográfica de uno de ellos, la cual utilizaremos en próximas unidades.
2. Busca información en revistas, periódicos u otras fuentes, acerca de los trabajos científicos que actualmente se realizan en el campo de la genética, la ecología y la evolución. Prepara por equipos un fichero que podrás ubicar en el Área de biología.



Importancia de los conocimientos ecológicos, genéticos y evolutivos

Introducción

Esta clase práctica constituye la primera de la asignatura, por lo que en ella deberás apropiarte no solo del contenido concreto, sino también de las características de esta forma de trabajo.

Mediante esta actividad conocerás algunos aspectos de la importancia que tienen para el hombre los conocimientos de diferentes ciencias, tales como la ecología, la genética y la evolución. Debes recordar las formas para procesar la información y elaborar fichas de contenido.

Objetivos

- Ejemplificar la importancia de los conocimientos ecológicos, genéticos y evolutivos.
- Confeccionar fichas de contenido.

Bibliografía

Libro de texto.

Orientaciones para el estudio

Antes de comenzar a estudiar, debes leer de forma general todas las orientaciones de esta clase práctica, esto te será de gran utilidad en el trabajo.

1. Consulta en la "Introducción" y el "Vocabulario", el objeto de estudio de la ecología, la genética y la evolución.
2. Confecciona, por separado, con cada información obtenida, una ficha de contenido. En las fichas de contenido se recoge un resumen del tema objeto de estudio. Recuerda que existen muchas formas de confeccionarlas. A continuación mostraremos una de ellas:

El título del contenido de que se trate se ubica en el extremo superior derecho.

El nombre del autor, comenzando por el apellido, se escribe en el extremo superior izquierdo.

El contenido se coloca en el interior de la ficha. Si se toma textualmente, se entrecomilla.

Otros datos del libro se pueden situar al final: título, editorial, país y año.

Generalmente, las fichas se confeccionan en rectángulos de cartulina o papel.

3. Lee el epígrafe "Importancia de los conocimientos ecológicos, genéticos y evolutivos".
4. Elabora un resumen de lo leído, en el que expreses la importancia de estos conocimientos para el hombre, así como ejemplos relacionados con el tema.

Recuerda que para confeccionar un resumen, debes:

Previamente realizar una lectura general del material y después por partes.

Determinar lo fundamental y lo secundario, teniendo presente, en este caso, el primer objetivo de la clase práctica.

Escribir el título del trabajo.

Exponer las ideas de forma ordenada, en párrafos, teniendo en cuenta lo fundamental. Si es necesario, hacer cuadros, tablas o gráficos.

Concluir, de ser posible, mediante una valoración sobre lo leído.

Actividades

1. ¿Cuál es el objeto de estudio de la ecología, la genética y la evolución?
2. Valora las fichas de contenido elaboradas por tus compañeros de equipo.
3. Analiza y valora colectivamente, el resumen que elaboraste acerca de la importancia de los conocimientos ecológicos, genéticos y evolutivos.
4. Lee y analiza algunas de las informaciones que encontraste en la prensa o mediante otras vías, que te permitan ejemplificar la importancia de la ecología, la genética y la evolución.

LOS ORGANISMOS Y SUS RELACIONES CON EL MEDIO AMBIENTE

Ya conocemos que los organismos que tienen características semejantes, se cruzan entre sí y tienen descendencia, constituyen especies, y estas forman parte de la biosfera. En esta última se manifiesta la dinámica de las relaciones entre los organismos, tanto en las poblaciones como en las comunidades, en un constante intercambio de sustancias, energía e información con el medio ambiente. En la biosfera operan mecanismos reguladores en los diferentes niveles, que influyen en la homeostasia de los organismos, lo cual permite su adaptación a las condiciones variables del medio ambiente. Esto influye en el equilibrio general de la biosfera, donde el hombre constituye un factor importante en su mantenimiento, transformación y protección.

¿Cómo podemos conocer el funcionamiento de este complejo sistema en la Naturaleza?

¿Qué hay más allá del paisaje en un bosque, en una laguna o en la costa?

Descubramos en este capítulo, una nueva forma de reflexionar acerca de esto; adentrémonos en el conocimiento de la Naturaleza en acción mediante el estudio de la *ecología*, *ciencia que estudia la estructura y el funcionamiento de la Naturaleza y delimita su campo a los niveles más complejos de organización de la materia viva: la población, la comunidad y la biosfera, en estrecha relación con los niveles precedentes.*

El hecho de iniciar este capítulo por el estudio de la biosfera y el ecosistema, nos dará una visión integradora de la Naturaleza, de su estructura y funcionamiento, y nos ayudará a comprender mejor sus componentes vivos, es decir, las poblaciones y las comunidades.

Biosfera. Factores del medio ambiente que influyen en la vida de los organismos

La envoltura geográfica de nuestro planeta está constituida por diferentes esferas. En este caso nos interesa el estudio de una de ellas, la *biosfera*, que es *la parte de la corteza terrestre en la que se manifiesta la vida, y está compuesta por todos los organismos en estrecha relación entre sí y con los factores abióticos* (fig. 5).

En la biosfera, cada organismo que existe influye, directa o indirectamente, en la vida de otros. Nosotros formamos parte de este sistema, pues nos relacionamos con el resto de los seres humanos; pero, además, lo hacemos con las plantas, los animales y otros organismos de los cuales, generalmente, obtenemos beneficios.

Durante el proceso evolutivo, en los organismos se establece una correspondencia de su estructura y función con las condiciones del medio ambiente, lo cual les posibilita sobrevivir y reproducirse. A esto se le denomina adaptación.

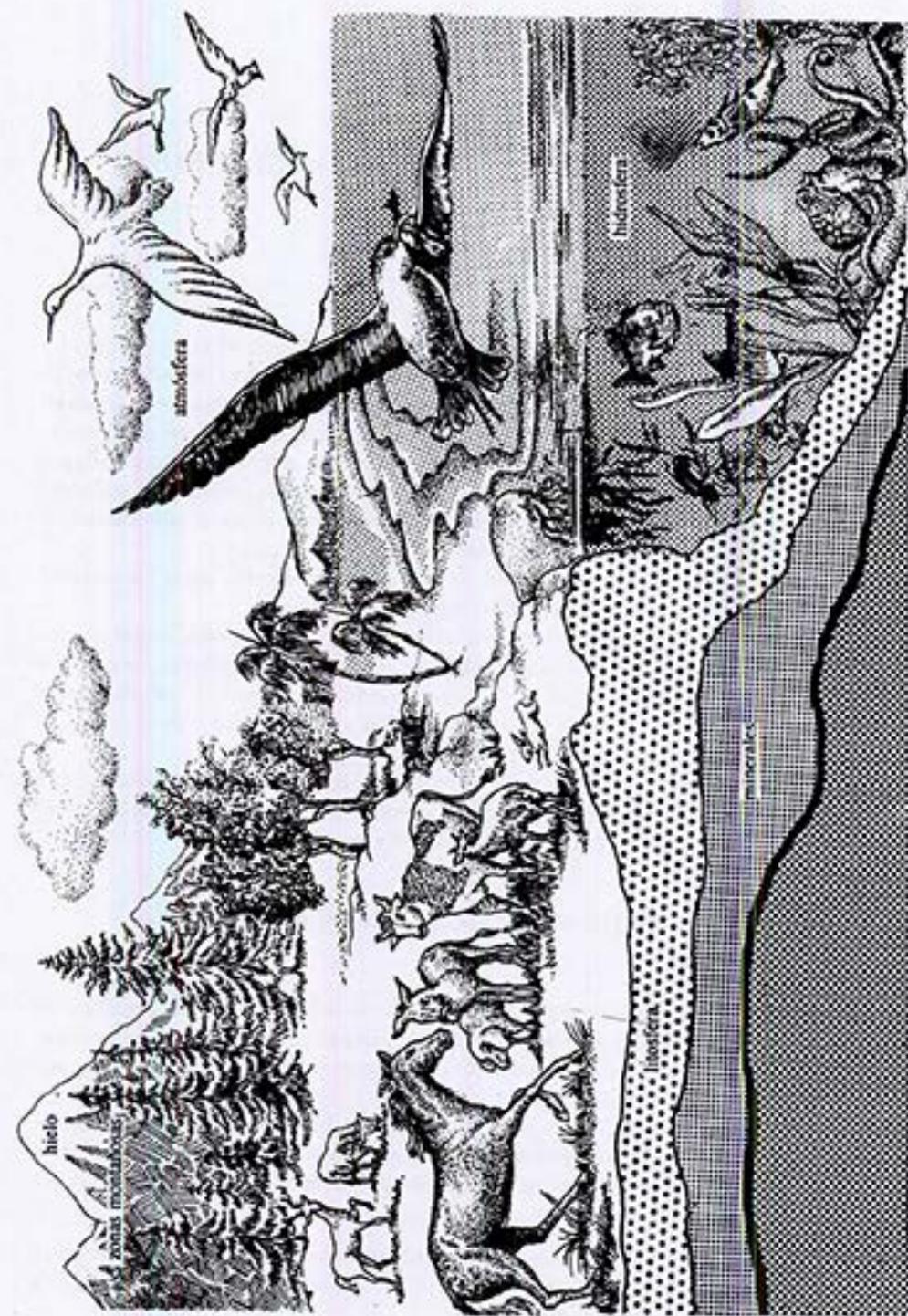


Fig. 5 La biosfera se extiende sobre la superficie de la Tierra desde la zona más baja de la atmósfera, las montañas más altas, hasta las zonas más profundas de los mares.



Fig. 6 Esquema que representa las características del medio ambiente.

La adaptación no tiene lugar solamente a nivel de organismo, sino que también ocurre a nivel de poblaciones. Este fenómeno se manifiesta, por ejemplo, en los espinosos cactus, que pueden resistir la sequedad del desierto; en los frutos de la planta de guizajo de caballo, que tienen abundantes y finas prolongaciones mediante las cuales se dispersan, adheridas a los pelos de los mamíferos; en la forma fusiforme y los miembros anteriores transformados en aletas del manatí, mamífero adaptado a la vida acuática; en los animales con gruesa piel y pelaje que viven en las bajas temperaturas de las zonas árticas; y en los árboles de hojas anchas en los bosques húmedos, en los cuales esta adaptación permite una mayor superficie de transpiración en un lugar donde la humedad es muy alta.

Estas adaptaciones surgen como resultado del proceso evolutivo, posibilitando la diversidad de los organismos y que estos se encuentren en los distintos medios ambientes.

¿Y qué es el medio ambiente?

El medio ambiente es todo lo que rodea al organismo e influye en él, y está compuesto por factores abióticos, bióticos y toda la actividad social del hombre (fig. 6).

Entre los **factores abióticos** se encuentran: el suelo, la luz, el agua, el aire, la temperatura, las precipitaciones, el viento, la humedad del aire, la presión atmosférica, el ruido, las radiaciones, entre otros.

Como **factores bióticos** con respecto a un determinado organismo, consideramos otros miembros de la misma especie y organismos de otras especies que influyen de alguna manera en su desarrollo individual.

Como ejemplo de **factor social** podemos mencionar el control que el hombre realiza de determinados insectos que constituyen plagas y, en muchos casos, son vectores de enfermedades que afectan a la economía, entre otros.

¿Cómo influyen estos factores en la vida de los organismos? En primer lugar analizaremos la influencia de los factores abióticos.

La **luz solar** es la principal fuente de energía de todos los sistemas vivientes. Los efectos ecológicos de este factor se relacionan fundamentalmente con su intensidad y duración.

La intensidad de la luz influye directamente en la abundancia y la distribución de los organismos. Esto se evidencia, por ejemplo, en los bosques tropicales, donde se produce una gran actividad fotosintética y las plantas son abundantes. Lo mismo sucede con las algas en los mares tropicales, donde estas son muy numerosas y diversas.

La duración del período de iluminación también tiene efectos ecológicos sobre los organismos. Tenemos, por ejemplo, algunas plantas que florecen solo cuando la duración del día es más corta y, otras, cuando el período de iluminación es mayor. En algunos animales este efecto desencadena las migraciones.

SABÍAS QUE...

Según investigaciones realizadas, la causa principal de las migraciones de las aves son las variaciones en la duración de la parte iluminada del día. Esto determina la migración de las especies hacia el sur, cuando finaliza la estación de cría, lo que se corresponde con el inicio del invierno.

En algunos organismos, la luz tiene un efecto de orientación. Por ejemplo, numerosos insectos tales como las mariposas nocturnas, son atraídos por este estímulo, y otros, como las cucarachas, huyen de él.

También conocemos que las plantas se inclinan en dirección a la luz (fig. 7).

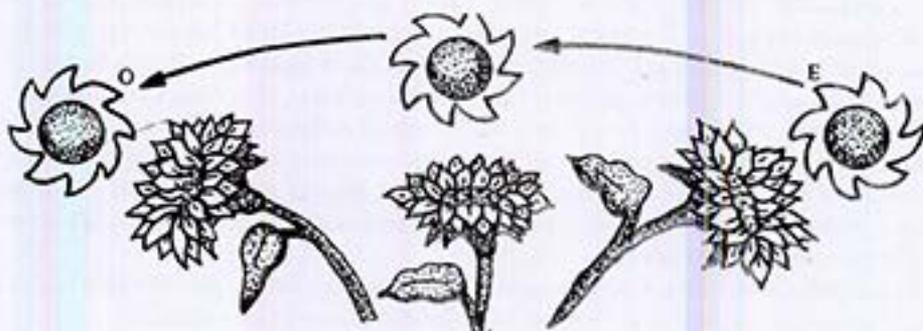


Fig. 7 Inclinación de las plantas en dirección a la luz.

La temperatura es consecuencia directa de la intensidad de la energía solar que recibe una determinada zona de la Tierra. Esta constituye un importante factor que influye notablemente en la vida de los organismos, pues acelera o retarda los procesos metabólicos que en ellos ocurren, como, por ejemplo, la fotosíntesis y la respiración. Además, limita las zonas donde estos pueden sobrevivir, condicionando, de hecho, su número y distribución en las diferentes zonas climáticas enmarcadas en las distintas latitudes.

En general, los organismos poseen adaptaciones a las variaciones de la temperatura en el medio ambiente. Por ejemplo, las plantas de las regiones muy frías sobreviven, ya que ellas presentan adaptaciones que evitan la congelación del agua en el interior de sus células, donde esta pasa a un estado coloidal que tiene un punto de congelación más bajo. Otra adaptación es la reducción del agua en los tejidos, gracias a lo cual las semillas y las esporas no se congelan.

SABÍAS QUE...

Las plantas perennes de las zonas templadas resisten temperaturas de -20°C y, los huevos del erizo de mar, de hasta -30°C . Por otra parte, ciertas algas verde-azules y bacterias de aguas termales, toleran temperaturas entre 80 y 88°C .

En los animales también se han desarrollado adaptaciones ante la influencia de este factor. Por ejemplo, algunos organismos de temperatura variable, como los celenterados y los reptiles,

tienen pigmentos que absorben las radiaciones solares y regulan su temperatura al variar su exposición al Sol. En los animales que presentan temperatura constante, como los mamíferos, una adaptación muy conocida es el estado de letargo que se produce, por ejemplo, en los osos durante el invierno, debido a la reducción de la actividad metabólica.

SABÍAS QUE...

La amura, pez oriundo del río Amur, en Asia, alcanza su madurez sexual a los tres años de vida, pero al cultivarse en las cálidas aguas de nuestro país, lo alcanza al año y medio de nacido, aunque con una diferencia: tienen menor tamaño y peso que en su lugar de origen.

El agua es uno de los compuestos químicos más abundantes en la biosfera. Es esencial en la vida de todos los organismos, pues forma parte de la constitución de sus cuerpos, interviene en las reacciones metabólicas y en el transporte de sustancias nutritivas y actúa como agente regulador de la temperatura, entre otras funciones. De ella depende la vida de los organismos y, de hecho, su número, variedad y distribución.

En el medio ambiente acuático habitan organismos que tienen adaptaciones que permiten el mantenimiento de la homeostasia en relación con la concentración de sales del medio externo. Estas adaptaciones varían en dependencia de que sean organismos de agua salada o salobre.

SABÍAS QUE...

En peces cartilagosos como el tiburón, se han desarrollado adaptaciones como la retención de un alto contenido de urea en sangre; esto les permite vivir en aguas con un alto contenido de sales y evitar la pérdida de agua del interior del organismo.

En los organismos que viven en el medio ambiente terrestre también se han desarrollado adaptaciones que conservan el agua en el interior de su cuerpo. Por ejemplo, las células del tejido protector de las plantas (excepto las de las raíces) se impregnan en cutina o suberina, y esto las hace impermeables. En los animales, este tejido puede presentar pelos, plumas o escamas.

En la Naturaleza ocurre constantemente la evaporación del agua, por ejemplo, en las plantas al transpirar, en las superficies líquidas y en el suelo; en estos casos, el agua, en forma de vapor, pasa a formar parte del aire y constituye lo que llamamos humedad del aire. Este factor influye en la regulación de la pérdida de agua en los organismos, en los cuales se han desarrollado adaptaciones que permiten contrarrestar este efecto.

Por ejemplo, las plantas que viven en las zonas áridas, donde el aire es seco y la humedad es muy baja, tienen espinas u hojas muy pequeñas, raíces largas y troncos generalmente carnosos, y los animales de esta zona presentan, en muchos casos, escamas protectoras. Sin embargo, en las zonas de bosques, donde la humedad del aire es alta, las plantas tienen gran cantidad de hojas, superficies amplias y abundantes estomas.

Las precipitaciones en la Naturaleza tienen un efecto esencial, pues se relacionan con la humedad del suelo. Cuando llueve, parte del agua se infiltra y parte queda retenida por la capa vegetal, lo cual influye en el balance hídrico y el desarrollo de las plantas y demás organismos que en el suelo habitan.

El hombre, por la importancia que tiene el agua en la Naturaleza, debe preservarla, mediante su uso racional construyendo presas, embalses y evitando su contaminación.

El aire forma parte de la atmósfera, que es la esfera gaseosa que envuelve a la Tierra. El valor de este factor en la vida de los organismos es esencial, ya que el oxígeno que forma parte

del aire es indispensable en la respiración de la mayoría de ellos; de igual forma, el dióxido de carbono es fundamental en la fotosíntesis de las plantas, y el vapor de agua conserva el calor y la humedad del medio ambiente.

SABÍAS QUE...

A medida que aumenta la altura, disminuye la presión atmosférica y el aire se enrarece, pues tiene menor concentración de oxígeno. Esto trae como consecuencia alteraciones fisiológicas en el hombre que asciende a las grandes montañas.

El aire arrastra, en su movimiento, el polen de muchas plantas, lo que posibilita la fecundación de las flores. También lleva a lugares distantes, semillas y esporas de algunas especies. Asimismo, el viento influye en el incremento de la evaporación en los organismos, por lo que las corrientes de aire aumentan la acumulación de vapor de agua en la atmósfera y, como consecuencia, las precipitaciones. El aire es también el medio en el que se desplazan insectos voladores, aves y algunos mamíferos.

En la actualidad, el desarrollo industrial alcanzado no ha estado al mismo nivel que la protección del medio ambiente. Así vemos cómo el crecimiento exagerado del transporte automotor, el humo de los hornos y la deforestación de las selvas tropicales, han aumentado la contamina

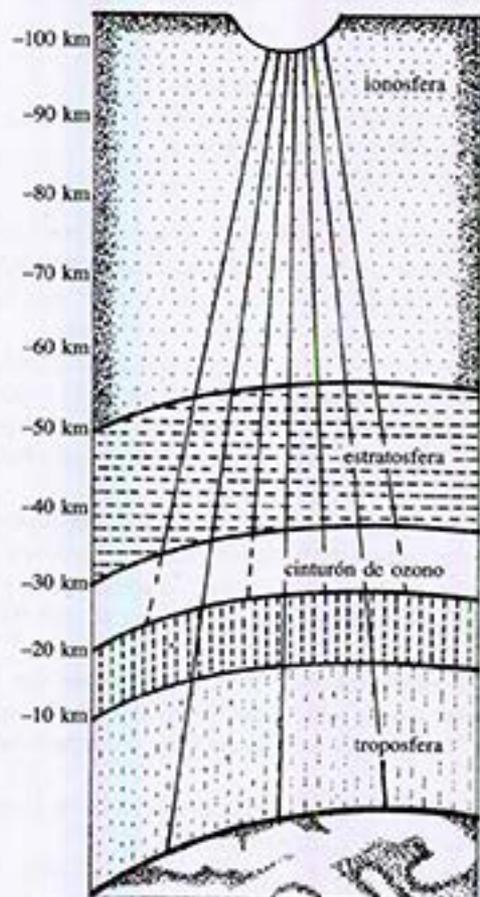


Fig. 8 El deterioro de la capa de ozono por los agentes contaminantes, representa un peligro para el mantenimiento de la vida.

ción del aire con CO₂ y gases nocivos que influyen en el ascenso total de la temperatura del planeta. Esto altera el funcionamiento de los organismos, el régimen de precipitaciones, ocasionando sequías o intensas lluvias, así como el deterioro y la apertura de la capa de ozono, lo cual representa un peligro para el mantenimiento de la vida (fig. 8).

SABÍAS QUE...

La acumulación de residuales químicos (óxidos de N y S) en la atmósfera, provoca las llamadas "lluvias ácidas" que ocasionan la infertilidad de los suelos, su deterioro y la destrucción de los bosques y su fauna (fig. 9).

Existen determinados territorios, por ejemplo, las ciudades de Los Ángeles, New York, Tokio y Londres, entre otras, donde se forma el llamado smog, que no es más que una mezcla de polvo tecnógeno, humo, vapores de gasolina, óxido de carbono y otras sustancias.

Por otra parte, el smog reduce la radiación solar en las ciudades entre un 30 y un 40 % e impide casi totalmente la entrada de los rayos ultravioletas que, en cierta cantidad, contribuyen a la purificación de la atmósfera.

El suelo es la capa de la litosfera donde se desarrolla la vida. Sirve de protección y sostén a los organismos, y también es un factor que limita su número, diversidad y distribución en las diferentes zonas.

Por ejemplo, en los suelos arenosos que no retienen bien el agua y donde la humedad es escasa, no todos los organismos pueden sobrevivir, y en los que allí se encuentran, se han desarrollado adaptaciones que hacen posible su vida en estas condiciones. Así tenemos el caso de las plantas, las cuales presentan un sistema de raíces largas y profundas con las que absorben el agua de las capas profundas del suelo, y algunos animales que sobreviven enterrados en la arena.

En los suelos arcillosos, por ser impermeables, el agua es retenida en la capa superficial; en dichos suelos, en las plantas, por ejemplo, se han desarrollado raíces cortas, lo que evidencia su adaptación a la vida en estas condiciones.

Cuando el suelo es fértil y tiene los nutrientes necesarios, la situación es diferente, pues se observa una gran abundancia y diversidad de organismos distribuidos por toda el área.

SABÍAS QUE...

En condiciones naturales, la formación de la capa vegetal del suelo, con un espesor de 20 a 30 cm, demora de 2 000 a 3 000 años; la erosión acelerada puede destruirla en un período de 20 a 30 años, o en menos tiempo.

Sobre los suelos actúan diferentes procesos, por ejemplo, la erosión provocada por la pérdida de la capa vegetal o la salinización en los suelos que tienen poco drenaje. En estos últimos, parte del agua que es retenida en la superficie, se evapora por el Sol, quedando depositadas grandes cantidades de sales en la capa superficial que la hacen improductiva y afectan el desarrollo de las plantas y otros organismos. Como consecuencia de diferentes factores, tales como la sobreexplotación de la tierra, la sequía, la tala de los bosques y el pastoreo intensivo, en algunos lugares se han iniciado procesos de desertificación que es necesario atender, pues no solo afectan a los organismos, sino que destruyen este recurso tan valioso para el hombre.

En la actualidad son muy numerosas las actividades que el hombre puede realizar para aprovechar y conservar adecuadamente los suelos. La acción de dichas actividades debe ir encaminada a la elevación de su fertilidad mediante el empleo racional de abonos, la desecación o

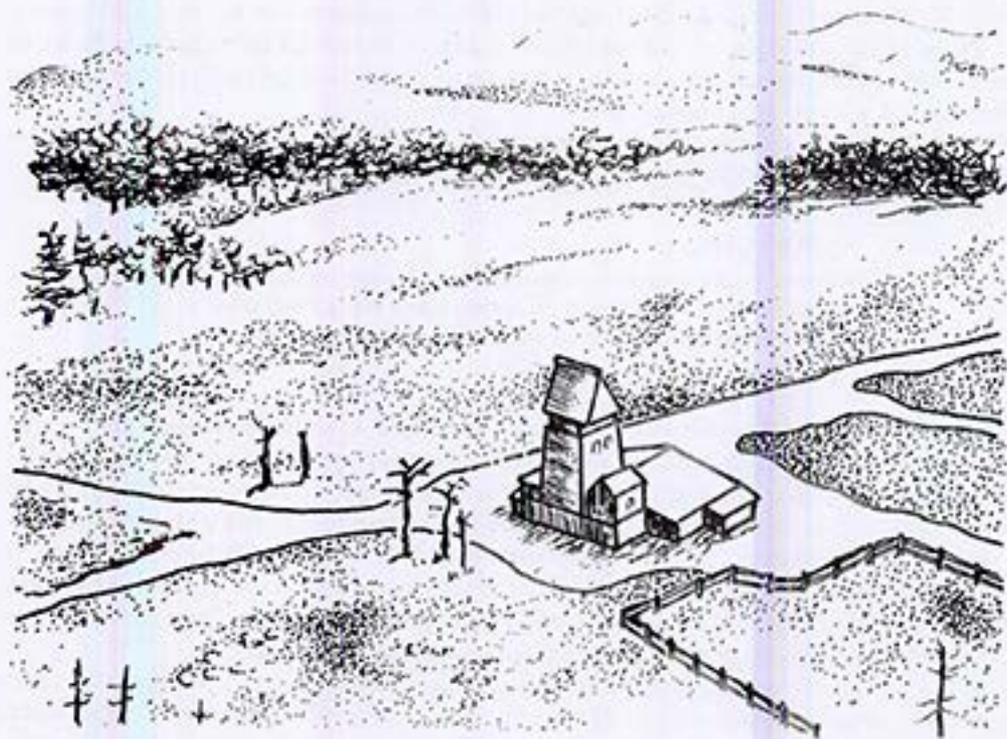
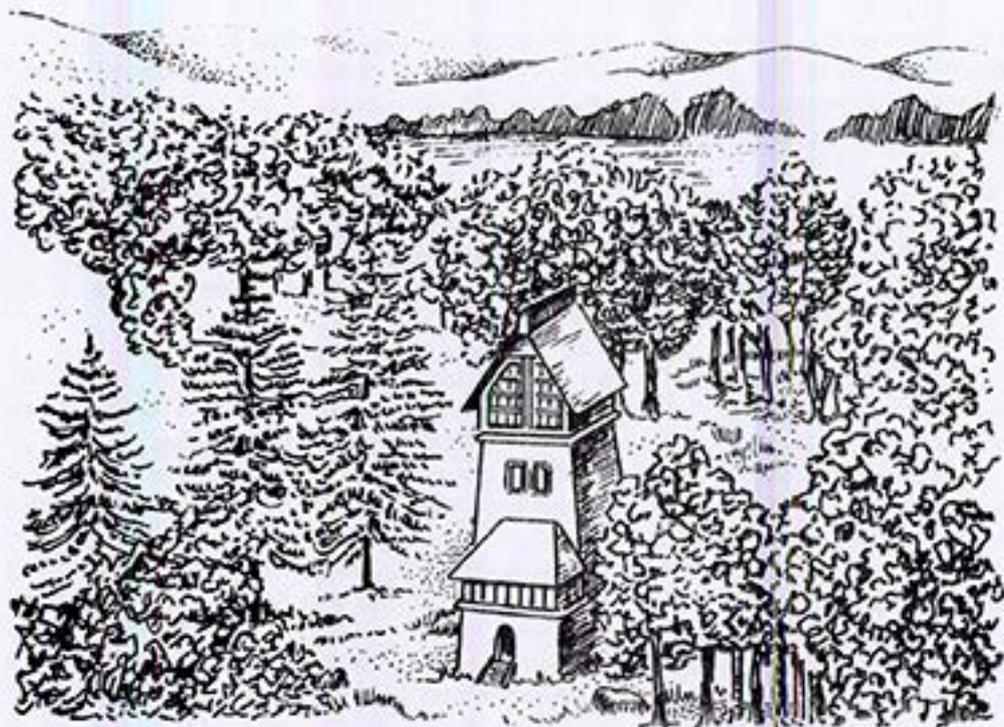


Fig. 9 Lluvia àcida.

irrigación, según el caso, la protección contra la erosión, la contaminación y la regulación del pastoreo, entre otras.

Hemos analizado la influencia de diferentes factores abióticos en la vida de los organismos. Pero, ¿cómo influyen los factores bióticos?

Los organismos interactúan entre sí y con el medio ambiente, lo cual les permite obtener las sustancias indispensables en el mantenimiento de la vida, así como también devolver a este último oxígeno, dióxido de carbono y otras sustancias, como resultado de su funcionamiento. En este sentido, precisamente, en la actualidad se observa un desequilibrio en la producción y consumo de O_2 y CO_2 de la atmósfera, el cual, según los especialistas, será crítico alrededor del año 2050.

El estudio de la influencia de los distintos factores bióticos y abióticos en la vida de los organismos, nos ha permitido comprender que la Naturaleza tiene sus propios mecanismos reguladores: disminución de una función en un momento dado, equilibrio en otras funciones, en definitiva, acciones y reacciones entre los organismos y el medio ambiente que regulan las oscilaciones de la biosfera e influyen en la diversidad y la distribución de sus integrantes.

Resulta interesante detenemos a analizar cómo la misma dinámica de la vida a veces nos hace ver como un hecho natural, el que el contenido de dióxido de carbono del aire permanezca constante, sin darnos cuenta de que es realmente la interacción de los organismos y el medio ambiente lo que lo mantiene y regula, a pesar de las fluctuaciones que tienen lugar en él.

Todo esto nos da el fundamento de por qué son características de un lugar una flora y fauna específicas; por qué en un lugar los organismos son más abundantes que en otros; por qué, ante los cambios, también pueden manifestar variaciones en su conducta, y por qué, si afectamos y no protegemos el medio ambiente, pueden manifestarse problemas ecológicos que afecten a los organismos.



Tarea

1. Define con tus palabras qué es la biosfera.
2. Elabora una ficha de contenido con el concepto adaptación y analiza las características de este.
3. "Como resultado del proceso evolutivo, el pájaro carpintero presenta un pico alargado que le permite alimentarse de pequeñas larvas de insectos que viven en los troncos de los árboles." ¿Qué fenómeno se pone de manifiesto? Explica tu respuesta.
4. Analiza el esquema de la figura 6 y explica las características del medio ambiente.
5. Resume mediante una llave los factores abióticos, bióticos y sociales del medio ambiente.
6. Teniendo en cuenta el factor abiótico temperatura, responde:
 - a) ¿qué efectos ejerce la temperatura sobre los organismos vivos? Ejemplifica;
 - b) interpreta la gráfica de la figura 10 y explícala.
7. Localiza en el epígrafe lo que se plantea acerca del factor abiótico agua y analiza el aspecto relativo a la humedad del aire. Sobre esta base, interpreta en la gráfica de la figura 11 la relación que existe entre la humedad del aire y la densidad del follaje de las plantas. Fundamenta esta relación.
8. Menciona algunas medidas que el hombre puede aplicar para evitar los efectos perjudiciales de la contaminación ambiental y proteger los recursos naturales.

días	temperaturas			
	10,5 °C	11,5 °C	13 °C	15,6 °C
1				
9				 
11				
13			 	
15				
16				
19	 	 		
23				
25				
29				
41				

Fig. 10

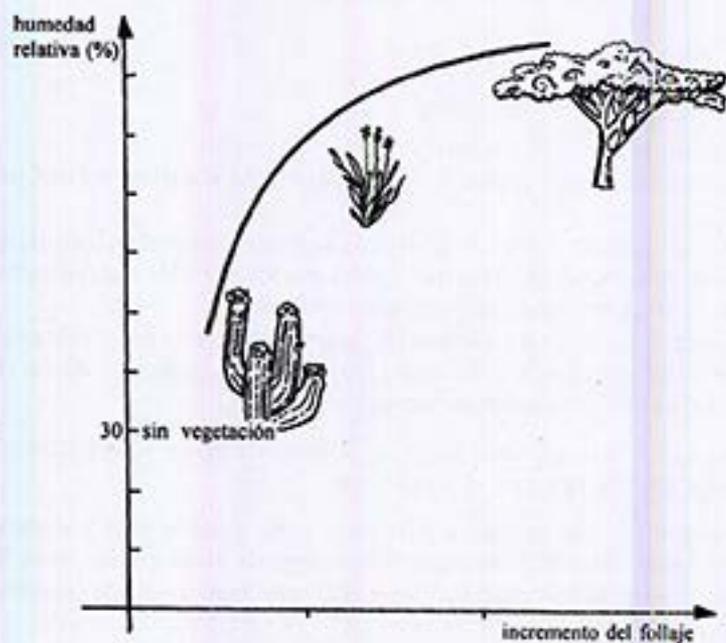


Fig. 11

El hábitat y el nicho ecológico como parte de las relaciones de los organismos en el medio ambiente

En los distintos medios ambientes que forman parte de la biosfera, encontramos diferentes hábitats. *El hábitat es el lugar que reúne un conjunto de condiciones ambientales específicas en las que una especie puede vivir y desarrollarse.*

Un ejemplo de esto lo tenemos en los matorrales de las regiones secas del extremo oriental de Cuba, donde el hábitat de los moluscos conocidos como Polymitas, es solamente en los arbustos que forman dicho matorral. En ellos, estos moluscos encuentran condiciones favorables de alimento, protección y temperatura, entre otras, que les permiten desarrollarse y reproducirse adecuadamente. La destrucción de su hábitat natural y su captura irracional han provocado que en estos momentos las Polymitas se encuentren en peligro de extinción. Esto resulta peligroso, pues su desaparición puede influir en las poblaciones del gavián caguareño que se alimenta fundamentalmente de estos moluscos. Otro ejemplo de hábitat puede ser un bosque o el interior de la panza de los rumiantes, donde viven bacterias y protistas.

Las funciones que realiza cada especie en su hábitat, es su nicho ecológico, por ejemplo, la búsqueda de alimento o refugio, servir de sostén a otras especies, devorar a unas y ser devoradas por otras, reproducirse, entre otras.

Un ejemplo muy curioso se presenta en nuestros manglares. En ellos, la planta de mangle rojo sirve de alimento, sostén y protección a innumerables especies de algas, peces, aves (como el canario de manglar), jufías y otros organismos tales como el ostión de mangle. El nicho ecológico de esta última especie consiste en filtrar el agua y alimentarse de los organismos que forman el plancton; pero, a su vez, el ostión es comido por las estrellas de mar.

Como podemos apreciar, conocer qué es el hábitat y el nicho ecológico nos ayuda a la comprensión de todas las interacciones entre los organismos y de estos con el medio ambiente, lo cual estudiaremos a partir del próximo epígrafe, al adentrarnos en el ecosistema y su dinámica.



Tarea

1. Define qué es el hábitat y el nicho ecológico.
2. En las situaciones siguientes, identifica el hábitat y el nicho ecológico de los diferentes organismos:

"En la orilla de un río viven dos especies de insectos acuáticos. La especie A es muy voraz y se alimenta de animales pequeños; la especie B se alimenta de materia orgánica en descomposición."

"Los pozos formados en las zonas costeras, influidos por las mareas, tienen una gran variedad de organismos: estrellas de mar, anémonas y algas marinas. Las algas elaboran sus propios alimentos y sirven de fuente de alimentación a pequeños animales. Estos, a su vez, constituyen el alimento de anémonas y las estrellas de mar."



Fig. 12. Los distintos ecosistemas en nuestro planeta están relacionados entre sí. Se observa cómo no es posible establecer límites exactos entre el mar y la laguna, porque numerosos organismos viajan periódicamente de un lugar a otro y la vegetación no cambia bruscamente al pasar de un sitio a otro

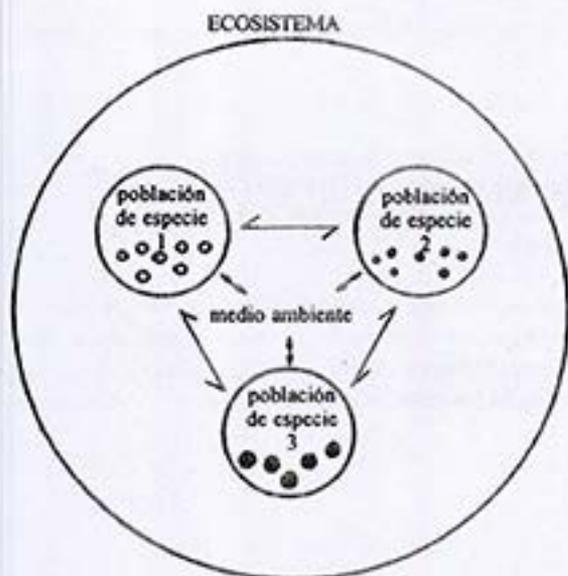


Fig. 13 Esquema que representa las características del ecosistema.

El ecosistema. Su dinámica

Si observamos la figura 12, podremos apreciar que la biosfera no es una continuación arbitraria de organismos y medio ambiente, sino que en ella existen discontinuidades. El fondo marino de la playa, su costa arenosa, el bosque que apreciamos a continuación, la laguna en medio de ese bosque o las altas montañas, nos permiten darnos cuenta de que en ellas *las poblaciones de organismos de diferentes especies interactúan entre sí y con los factores abióticos del medio ambiente donde estos se encuentran, y constituyen una unidad, el ecosistema* (fig. 13).

Cada ecosistema funciona como una unidad ecológica integral y armónica con sus características propias, donde la parte viva que lo constituye, es decir, las comunidades formadas por las poblaciones de las diferentes especies, realizan todas las funciones inherentes a la vida e intercambian sustancias, energía e información con el medio ambiente, con el cual establecen relaciones de dependencia.

Para que exista todo este movimiento en el ecosistema, se necesita energía. ¿De dónde proviene la energía del ecosistema? Proviene principalmente del Sol, es energía solar que se transforma en energía química y fluye de un organismo a otro en una sola dirección, y de la cual una parte se disipa en forma de calor, que es absorbido por la atmósfera.

Dentro del ecosistema, las sustancias que provienen del funcionamiento e intercambio de los organismos, así como de la descomposición de estos al morir, no fluyen, sino que realizan un ciclo, es decir, pasan de unos a otros y de estos al medio ambiente, para volver nuevamente a los primeros y comenzar de nuevo el ciclo, o sea, no se pierden.

Los límites y las dimensiones de los distintos ecosistemas que existen, son relativos; es fácil distinguirlos, por ejemplo, entre el suelo arenoso de un ecosistema de playa y el suelo relativamente fértil de una sabana, pero no así entre la sabana y un bosque, donde el suelo y otros factores que determinan sus límites, cambian gradualmente. En este segundo ejemplo, al pasar de un ecosistema a otro la vegetación y las condiciones ambientales no cambian abruptamente, notándose una zona de transición entre ellas, que tiene características intermedias y las delimita. En esta zona, generalmente encontramos abundantes y variadas especies que hallan condiciones favorables para su desarrollo, por tener características de dos ecosistemas diferentes.

En la Naturaleza se presentan ecosistemas pequeños dentro de grandes ecosistemas, como se puede apreciar en la figura 14.

SABÍAS QUE...

El curujey, planta muy abundante en nuestros bosques, constituye un ecosistema en sí mismo, pues la disposición de sus hojas permite que sean reservorios de agua y de un sinnúmero de organismos que viven en estrecha dependencia.

Como vemos, los ecosistemas que integran la Naturaleza son muy diversos, y entre ellos se establecen relaciones, pues continuamente los organismos se trasladan de un ecosistema a otro. Tenemos, por ejemplo, aves que, como el sinsonte, buscan su alimento en la sabana, pero anidan en la zona de bosque. De esta manera se interrelacionan los ecosistemas, y en conjunto forman la biosfera (fig. 15).



Tarea

1. Representa mediante un esquema las características del ecosistema.
2. ¿Por qué el ecosistema funciona como una unidad ecológica con sus características propias?
3. Ejemplifica diferentes ecosistemas que conozcas.

Cadenas de alimentación y flujo de energía

Al inicio de este capítulo planteamos una interrogante: ¿cómo funcionan los ecosistemas en la Naturaleza?

Sabemos que en todo ecosistema se establecen relaciones, que todas estas relaciones requieren energía y que esta última proviene fundamentalmente del Sol, como base de su funcionamiento.

Si analizamos esta dinámica en un ecosistema de Cuba, como la sabana (fig. 16), vemos que la energía solar es captada por las plantas verdes, como las gramíneas que realizan la fotosíntesis y sintetizan sus propios alimentos; por ello son consideradas organismos **productores**.

Sin embargo, otros organismos, entre ellos, los animales, no presentan clorofila ni realizan fotosíntesis. Entonces, ¿cómo obtienen las sustancias y la energía que necesitan? Las obtienen alimentándose directa o indirectamente de las plantas, pues viven a expensas de los productores y, por esto, se les conoce como organismos **consumidores**.

Los consumidores, a su vez, en dependencia de su grado de relación con los productores, se han agrupado en consumidores **primarios**, **secundarios** y **terciarios**. De esta forma, un **consumidor primario** (herbívoros) es el que generalmente se alimenta de plantas, como son las orugas y los grillos.

Aquellos animales que en su alimentación utilizan a los herbívoros, son **consumidores secundarios** o **carnívoros primarios**, como las ranas, las lagartijas y el sabanero, que comen insectos herbívoros.



Fig. 14 Un tronco podrido también puede ser un ecosistema.

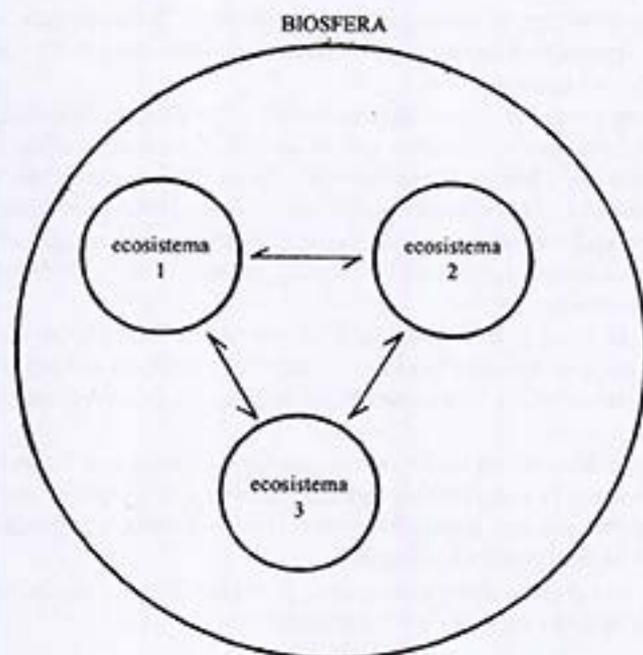


Fig. 15 Esquema que representa la interrelación entre los ecosistemas de la biosfera.

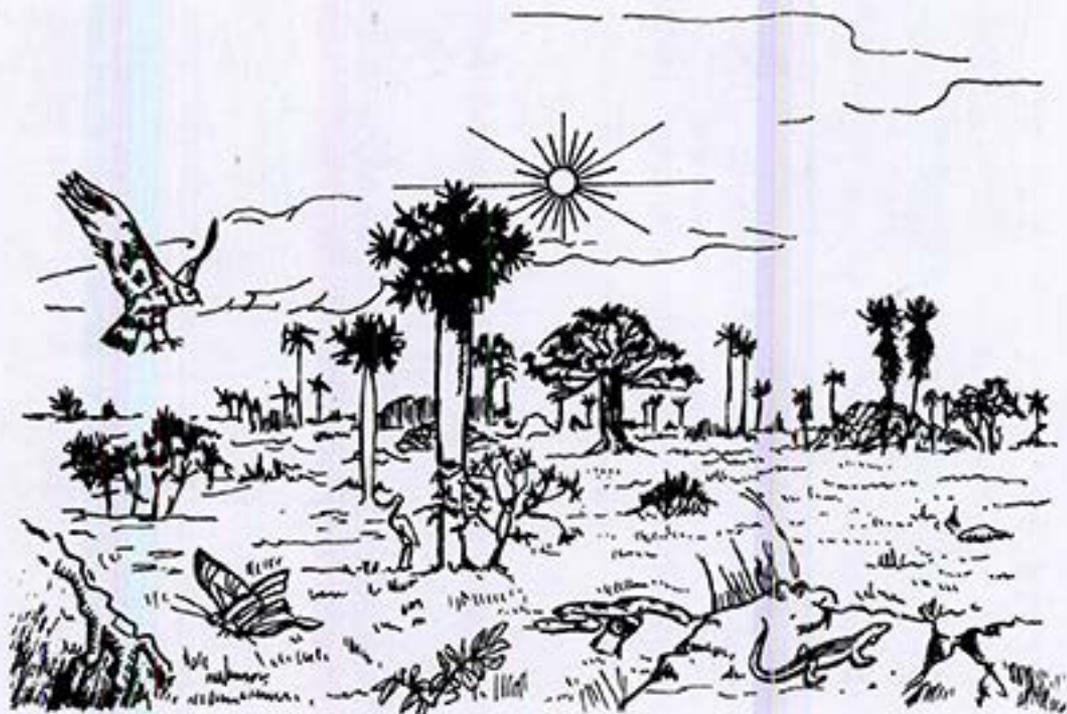


Fig. 16 Sabana de Cuba.

En el ecosistema se presenta un tercer tipo de consumidor que se alimenta de consumidores secundarios; son los consumidores terciarios o carnívoros secundarios, como los jubos y los cernícalos, que se alimentan de arañas y lagartijas.

Tanto los organismos productores como los consumidores, mueren, y sus cuerpos, constituidos por materia orgánica, se descomponen totalmente por la acción de los organismos descomponedores, como muchas bacterias y hongos. En este proceso de transformación se libera dióxido de carbono, iones y otras sustancias que son incorporadas nuevamente al medio ambiente.

Como se puede apreciar, el papel de los descomponedores en el ecosistema es esencial, pues son los saneadores de este, ya que su acción sobre los cadáveres y los restos de organismos contribuye a "higienizar" el medio ambiente.

En el ecosistema se denominan *cadena de alimentación*, a las relaciones alimentarias que se establecen entre un organismo y otro, en las cuales cada organismo constituye un eslabón de dicha cadena. Así, tenemos que a partir de un organismo productor se alimenta un consumidor y este, a su vez, sirve de alimento a otro.

Las cadenas de alimentación son diversas en cuanto al número de eslabones que las integran, en dependencia de lo cual aumenta la complejidad de las relaciones que en ella se dan. Encontramos cadenas simples, formadas por tres eslabones, y otras más complejas, que pueden llegar a tener hasta cuatro y cinco. Veamos algunos ejemplos.

Cuando un animal herbívoro como el grillo devora una planta, y después este es comido por un animal como la lagartija, se trata de una cadena de tres eslabones:

hierba → grillo → lagartija

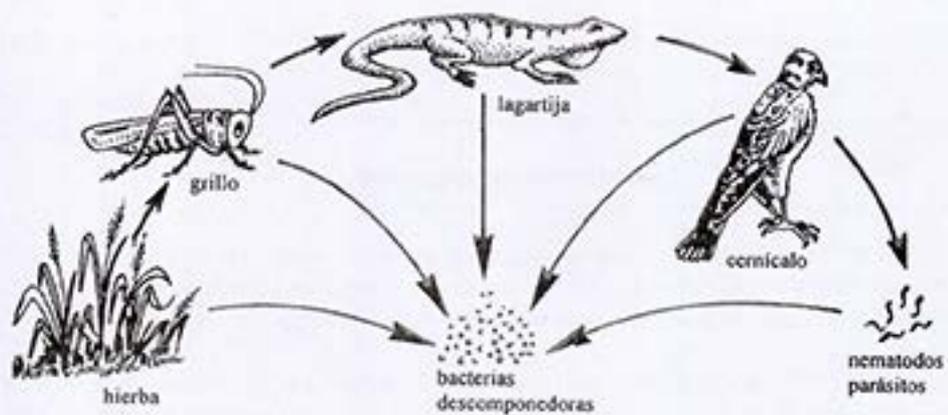


Fig. 17 Cadena de alimentación.

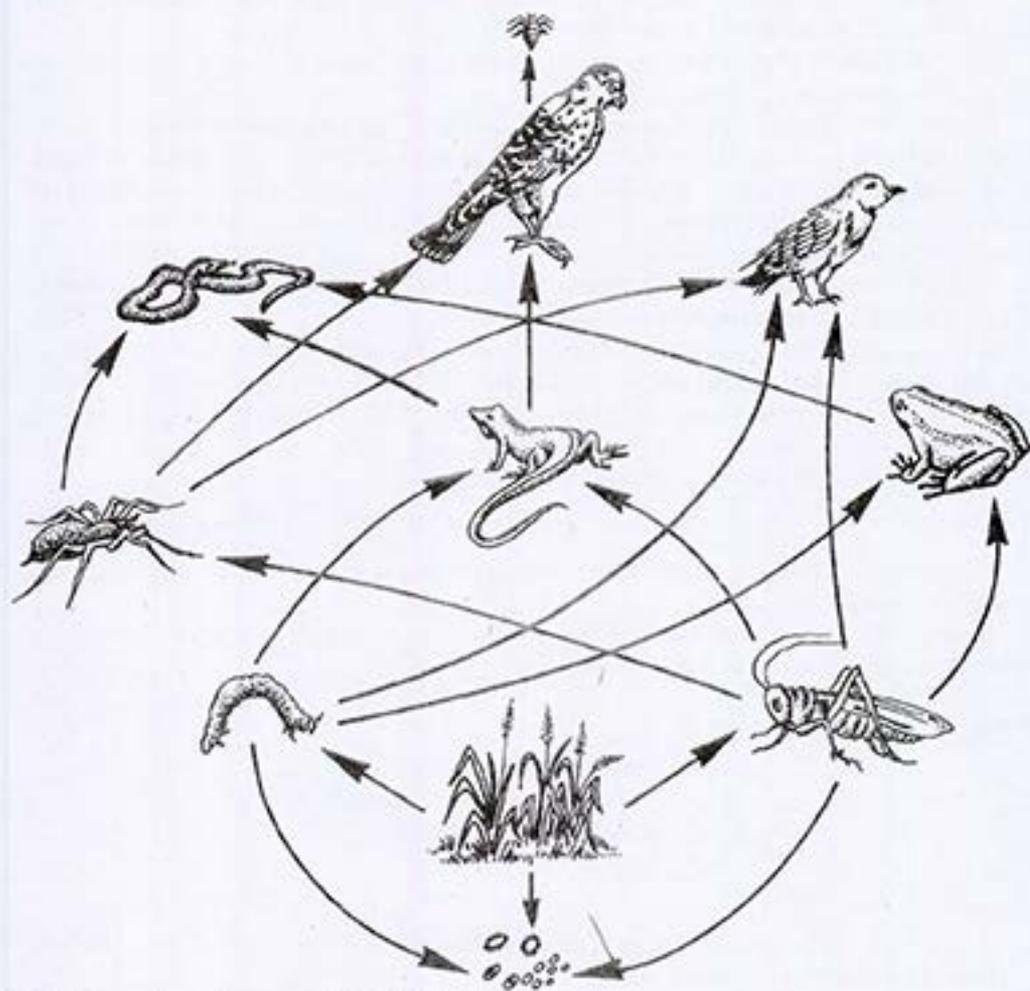


Fig. 18 Trama alimentaria en una sabana de Cuba.

Otra cadena, pero de cuatro eslabones, es la formada por la hierba, la oruga que se alimenta de esta, la lagartija que se come a la oruga y el cernícalo que lo devora a ella:

hierba → oruga → lagartija → cernícalo
o esta otra:

hierba → grillo → araña → jubo

También hay cadenas más complejas, como la que se observa en la figura 17.

Si analizamos en la figura 18 el conjunto de todas las cadenas de alimentación que se establecen en el ecosistema de sabana, vemos que conforman una compleja red de relaciones o trama ecológica.

¿Cómo fluye la energía a través de las cadenas de alimentación y de todo el ecosistema?

El flujo de energía tiene lugar a partir de las relaciones alimentarias o tróficas entre los productores, los consumidores y los descomponedores, y se realiza en una sola dirección. La energía química fluye de los productores a los consumidores, y en cada traspaso, una parte de esta energía es transformada en energía calorífica que se disipa. Así, la energía disminuye notablemente al pasar de uno a otro eslabón de la cadena (fig. 19).

Las veces que la energía pasa de un organismo a otro, indica el nivel de alimentación o trófico que ocupa cada organismo (fig. 20).

Si observamos la figura 20, podemos darnos cuenta de que las plantas están ubicadas en el primer nivel trófico, pues la energía ha sido transferida una vez, del Sol a las plantas. Sin embargo, los consumidores herbívoros se ubican en un segundo nivel, pues su energía ha sido transferida dos veces, del Sol a las plantas y de las plantas a ellos. El resto de los consumidores, como vemos, ocupan el tercer y cuarto niveles.

En estos últimos, como puede apreciarse, el número de organismos es limitado, como resultado de la notable disminución de la energía disponible.

Esta es la razón por la cual las cadenas de alimentación en el ecosistema no son infinitas, y los organismos ubicados en el último nivel son pocos, aunque eficientes, ya que generalmente su alimentación es muy variada, lo que les permite alimentarse de diferentes eslabones de una misma cadena.

Por ejemplo, en la cadena de alimentación:

hojas de plantas → oruga → escarabajo → camaleón → culebra → arriero

El arriero se ubica en el último nivel trófico, se alimenta de culebras, pero también de camaleones y escarabajos.

Resumiendo, *la vida en el ecosistema se mantiene por la entrada continua de la luz solar, y el flujo de energía se realiza en un solo sentido*



Tarea

1. En el ecosistema, las poblaciones de organismos de diferentes especies establecen relaciones. Teniendo en cuenta esto, responde:
 - a) ¿a qué llamamos cadena de alimentación?;

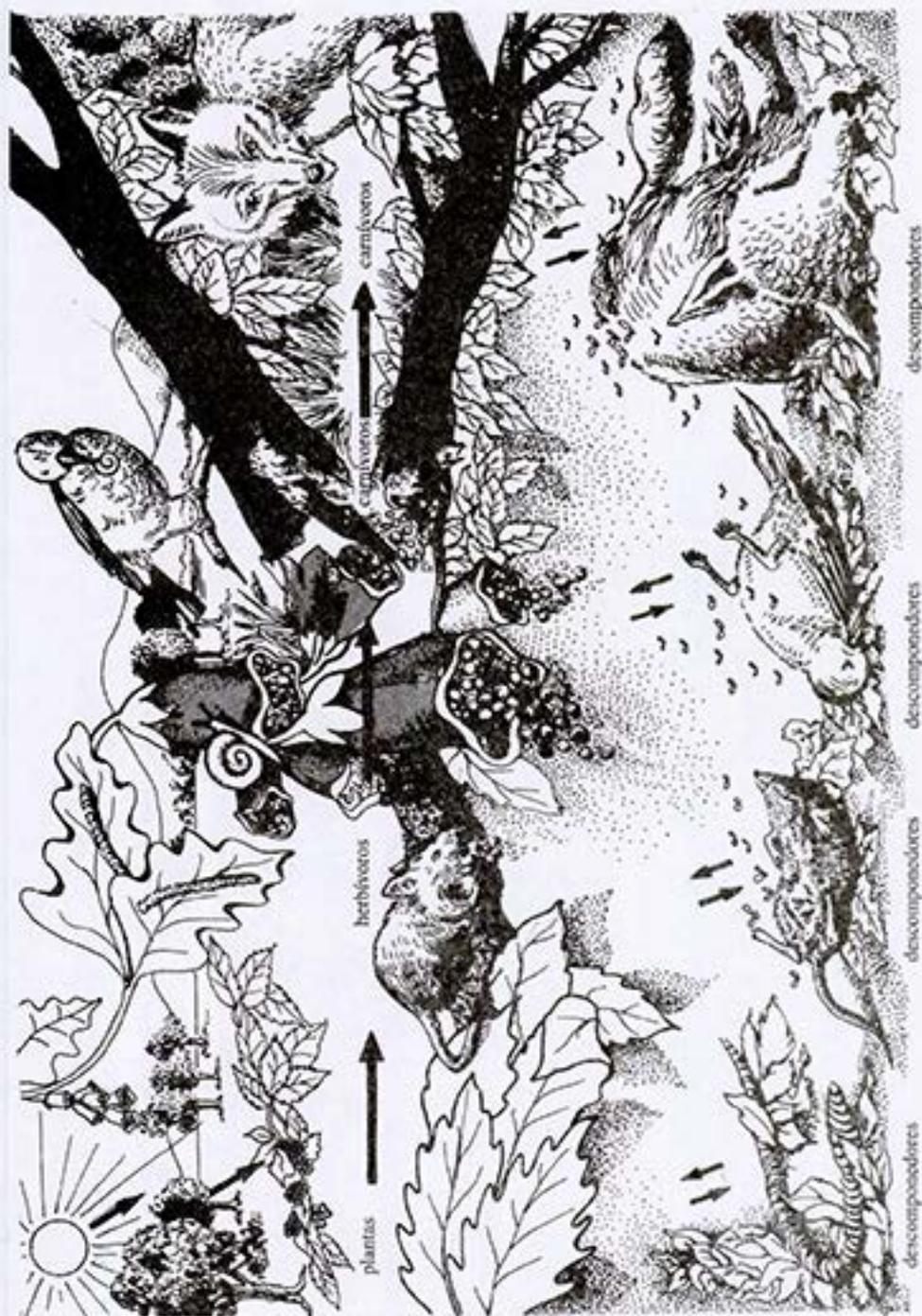


Fig. 19 Flujo de energía en el ecosistema.

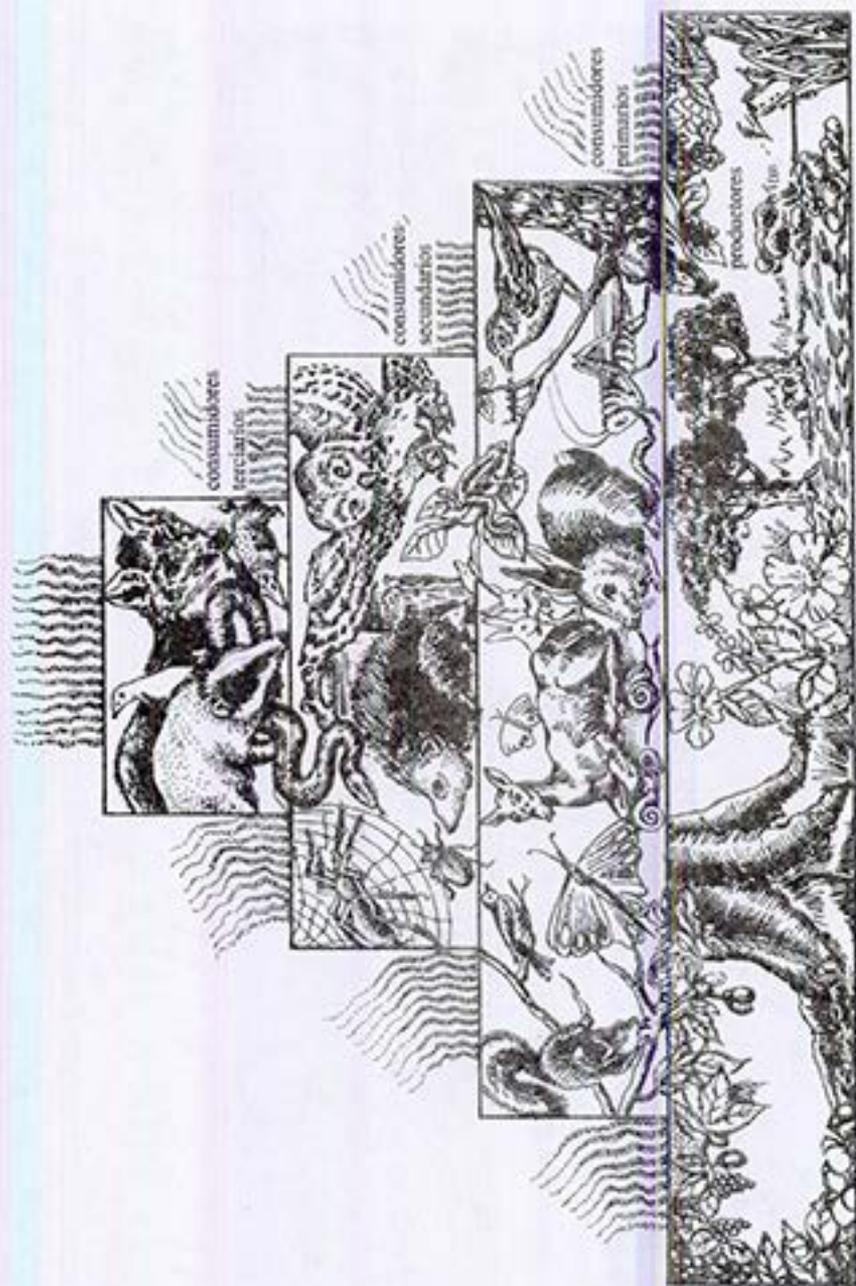


Fig. 20 La energía fluye y se disipa de un nivel trófico a otro.

b) identifica en la cadena siguiente, las relaciones tróficas que se establecen:

hierba → jutía → majá

2. Analiza el párrafo siguiente:

“En una excursión al Valle de Viñales, en Pinar del Río, un grupo de estudiantes apreciaron sembrados de maíz, palmas reales, ratones que se alimentaban de las mazorcas de maíz del sembrado; también tomaron muestras de agua del río y las analizaron en el laboratorio, observando la presencia de algas verdes y bacterias descomponedoras. Cazaron una lechuza y, al realizar la disección del animal, encontraron restos de ratones en su estómago.”

- Elabora una cadena de alimentación teniendo en cuenta las relaciones tróficas que pueden establecerse en este ejemplo.
- Explica la importancia de los organismos descomponedores en el ecosistema.

3. Lee en el epígrafe, cómo se establece el flujo de energía en el ecosistema y resume en qué consiste. Teniendo en cuenta esto:

- representa el flujo de energía con una flecha en la cadena de alimentación que elaboraste en el inciso a) de la tarea anterior;
- ¿por qué se plantea que las cadenas de alimentación en el ecosistema no pueden ser infinitas?

4. Observa el acuario del aula. ¿Consideras que es un ecosistema? ¿Por qué? Para responder, apóyate en los conocimientos que adquiriste en este epígrafe y en el anterior. ¿Qué sucedería si derramáramos petróleo en el acuario? Explica.

Ciclo de elementos en el ecosistema

Ya hemos visto que el Sol es la fuente que suministra energía constantemente al ecosistema, y que esta fluye en una sola dirección y es utilizada por los organismos productores. No obstante, la energía disponible, aunque es esencial en el ecosistema, no es el único factor de importancia en su funcionamiento, pues los productores también requieren de elementos tales como carbono, oxígeno, nitrógeno, hidrógeno, fósforo y potasio fundamentalmente, para la elaboración de los compuestos orgánicos que almacenan en sus tejidos.

¿Cómo explicar que este suministro de elementos se mantenga constante?

Estos elementos son tomados directamente del medio ambiente donde se encuentran y en el que son renovados como resultado de las diferentes funciones que realizan los organismos y de otros procesos tales como la desintegración de las rocas, o también como resultado de la transformación realizada por los descomponedores cuando un organismo muere o simplemente cuando caen las hojas de las plantas. De esta forma no hay acumulación de sustancias en el suelo, sino que estas circulan constantemente en la Naturaleza.

Los elementos tales como el carbono, el oxígeno, el hidrógeno y el nitrógeno, de los cuales están compuestos los organismos vivos, circulan entre los componentes bióticos y abióticos del medio ambiente, lo que se conoce como ciclo de elementos en la naturaleza, mediante el cual estas sustancias son utilizadas una y otra vez.

Por ejemplo, el carbono que se encuentra en el aire y disuelto en el agua, realiza un ciclo en la Naturaleza al ser utilizado por las plantas y el fitoplancton en el proceso de fotosíntesis, en el

cual se produce oxígeno, que enriquece la atmósfera. Este oxígeno es utilizado, a su vez, por un gran número de organismos en la respiración, en la cual se forma CO_2 y agua, lo cual restablece el equilibrio.

Por otra parte, las plantas y otros organismos, al morir, son descompuestos, liberándose mediante este proceso CO_2 que es devuelto a la atmósfera (fig. 21).

El nitrógeno es un elemento que puede seguir diferentes vías; por ejemplo, el nitrógeno atmosférico puede incorporarse al ser fijado por determinadas bacterias que generalmente viven asociadas a los nódulos de las plantas leguminosas, y de esta forma pasa a formar parte de las plantas; cuando estas mueren, sobre ellas actúan bacterias descomponedoras y de otro tipo que transforman los compuestos nitrogenados hasta nitrógeno atmosférico, que es devuelto nuevamente a la atmósfera.

Estos ejemplos nos permiten comprender cómo los elementos realizan ciclos en la Naturaleza y por qué su suministro es constante.

El hombre, al actuar sobre la Naturaleza, debe tener en cuenta no interferir estos ciclos, pues de esta manera protege a los organismos y a los ecosistemas. Pero esto no siempre sucede así, y las acciones inadecuadas sobre la Naturaleza desencadenan desequilibrios en los ecosistemas. Por ejemplo, en la agricultura, el empleo de cantidades excesivas de fertilizantes tales como los nitratos, que se disuelven y contaminan las aguas subterráneas, afecta la salud humana al ser consumidas estas aguas.

Igualmente, cuando el hombre tala extensas áreas de bosques, elimina gran parte de los proveedores de oxígeno de la Naturaleza, lo cual influye en la concentración de este elemento en la atmósfera y, como consecuencia, en su disponibilidad para el proceso de respiración, y provoca alteraciones en el clima y en el régimen de lluvias, entre otros fenómenos.



Tarea

1. ¿Cómo fluye la energía en el ecosistema? Ejemplifica.
2. En relación con el ciclo de los elementos en la Naturaleza:
 - a) ¿cómo puedes explicar que el suministro de estos no termine?;
 - b) plantea ejemplos que ilustren cómo se realizan los ciclos de los elementos en la Naturaleza.
3. Ejemplifica cómo el hombre puede contribuir a la protección de los ciclos de los elementos en la Naturaleza.

Las comunidades. Relaciones interespecíficas

Ya hemos analizado el ecosistema. Estudiaremos con más detalles sus componentes vivos: las comunidades y las poblaciones.

Al conjunto de poblaciones de diferentes especies que habitan en un área determinada y se encuentran en mutua interacción y dependencia es a lo que se le denomina comunidad (fig. 22).

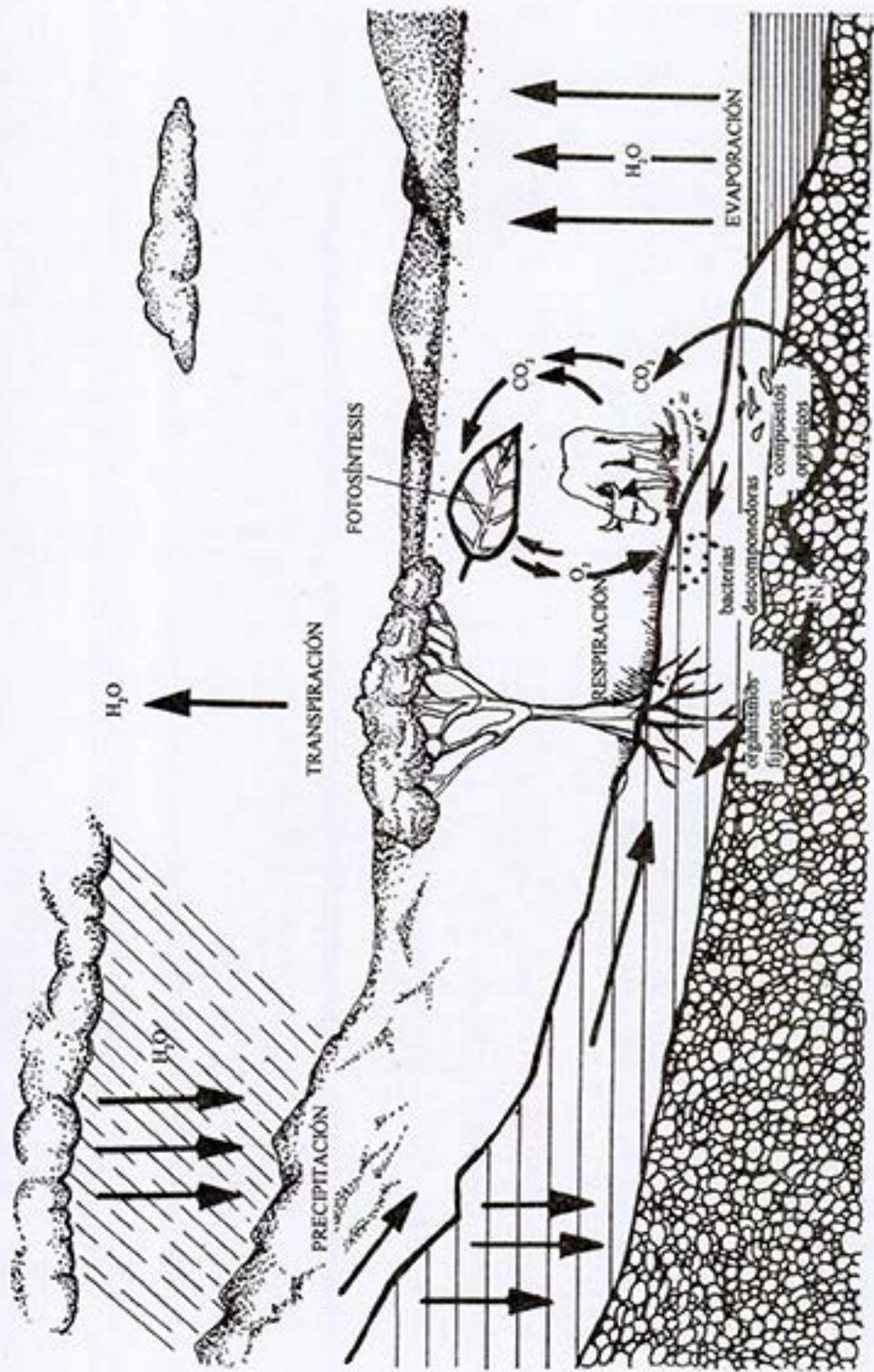


Fig. 21 Ciclo de elementos en la Naturaleza.

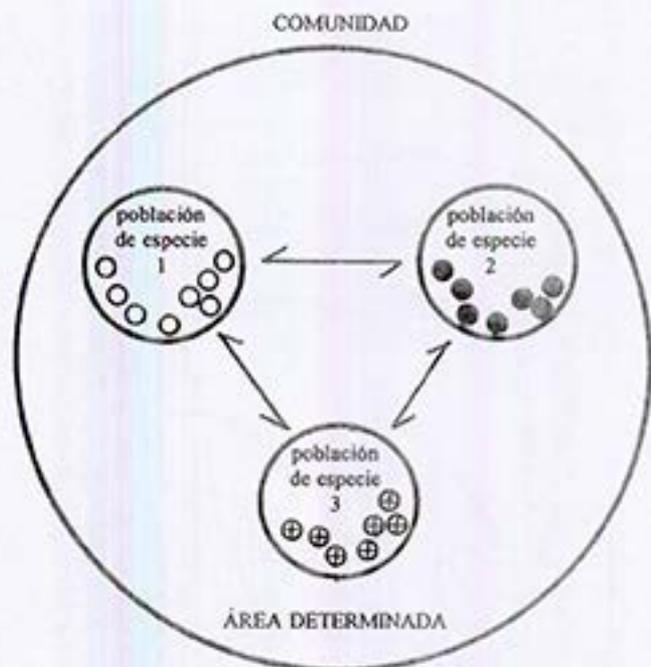


Fig. 22 Esquema que representa las características de la comunidad.

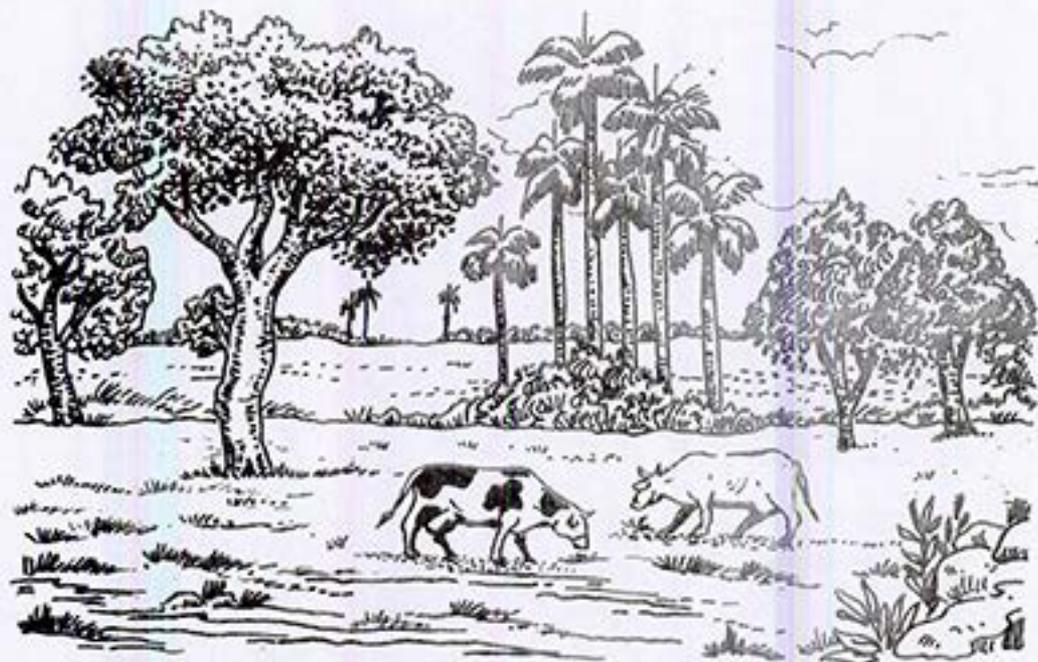


Fig. 23 Comunidad de sabana.

Una comunidad de playa, por ejemplo, se distingue no solo por su tipo de suelo, sino también porque las diferentes especies que en ella habitan, son características de este lugar. Así tenemos en nuestras playas sargazos, quitones, cangrejos, siguas y, frecuentemente, plantas tales como la uva caleta y el boniato de playa, que se extiende sobre la arena con vistosas flores de color morado.

El conjunto de especies asociadas en un pinar forman una de las comunidades típicas en nuestro país, y tienen sus peculiaridades. En esta comunidad, las especies fundamentales son los pinos, árboles que, por sus ramas poco tupidas, permiten que estos lugares sean bastante iluminados. Asociados a ellos viven poblaciones de organismos que son característicos, tales como insectos, ácaros parásitos del pino, la bijirita del pinar, las polillas y los hongos que viven unidos a las raíces de los pinos. También, las sabanas constituyen comunidades (fig. 23).

Las relaciones que se establecen entre los organismos de especies diferentes se denominan relaciones interespecíficas. Entre estas, tenemos: el mutualismo, la depredación, el parasitismo y la competencia interespecífica, entre otras.

El mutualismo, por ejemplo, es la asociación entre dos especies que tiene efectos beneficiosos para ambos. Un ejemplo es la relación que establece la hidra verde con determinadas algas que viven en su interior, y que le dan esta coloración característica. Las algas se benefician, pues reciben protección en el interior de la hidra y, además, utilizan el CO_2 que se forma como resultado de su respiración en la realización de la fotosíntesis. La hidra, por su parte, utiliza el oxígeno que se obtiene de este proceso, así como las sustancias que se sintetizan en él. Otro ejemplo de mutualismo de utilidad en la agricultura, es el que tiene lugar entre las plantas leguminosas y las bacterias fijadoras del nitrógeno atmosférico que viven asociadas a los nódulos que se desarrollan en las raíces de estas plantas. Las bacterias proporcionan a la planta compuestos nitrogenados que esta utiliza en la síntesis de aminoácidos, y la planta le sirve a las bacterias como protección y fuente de nutrientes.

SABÍAS QUE...

Los comejenes, aunque se alimentan de la madera, no sintetizan enzimas capaces de digerir la celulosa de esta. En su intestino, en estrecha relación con ellos, viven ciertos protistas que sí las producen, lo que le permite al comején asimilar su alimento.

En la comunidad se presenta otro tipo de relación, el comensalismo, en el cual una especie se beneficia y la otra no se perjudica. Esta relación no es tan íntima como en el mutualismo. Podemos encontrarla entre el pez rémora o pez pega y el tiburón. La rémora presenta una ventosa en forma de disco en la parte terminal de la cabeza mediante la cual se adhiere a la región ventral del cuerpo del tiburón. De esta forma es transportado de un lugar a otro y, además, se alimenta de los restos de las presas del tiburón (fig. 24).

La depredación es otro tipo de relación en la que los organismos de una especie devoran a otros de otra especie. El consumidor mata a otro, antes o cuando se lo está comiendo; este es el depredador y el otro es la presa. El número de presas y depredadores puede fluctuar mucho. Si la presa es abundante, el número de depredadores aumenta; al ocurrir esto, como consecuencia, la población de presas se reduce notablemente y muchos depredadores mueren de hambre. Cuando el número de presas vuelve a aumentar, comienza de nuevo el incremento de los depredadores. Esto nos demuestra que la comunidad tiene su propia regulación (fig. 25).

Otro tipo de relación interespecífica es el parasitismo, en el cual las especies parásitas viven a expensas de otras, los hospederos, a las que ocasionan daños.

Las plantas, los animales y otros organismos pueden ser parasitados. Por ejemplo, el protista *Giardia lamblia* parasita al hombre, ocasionándole problemas digestivos, inflamatorios, etcétera,

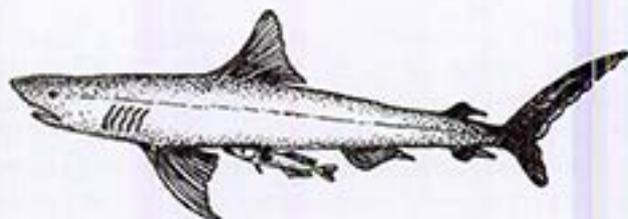


Fig. 24 Comensalismo: tiburón y pez remora.

y ciertos hongos parásitos como las tiñas, le producen afecciones en la piel. Asimismo, algunas plantas con flores, como el orobanche, parasitan plantas como la de tabaco, debilitándola, lo que perjudica su desarrollo foliar y, por tanto, la producción de este cultivo.

Otro tipo de relación que se establece es la **competencia interespecífica**, en la cual dos especies interactúan, pues utilizan el mismo recurso del medio ambiente que se encuentra limitado, y una de las dos o ambas se perjudican.

Las especies compiten entre sí no solo por el alimento, sino también por el agua, el espacio vital, los nidos y los refugios, en una palabra, por todo lo que pueda influir en su bienestar.

Es interesante, por ejemplo, la competencia entre el tocororo y el sijú platanero por un recurso, el nido. Ambas especies utilizan las oquedades de los árboles para anidar. Sin embargo, ninguna de las dos puede hacerlo y dependen de los ya existentes. Las dos especies, en este caso, compiten por un mismo recurso que es escaso. La presencia del tocororo, por tanto, es perjudicial para el sijú, y viceversa.

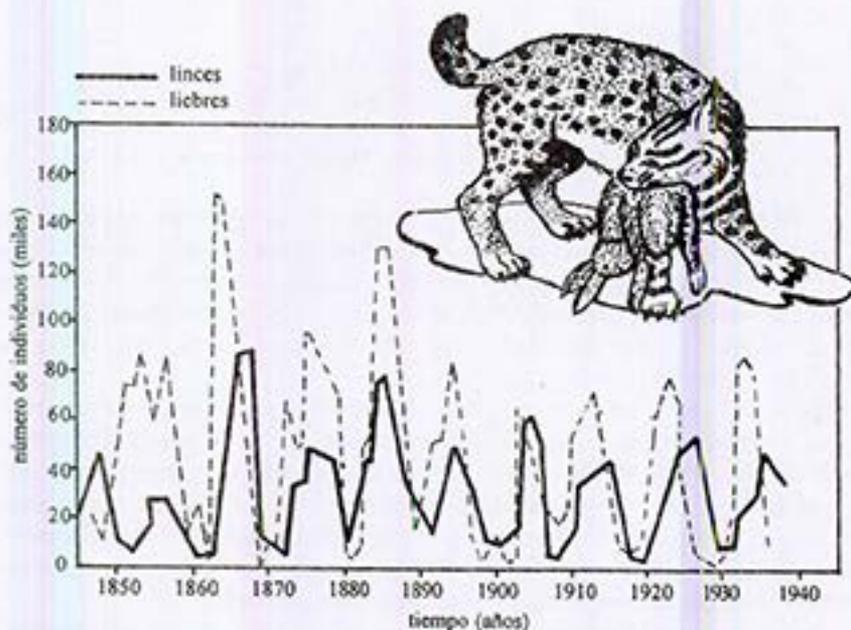


Fig. 25 Gráfica que representa las fluctuaciones del número de liabres de las nieves y linces, en Canadá (de 1845 a 1940). Observa que el pico de la curva de la población de liabres (presas) está siempre por encima de la población de linces (depredadores).

SABÍAS QUE...

Entre las plantas también hay competencia. Las hierbas y los árboles compiten por la luz, las sustancias nutritivas del suelo y el agua.

Este tipo de competencia se produce también entre los microorganismos (fig. 26). Por ejemplo, si en un recipiente cerrado con determinada cantidad de alimento se encuentran dos especies de protistas, *Paramecium caudatum* y *Paramecium aurelia*, se puede observar que al pasar los días, solo una de ellas puede sobrevivir; en este caso, el *Paramecium caudatum* es eliminado.

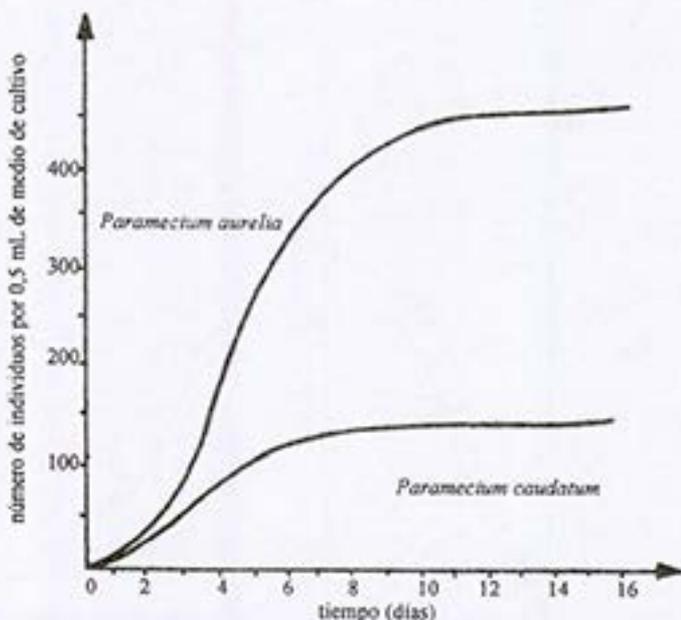


Fig. 26 Gráfica que representa la competencia interespecífica entre dos especies, *Paramecium caudatum* y *Paramecium aurelia*.



Tarea

1. Representa mediante un esquema, las características de la comunidad.
2. Copia en tu libreta la definición de comunidad y analiza sus características esenciales.
3. Compara la comunidad y el ecosistema en cuanto a sus características fundamentales. Menciona ejemplos de cada uno de ellos.
4. Lee en el epígrafe qué caracteriza de modo general a las relaciones interespecíficas estudiadas, y resúmelo brevemente en un cuadro que contenga el tipo de relación y las características de cada uno.
5. En condiciones naturales, en un área determinada de un bosque tropical, los ecólogos observan que comienza a disminuir la población del gavián de monte, así como las poblaciones de plantas herbáceas y venados.

- a) ¿A qué se puede atribuir este fenómeno?
 b) ¿Qué tipo de relación se establece entre el gavilán y el venado?
6. Supón que el acuario del aula está en equilibrio y puede considerarse como un ecosistema, y que en él hay dos parejas de peces de especies diferentes: escalares y guppies. Al cabo de algunas semanas, las hembras paren, y posteriormente los peces comienzan a morir. Investiga las posibles causas y elabora una hipótesis que te permita explicar lo ocurrido.
7. La gráfica de la figura 27 representa las relaciones que se establecen entre dos especies de escarabajos que viven en la harina y se alimentan de ella. Interpretala. ¿Qué ocurrió con las especies A y B? Explica.

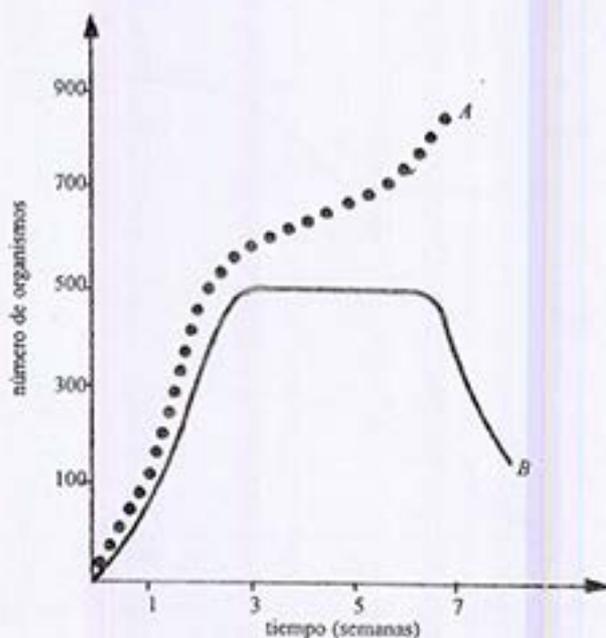


Fig. 27

Dinámica de las comunidades

El equilibrio en las comunidades se manifiesta fundamentalmente en que las poblaciones que las integran, interactúan y viven acopladas, pues encuentran condiciones favorables y disponen del alimento y la energía necesarias para la realización de sus funciones. Esto permite el aumento del número de organismos en cada población, y es un indicador importante que demuestra el desarrollo y el equilibrio de las especies en la comunidad.

La estabilidad de las diferentes comunidades es relativa, pues en su dinámica siempre ocurren cambios, originados generalmente por la variación de la influencia de los factores abióticos y bióticos.

Por ejemplo, en el bosque, las condiciones de poca iluminación, alta temperatura y extrema humedad que allí existen, permiten la vida de un sinnúmero de organismos que se encuentran adaptados, y las fluctuaciones que ocurren son las características en una comunidad estable. Si parte de este bosque es devastado por algún incendio o por el hombre, al cabo de cierto tiempo muchas de las especies que en él se encontraban desaparecerán, pues la incidencia de los rayos

solares, la temperatura y la humedad, imprescindibles para muchos de ellos, habrán variado. Sin embargo, otras especies, sin dudas, encontrarán favorables las nuevas condiciones. Esto demuestra que las comunidades cambian, aunque a veces no nos percatamos de ello.

En ocasiones, en la Naturaleza tienen lugar marcadas modificaciones por la influencia de los diferentes factores del medio ambiente que originan cambios en las comunidades, por ejemplo, la erosión, las variaciones bruscas del clima, el drenaje insuficiente del suelo o la actividad de los organismos que modifican las condiciones de su propio ambiente. Esto determina, en muchos casos, *la sustitución de la comunidad existente por otra nueva, lo que se conoce como sucesión ecológica.*

Un ejemplo de sucesión ecológica es cuando una laguna se va rellenando lentamente con el fango y los restos de tallos y raíces que, como resultado de la erosión de los suelos, son también arrastrados al lugar y se sedimentan. Sobre esta capa poco a poco crecen plantas, que también incrementan estos sedimentos. Este es un cambio lento, con distintas etapas que se suceden, y como consecuencia la laguna se transforma en una nueva comunidad, un pantano.

En los montes con pinos también ocurren sucesiones ecológicas, pero con una duración más larga (fig. 28).

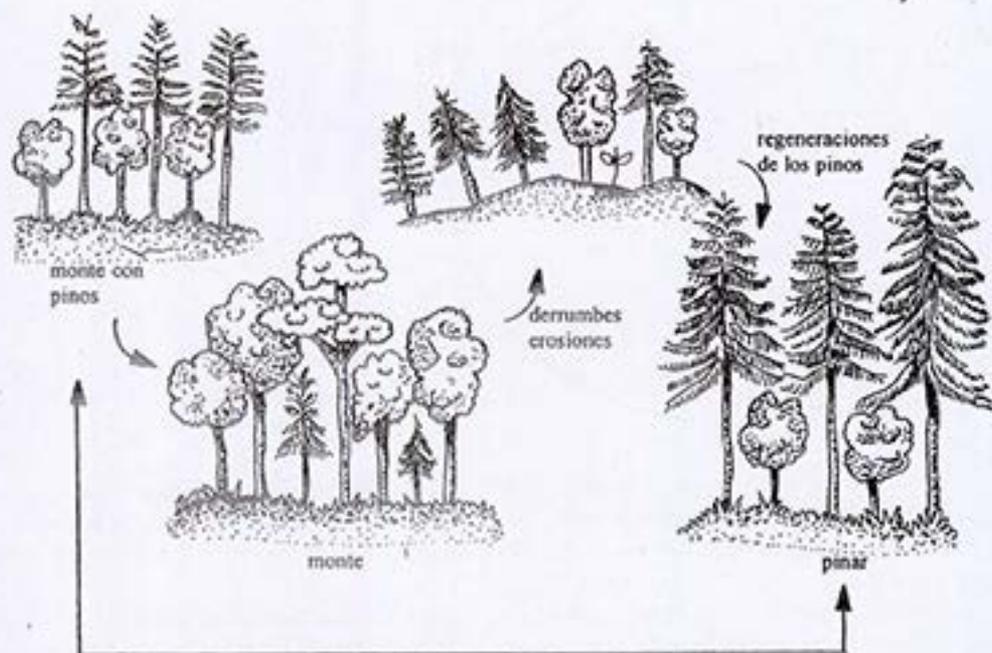


Fig. 28 Sucesión ecológica monte-pinar.



Tarea

1. Lee los cuatro primeros párrafos del epígrafe y resume las ideas centrales de estos. ¿Por qué se plantea que la estabilidad de las comunidades es relativa?

2. Busca en el epígrafe y resume en una ficha a qué llamamos sucesión ecológica. Expón ejemplos que la ilustren.

Las poblaciones. Relaciones intraespecíficas

Conocemos que cada especie está constituida por un conjunto de organismos que tienen un antecesor común, presentan características semejantes y pueden cruzarse entre sí y dejar descendencia.

La forma elemental de existencia de la especie en la Naturaleza, es la **población**, la cual *está constituida por el conjunto de organismos de la misma especie que ocupan un área determinada en un momento dado* (fig. 29).

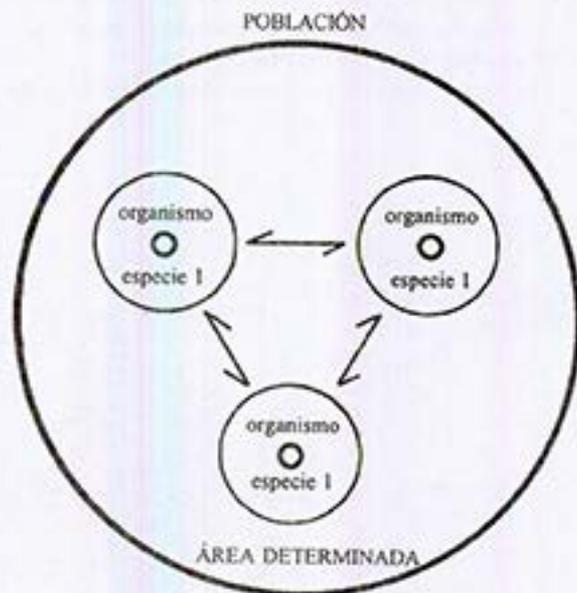


Fig. 29 Esquema que representa las características de la población.

Pongamos un ejemplo que ilustre los elementos de la población en la especie de un pez de agua dulce, la biajaiba. En un estudio ecológico realizado en el río Hatiguanico, de la provincia de Matanzas, se detectó una población de 500 individuos de la especie en los meses de enero, febrero y marzo en un año determinado.

Como se observa, en el ejemplo están presentes todas las características de la población, pues se habla de un grupo de individuos, una especie determinada, en un lugar específico, en un momento dado.

En Cuba, la distribución de las distintas poblaciones que existen es variada. Las hay como las del pájaro fermina (fig. 30), ave endémica amenazada de extinción que vive en el área de Santo Tomás, en la Ciénaga de Zapata, la cual forma poblaciones muy pequeñas de escasos individuos. Otras como las del carpintero real y el almiquí, que son especies en peligro de extinción, con poblaciones de pocos individuos limitadas a las zonas boscosas del grupo montañoso de Sagua-Baracoa, en la zona nororiental de Cuba. De igual forma, las poblaciones de la palma barrigona se encuentran localizadas solamente en la provincia de Pinar del Río y la Isla de la Juventud. Sin embargo, otras especies, como la jutía conga, poseen innumerables poblaciones grandes y pequeñas, distribuidas por todo nuestro archipiélago.



Fig. 30 Población de la fermina, ave endémica de nuestro país.

Las relaciones que se establecen entre los individuos de una misma especie reciben el nombre de relaciones *intraespecíficas*. Entre estas podemos mencionar las vinculadas con la reproducción, la territorialidad, la competencia *intraespecífica*, entre otras.

Por ejemplo, tenemos las relaciones que se presentan entre los individuos de una población y que tienen valor en el mantenimiento de la especie, pues están **vinculadas con la reproducción**. Otro tipo de relación común entre algunos artrópodos, moluscos y mamíferos, es la **territorialidad**, en la cual dentro del área que ocupa la población, un individuo, pareja o grupo delimita su territorio, el cual es defendido activamente de otros miembros de su propia especie.

La ventaja de la territorialidad consiste en que cada animal tiene su área determinada, que es reconocida y respetada por los demás miembros de la especie, en la cual dispone de recursos para su alimentación, así como de posibilidades de reproducirse, por lo que la competencia entre ellos disminuye.

Existe otro tipo de relación importante, la **competencia intraespecífica**, en la cual los competidores luchan por un mismo recurso para ambos. Si la población está integrada solo por unos pocos miembros, la competencia no constituye un factor ecológico de importancia. Pero si son grupos numerosos, la lucha se establece, pues el incremento del número de individuos aumenta la competencia ante las necesidades vitales.

Por ejemplo, cuando en un bosque una población de plantas de majagua crecen juntas, sus raíces entran en competencia por el agua y los nutrientes, mientras que sus ramas lo hacen por la luz. Al aumentar la competencia se retarda el crecimiento; en este caso, la competencia tiene un efecto regulador en la población.

En una población de cocodrilos, la competencia intraespecífica también está presente. Los más fuertes, los que se desplazan más rápido, consiguen mayor número de presas y pueden sobrevivir.



Tarea

1. Expresa mediante un esquema las características de la población.
2. Copia en tu libreta la definición de población y analiza sus características.
3. Resume en una llave, las relaciones intraespecíficas que estudiaste y ejemplificalas.

Dinámica de las poblaciones

Ya estudiamos que los organismos de la misma especie forman poblaciones, pero, además, debemos conocer que en ellas se manifiestan importantes características de grupo que no las poseen ni los organismos aislados ni las comunidades. Entre estas características tenemos las siguientes:

Densidad. Es la cantidad de individuos de la población, en relación con una unidad de espacio o volumen.

Natalidad. Es la proporción de nacimientos de una población (incluye los organismos que se agregan a esta y que se originan por semillas, esporas, huevos, etcétera).

Mortalidad. Es la proporción de individuos perdidos por muerte en la población.

Distribución. Es la forma en que los individuos se encuentran distribuidos en el espacio, en ocasiones dispersos al azar, otras, con una distribución uniforme en el área o formando grupos.

Recordemos que los organismos nacen, crecen, se reproducen y mueren; pero las características tales como la proporción de nacimientos y muertes y la densidad, mencionados anteriormente, entre otros, solo tienen significado a nivel de población. Tenemos, además, que una población puede decrecer por mortalidad o aumentar por natalidad. Sin embargo, debemos tener en cuenta otros factores que pueden afectar la densidad de la población y producir cambios en ella. Este es el caso de las migraciones que tienen lugar cuando se produce la entrada o salida de individuos de la población hacia otras áreas. Esto trae como consecuencia que la población se incremente o decrezca, según el caso.

Por tanto, podemos plantear que *la densidad de la población es el resultado de las relaciones entre la mortalidad, la natalidad y las migraciones.*

Analicemos estas características aplicadas a la dinámica de las poblaciones.

En el análisis partiremos de la consideración de poblaciones estables que se desarrollan en medios ambientes adecuados y que generalmente se encuentran en un proceso de crecimiento activo, como consecuencia de un gran número de nacimientos. Esto conduce al incremento de los individuos por natalidad, e influye en el tamaño de las poblaciones, que tienden a aumentar.

Cuanto más favorables sean para las poblaciones las condiciones del área que estas ocupan en relación con las condiciones ambientales, la disponibilidad de alimentos y, por tanto, la obtención de energía para sus funciones vitales y la reproducción, mayor será el incremento en número

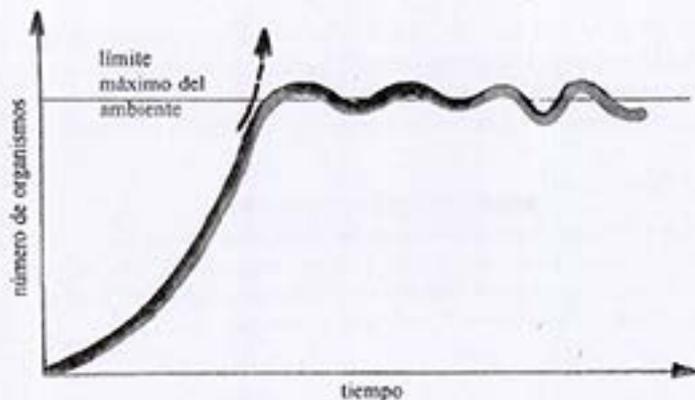


Fig. 31 Gráfica de crecimiento de la población donde se observa la relación entre el potencial biótico y la resistencia ambiental. El tamaño de la población (trazo continuo) fluctúa, primero por encima del valor límite y después por debajo de este. Cuando la línea sobrepasa el límite máximo, la velocidad de muerte aumenta y la población disminuye, pero cuando queda por debajo del valor límite, la población comienza a aumentar.

de estas, aunque en determinados momentos ocurran fluctuaciones que regulen la disminución o el aumento del número de los individuos que las integran.

La regulación del número de individuos en las poblaciones es fundamental, pues la población tiene como característica inherente, la *tendencia a aumentar en número, bajo condiciones ambientales ideales, lo cual se denomina potencial biótico*.

El potencial biótico difiere en las distintas especies. Por ejemplo, la mosca doméstica se reproduce rápidamente bajo condiciones favorables, y puede producir 120 huevos por puesta. Si todos los descendientes lograran sobrevivir y se reprodujeran, al cabo de cuatro generaciones habría más de 25 000 000 de moscas. Su potencial biótico es alto. Sin embargo, las grullas producen solamente uno o dos descendientes por pareja cada dos años: su potencial biótico es bajo.

En condiciones naturales, el potencial biótico de la población no se alcanza nunca, debido a que raras veces las condiciones ambientales son completamente favorables (fig. 31).

¿Qué factores determinan que se detenga el crecimiento acelerado en número de la población y se mantenga en un determinado nivel de equilibrio?

Si, por ejemplo, llevamos un control riguroso del crecimiento de la población de una especie de algas que pobló una laguna, desde que eran pocos individuos en el área hasta que su densidad se hizo enorme al cabo de unos meses, nos daremos cuenta de que esta población ha crecido en condiciones óptimas, pues su aumento ha sido en progresión geométrica. El crecimiento inicial de la población llegó a ser tan grande que, en un momento determinado, las condiciones ambientales externas se hicieron desfavorables para el desarrollo y la reproducción de las algas, pues estas estaban sobreexplotando sus recursos. Como consecuencia comenzó la competencia entre los individuos de la población por el espacio, la iluminación, el oxígeno y los nutrientes que se encontraban en el agua. Asimismo, entraron en competencia con otras poblaciones de especies similares que, al pasar el tiempo, también se establecieron en la laguna. En un momento determinado, la abundancia de la población de algas disminuyó bruscamente, debido a la alta mortalidad que se produjo. Al cabo del tiempo, la población se estabilizó de acuerdo con las nuevas condiciones existentes.

El conjunto de factores abióticos y bióticos que impiden la reproducción de una especie al máximo, recibe el nombre de resistencia ambiental. En sentido general, estos factores pueden ser la variación en la concentración de elementos químicos como el oxígeno y el carbono en el medio

ambiente, la competencia, la depredación, los efectos del clima, entre otros. Estos factores causantes de la resistencia ambiental se denominan **factores limitantes**, que no solo determinan el crecimiento en número de las poblaciones, sino también su distribución. En la figura 31 se observa que el número de organismos varía, lo cual indica la resistencia ambiental.

SABÍAS QUE...

En condiciones óptimas, un par de moscas de las frutas (*Drosophila melanogaster*) puede dar $3\ 368 \cdot 10^{32}$ descendientes. Y una pareja de elefantes tendrían 19 000 000 descendientes al cabo de 750 años. Esto no sucede debido a la resistencia ambiental.



Tarea

1. Resume en una ficha los conceptos densidad, natalidad, mortalidad y distribución.
2. Lee en el epígrafe a continuación del concepto distribución, los párrafos que se relacionan y resume las ideas centrales que en estos se expresan.
3. Define el potencial biótico y la resistencia ambiental, y explica mediante la gráfica de la figura 31 la relación entre ellos.
4. Construye una gráfica que muestre el número de individuos y el tiempo, con los datos que se presentan a continuación y que corresponden a una población.

Años	0	1	2	3	4	5
Número de individuos	2	6	18	54	162	486

¿En estos resultados se evidencia la resistencia ambiental o el potencial biótico? Explica tu respuesta.

5. La gráfica de la figura 32 representa las fluctuaciones de una población de langostas durante 5 años.
 - a) Explica qué ocurrió a la población de langostas en el periodo de 1980 a 1982.
 - b) Explica las dos posibles causas de lo ocurrido entre 1982 y 1985.
6. Interpreta la gráfica referente a la curva de crecimiento de una población de codornices (fig. 33). Elabora una hipótesis que permita explicar lo que ocurrió en esta población.

Diversidad de ecosistemas de Cuba

Nuestro archipiélago consta de una amplia variedad de ecosistemas donde pueden estudiarse con detalles todos los aspectos básicos de su funcionamiento, y que ya antes hemos analizado. Estos ecosistemas podemos agruparlos en terrestres, marinos y de agua dulce, de los cuales estudiaremos algunos de ellos.

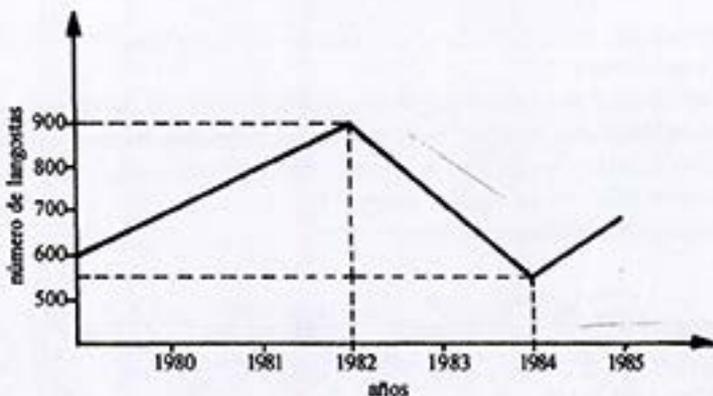


Fig. 32

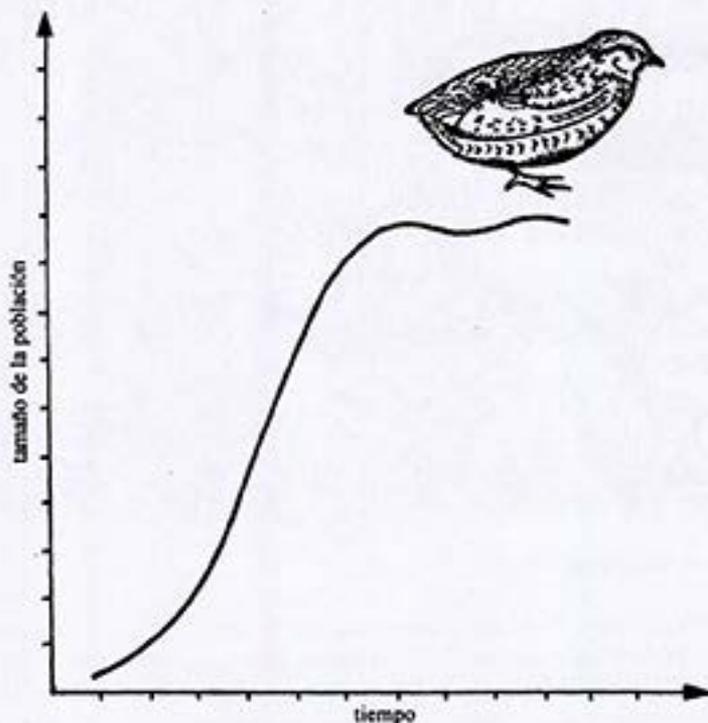


Fig. 33

Ecosistemas terrestres

Entre estos, los más característicos son el bosque semidecidual tropical y el pinar; a este último hemos hecho ya breve referencia en cuanto a la fauna que lo constituye.

Bosque semidecidual tropical

Podemos decir que nuestros bosques semideciduals (fig. 34) han sido muy abundantes y también la vegetación más destruida por el hombre, para utilizar sus maderas y ocupar el suelo (que es

muy fértil) en la agricultura. En la actualidad se están recuperando gracias a la reforestación masiva programada por el Estado.

Estos bosques se caracterizan fundamentalmente por la abundancia de las plantas y animales. En los bosques semidecíduos, las plantas se encuentran formando estratos constituidos por hierbas, arbustos y altos árboles. De este tipo de bosque es característico que los árboles más altos pierdan sus hojas durante la época de sequía, mientras que el resto las conserva durante todo el año, por lo cual son denominados bosques semidecíduos.



Fig. 34 Bosque semidecíduo tropical de Cuba.

Entre los representantes de la flora encontramos una gran variedad de especies forestales, como el almácigo, la varía, la caoba de Cuba, el cedro, el sabicú, entre otras.

Como especies típicas de la fauna tenemos la jutía conga, el venado, el tocororo, el majá de Santa María y muchas especies de arañas e insectos, así como ciempiés y mancaperros del follaje y el suelo.

Las cadenas de alimentación en nuestros bosques son muy variadas, como la formada por la planta del almácigo, el consumidor herbívoro jutía conga y el consumidor carnívoro majá, otra formada por los árboles forestales, los insectos devoradores de la madera, los pájaros carpinteros que se alimentan de ellos y el gavilán de monte que se come al carpintero. Este tipo de bosque lo encontramos fundamentalmente en la península de Guanahacabibes y al sur de la Isla de la Juventud.

Pinar

Es el único ecosistema típico de Cuba donde la capa arbórea está constituida por una sola especie o, cuanto más, dos (fig. 35). Estas combinaciones pueden tener lugar entre el *Pinus caribaea*, el *Pinus maestrensis* o de la Sierra Maestra, el *Pinus cubensis* y el *Pinus tropicalis*. Los suelos de los

pinar es ácido, con poca capacidad para retener el agua, y son considerados los más pobres en elementos nutritivos entre nuestros suelos. Esto es debido a la fácil infiltración del agua en ellos, la cual remueve todas las sustancias solubles que se encuentran en estos.



Fig. 35 Pinar.

Aunque los pinares se encuentran en condiciones climáticas similares a los bosques semidecíduos, las especies de estos últimos no pueden existir en las condiciones del pinar, debido a la gran escasez de agua en tiempo de seca; mientras tanto, los pinos, gracias a adaptaciones tales como sus hojas en forma de finas agujas y sus largas raíces, sí resisten en estas condiciones.

Debemos recordar que en las raíces de los pinos y asociados a ellas se encuentran hongos con los que tienen una estrecha relación y forman las conocidas micorrizas. De esta forma, el pino obtiene suficiente humedad y materias nutritivas que le ayudan a mantener un crecimiento relativamente rápido y alcanzar el tamaño de árboles.

Los pinares más abundantes en nuestro país se encuentran cerca de Dimas, en la costa norte de la provincia Pinar del Río, y en el Turquino, en la Sierra Maestra. También hay en la Isla de la Juventud, Holguín, Granma y Guantánamo.

Ecosistemas marinos

Entre estos se encuentran los arrecifes de coral y el manglar.

Arrecife de coral

Este ecosistema constituye uno de los de mayor importancia en el mundo, después del Gran Arrecife de Coral de Australia (fig. 36).

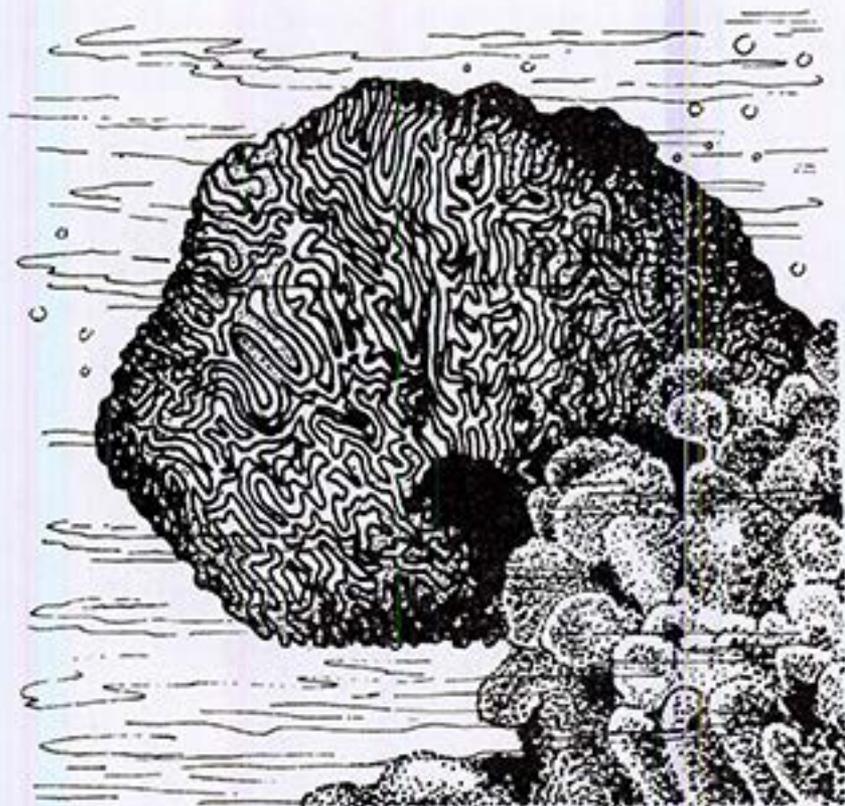


Fig. 36 Arrecife de coral.

De este ecosistema son característicos los distintos estratos que presenta, lo cual da lugar a diferentes tipos de hábitats y a que las especies que allí viven se distribuyan en estos estratos, reduciéndose la competencia entre ellas.

Este ecosistema es uno de los más variados en especies, donde se destaca toda una fauna característica, constituida por esponjas, abanicos de mar y una gran cantidad de corales como el cuerno de ciervo, el coral de columna y el orejón, entre otros; pero, además, llama la atención la variedad de formas y colores de los peces, todo lo cual le confiere a este ecosistema un gran valor turístico.

Los corales, por la belleza y la variedad de sus formas y colores, son objetos ornamentales valiosos y constituyen una fuente de ingresos para el país, que debemos explotar de manera racional y proteger.

SABÍAS QUE...

La barrera coralina de Cabo Cruz, en Niquero, provincia Granma, se encuentra en perfecto estado de conservación y es objeto de protección en la actualidad, pues forma parte del territorio del Parque Nacional Desembarco del Granma.

Manglar

El manglar (fig. 37) ocupa las zonas bajas y anegadizas, batidas por el agua de mar del archipiélago cubano.

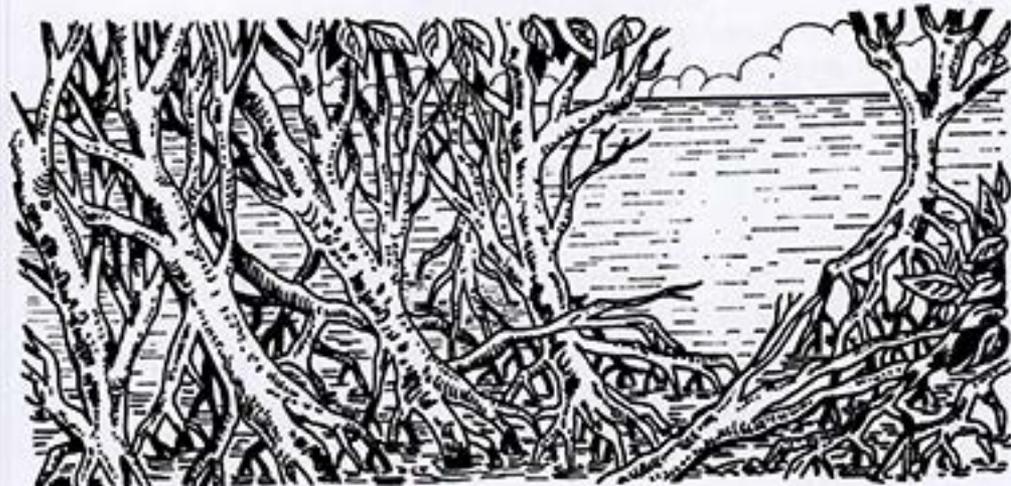


Fig. 37 Manglar.

En el manglar encontramos una formación arbórea de aproximadamente tres metros de altura, constituida por cuatro especies adaptadas a vivir en un suelo excesivamente salino y con poca cantidad de oxígeno. Estas especies son el mangle rojo, el mangle patabán, el mangle prieto y la yana. De estos, el que más penetra en el mar es el mangle rojo, de gran importancia como protector y formador de nuevos suelos, por la fauna que abriga (por ejemplo, la jutía, el ostión de manglar y el canario de manglar), y además porque se utiliza para hacer carbón, extraer sustancias colorantes, etcétera.

El manglar es considerado un ecosistema muy vulnerable y frágil y, por tanto, poco resistente, pues la contaminación por residuales químicos tales como el petróleo y otros de la industria química y azucarera, provocan la muerte de las especies que en él habitan.

La muerte del manglar hace desaparecer la barrera protectora que este establece entre el mar y los suelos, lo cual provoca que estos se afecten por la salinización, degradándose y perdiendo su fertilidad.

Ecosistemas de agua dulce

Laguna

Las lagunas son también ecosistemas típicos de nuestro país. Constituyen depósitos de agua dulce relativamente pequeños donde se encuentran representadas una gran diversidad de especies de plantas y animales características del lugar, en sus relaciones con el medio ambiente (fig. 38).

Generalmente, en los alrededores de las lagunas se observan palmas, como el guano prieto, y en muchas de ellas hay un alto endemismo de plantas carnívoras como la drosera. En sus orillas fangosas y húmedas se destacan el junco y el macío, plantas adaptadas a vivir en estas condiciones. En el interior de la laguna crecen algas y muchas especies de plantas acuáticas con flores, como la elodea, la cinta, la ova y el jacinto de agua; estas últimas por la belleza de sus flores, le confieren una apariencia característica al lugar.

En cuanto a la fauna también tienen sus particularidades. En sus orillas se aprecian aves como las garzas, pequeños anfibios, insectos como las libélulas, moluscos y peces.

Las lagunas, como los manglares, son también ecosistemas poco resistentes, por lo que el hombre debe proteger sus aguas de la contaminación, evitando verter en ellas desechos o residuos químicos que afecten su flora y fauna.

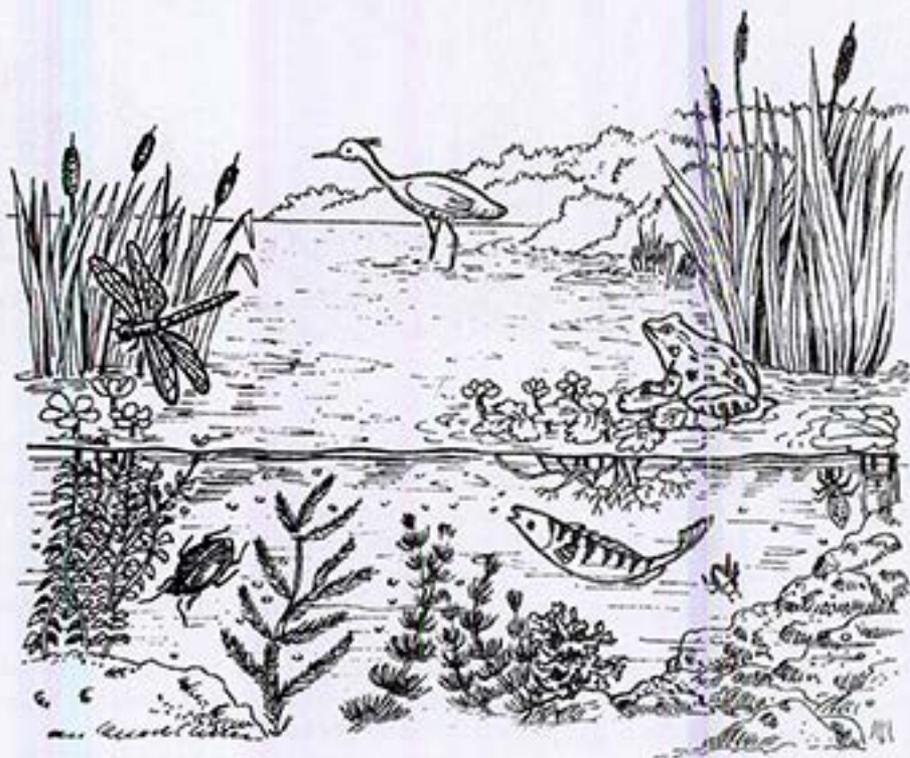


Fig. 38 Laguna de Cuba.



Tarea

1. Menciona los diferentes ecosistemas de Cuba que estudiaste y ejemplifica en uno de ellos sus características más importantes.
2. Lee en el epígrafe lo referente al ecosistema del bosque semideciduo tropical. Teniendo en cuenta su funcionamiento:
 - a) ejemplifica la influencia de los factores abióticos luz, suelo y agua con las adaptaciones de los organismos que allí viven, así como con la densidad poblacional que estos presentan;
 - b) identifica y representa las cadenas de alimentación que se manifiestan, indicando mediante una flecha el flujo de energía;
 - c) consulta en el capítulo las definiciones de los conceptos hábitat y nicho ecológico. Teniendo en cuenta el ecosistema de bosque, menciona un ejemplo de hábitat en este ecosistema. ¿Cuál es el nicho ecológico de la jutía conga y el de la planta de almacigo?

3. Ilustra mediante ejemplos de tu comunidad, cómo el hombre puede contribuir a proteger los ecosistemas.

Protección de la biosfera por el hombre

El hombre forma parte de la biosfera. A lo largo de su historia, al interactuar con ella ha aprendido a conocerla, a modificarla, a utilizar racionalmente sus recursos y también a protegerla. Sin embargo, esta interacción con la Naturaleza no siempre es racional y favorable, pues a medida que el desarrollo científico-técnico ha avanzado, la intensa actividad del hombre en la industria, la agricultura y otras ramas de las ciencias, provoca que en ocasiones no se cumplan las medidas necesarias para la protección de la biosfera, y el hombre, en lugar de protegerla, la destruye.

En nuestro país, donde la salud y el bienestar del hombre es lo más importante, se toman medidas de protección encaminadas en esta dirección, y se trabaja por lograr que la población actúe adecuadamente ante la Naturaleza y haga un uso racional de sus recursos.

En este sentido, la Asamblea Nacional del Poder Popular aprobó, el 10 de enero de 1981, la Ley de Protección del Medio Ambiente y del Uso Racional de los Recursos Naturales, la cual, en su artículo 4, dispone: "La protección del medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales, es responsabilidad del Estado y la sociedad y el individuo, los que tienen la obligación de mantenerlos en condiciones óptimas, con el fin de posibilitar la vida en un ambiente adecuado para el pleno desarrollo de sus actividades."

En los países donde existe la propiedad privada sobre los medios de producción y el hombre no es lo esencial, la competencia atenta en muchos casos contra la efectividad de las medidas que se toman para la protección de los recursos.

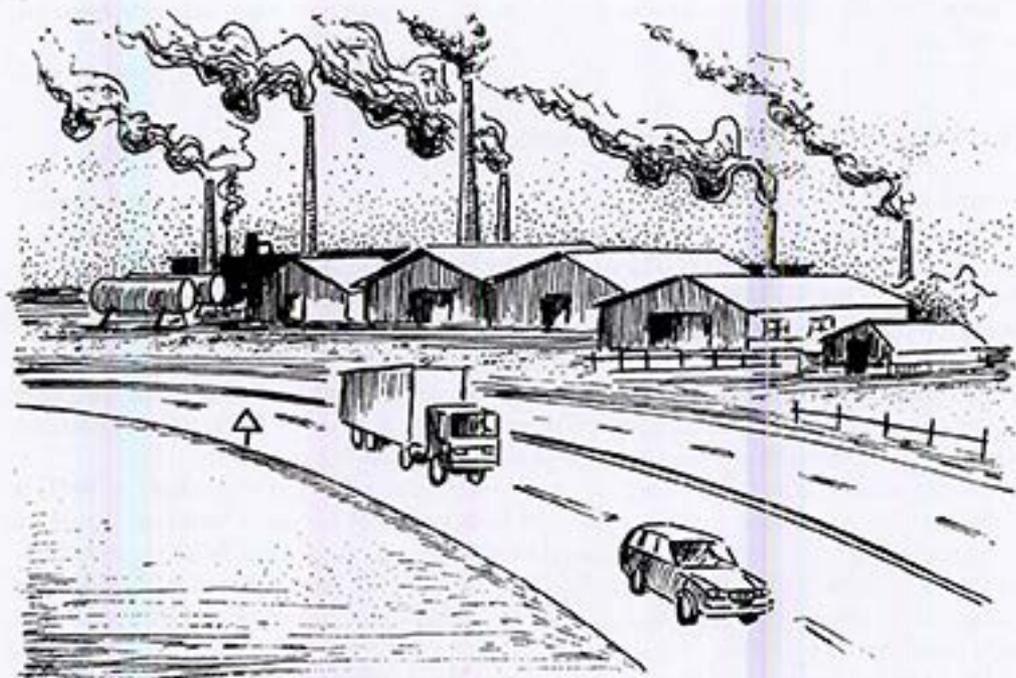
En el momento actual existen dos problemas ecológicos acuciantes que afectan el equilibrio en la biosfera: la contaminación ambiental y el agotamiento de los recursos naturales.

La **contaminación ambiental** es un problema generalizado, tanto para países desarrollados como subdesarrollados. Consiste en la presencia de sustancias nocivas en el aire, el agua y los suelos, depositadas en estos lugares como resultado de la actividad humana, en tal cantidad que afecta la salud del propio hombre, las plantas, los animales y otros organismos (fig. 39).

Entre las principales fuentes de contaminación podemos mencionar:

- a) aguas albañales procedentes de la actividad humana;
- b) aguas residuales de las industrias con desechos que constituyen la principal fuente de contaminación de las aguas de ríos, presas, lagos y mares;
- c) emanaciones industriales que, en forma de gas o polvo, son expulsadas a la atmósfera, contaminan el aire y provocan grandes desequilibrios en la biosfera;
- d) productos químicos procedentes de la actividad agrícola tales como fertilizantes, plaguicidas, desechos animales, entre otros, los cuales son arrastrados por las aguas;
- e) vertederos de sustancias contaminantes de peligro que incluyen desechos radiactivos;
- f) residuos provenientes de actividades domésticas;
- g) emanaciones, como el petróleo, que son dispersadas en las vías fluviales y marítimas por pérdidas de pozos marinos, averías en barcos petroleros y los restos de estos buques que se echan al mar.
- h) afectaciones del medio ambiente por las guerras, los experimentos con armas nucleares, etcétera.

También se consideran formas de contaminación el calor y el ruido excesivos, las quemas forestales y, en general, cualquier fuente de combustión.



a



b

Fig. 39 a) Actualmente se lanzan a la atmósfera gran cantidad de sustancias contaminantes, b) peces muertos a causa de la contaminación del agua.

Nuestro país no ha renunciado a continuar su desarrollo, y paulatinamente hace mayores esfuerzos por incrementar la industrialización. Esto, sin dudas, requiere que se tomen medidas encaminadas a lograr que las nuevas industrias no afecten el medio ambiente.

Entre las medidas que se están aplicando podemos mencionar:

- a) obras de descontaminación industrial;
- b) ubicación de filtros en las chimeneas de las industrias;

- c) trampas de grasa;
- d) plantas de tratamiento de residuales;
- e) control de las concentraciones límites admisibles de sustancias contaminantes en la atmósfera, agua y suelos;
- f) uso racional de fertilizantes y pesticidas;
- g) desarrollo y extensión de la lucha biológica contra las plagas, para sustituir pesticidas químicos;
- h) mejoramiento de los motores de combustión interna para reducir el nivel de gases tóxicos en el escape;
- i) siembra de árboles en las avenidas y creación de áreas verdes que contribuyan a disminuir el calor y el ruido en las ciudades, así como a enriquecer la atmósfera de oxígeno.

Aunque estas medidas se han tomado, y el Estado tiene una gran preocupación en este sentido, todavía su aplicación y control pueden mejorarse con la ayuda de todos, conscientes de que, al hacerlo, estamos protegiendo la biosfera de la cual formamos parte.

Muchos países desarrollados también valoran altamente la necesidad de proteger la biosfera.

El agotamiento de los recursos naturales es el otro problema ecológico fundamental, pues la intensa utilización de los recursos con la revolución científico-técnica ha provocado que algunos de ellos comiencen a agotarse a nivel mundial o local.

Los recursos naturales representan elementos o fuerzas de la Naturaleza que el hombre puede utilizar y aprovechar, y son fuentes de riquezas para la economía. Entre estos recursos, podemos mencionar las plantas, los animales, el agua y el suelo, los cuales pueden ser renovados por el hombre siempre que este tenga presentes las medidas de protección que permiten regenerarlos. Otros, sin embargo, como los minerales y el petróleo, no pueden renovarse, y las medidas para su protección tienen que estar encaminadas al cuidado de estos recursos y a su explotación planificada (fig. 40).

El agotamiento de los recursos naturales se pone de manifiesto, por ejemplo, en:

- a) la explotación desmedida de la flora y la fauna, lo que provoca la ruptura del equilibrio ecológico y, como consecuencia, la desaparición o disminución de un gran número de especies que en este momento se encuentran amenazadas, en peligro de extinción o ya extinguidas. Este aspecto se evidencia en los bosques de nuestro país, que fueron destruidos en gran parte por la tala y la caza indiscriminada, lo cual provocó un gran empobrecimiento de las especies de la fauna forestal como el guacamayo, el carpintero real, la cotorra, la paloma perdiz, la paloma boba y la jutía andaraz, entre otras, de las cuales uno de los casos más críticos es el guacamayo, ya extinguido. Pero no solo en Cuba esto ha sucedido. Podemos mencionar algunas especies de la fauna del mundo que también han sido explotadas irracionalmente y que en estos momentos se encuentran en grave peligro de extinción, como el bisonte de Norteamérica, el águila y la tortuga marina, entre otras;
- b) la erosión del suelo debido a la destrucción de la capa vegetal por el cultivo y el sobrepastoreo;
- c) la explotación irracional de yacimientos minerales;
- d) la reducción de la disponibilidad de agua en el manto freático por factores que afectan su infiltración.

El origen de esto último es también una consecuencia de la desaparición de la capa vegetal del suelo, pues el volumen de agua va a parar directamente a los ríos, sin incrementar las aguas subterráneas.

Otras causas que afectan el movimiento del agua como recurso, es la urbanización. Así tenemos que el pavimento de las carreteras y otros lugares impide la infiltración del agua hacia

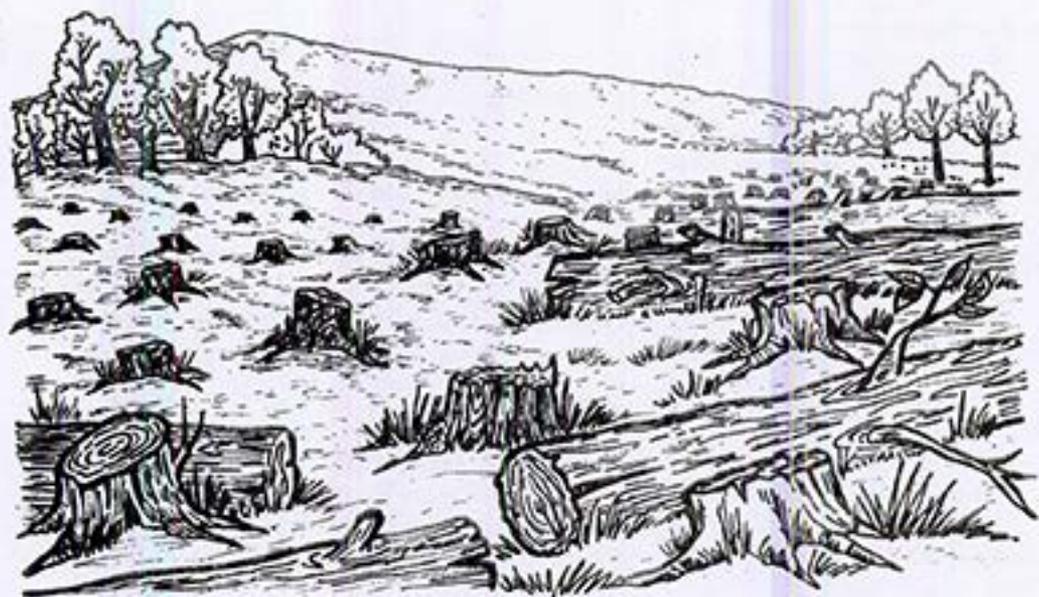


Fig. 40 La tala indiscriminada de los bosques es un factor que afecta el equilibrio de la biosfera y contribuye al agotamiento de este valioso recurso natural.

las capas subterráneas del suelo. También afecta el enorme consumo de agua con fines domésticos, y otra situación grave es la que se presenta en los lugares agrícolas que no son debidamente atendidos y en los que la sequía actúa lentamente, transformándolo en zonas de desertificación.

En Cuba, el Estado ha tomado medidas para utilizar estos recursos racionalmente, protegerlos y renovarlos, evitando así que se agoten. Entre estas medidas podemos mencionar:

- a) el estudio ecológico de las especies endémicas en cuanto a las relaciones, el hábitat, el nicho ecológico, etcétera;
- b) la creación de áreas protegidas como son:

refugios de fauna (Hatibonico, en la provincia Guantánamo, donde se protege a la iguana y a la avifauna);

reservas naturales (El Veral, en la provincia Pinar del Río, protección de la flora);

parques nacionales (Gran Piedra, en Santiago de Cuba);

reservas de la biosfera (Cuchillas del Toa, en Holguín y Guantánamo);

- c) medidas de restauración:

repoblación forestal;

recuperación de los suelos;

protección de especies endémicas;

acondicionamiento de terrenos donde la explotación minera ha cesado;

análisis de la capacidad de los ecosistemas para eliminar sobrepastoreo y fertilización excesiva;

planificación de cultivos, su rotación y empleo racional del regadío;

explotación racional de yacimientos minerales;

protección de recursos de agua y bosques;

control racional de movimientos de tierra en las obras (carreteras, industrias, minería, canteras, áreas de desarrollo urbano, entre otras).

SABÍAS QUE...

La ensenada de Mora y los Altos de Mompié, en Granma, son refugios de fauna donde se protegen al manatí y a la avifauna, respectivamente. La Sierra del Rosario y la península de Guanahacabibes, en Pinar del Río, son reservas de la biosfera que se encuentra en Cuba.

En otros países, estos aspectos referidos a la conservación de los recursos también son atendidos, y se trabaja en la recuperación de zonas que se encuentran en proceso de desertificación que, aunque requieren de inversiones costosas, es necesario transformar para recuperar y aprovechar el suelo.

Hay países que tienen áreas protegidas como, por ejemplo, el Parque Nacional de Simea, en Etiopía, el Parque Nacional y Reserva de la Biosfera de Durmitov, en Yugoslavia, y el archipiélago de los Galápagos, en Ecuador, que constituye una reserva de la biosfera, entre otros.

Mediante estas medidas de protección y el esfuerzo por incrementar en la población la cultura acerca del medio ambiente, el hombre contribuye, de manera decisiva, a que el vertiginoso desarrollo de la ciencia y la técnica sea compatible con la utilización racional de los recursos.



Tarea

1. En la actualidad, la contaminación ambiental y el agotamiento de los recursos naturales son los problemas ecológicos más acuciantes para la humanidad. Mediante un cuadro, resume sus principales causas y las medidas que el hombre ha tomado para evitarlas o disminuirlas.
2. En relación con la protección del medio ambiente:
 - a) ¿cómo el Estado cubano garantiza su cumplimiento por todos los ciudadanos?
 - b) menciona algunas medidas dirigidas a la protección del medio ambiente en tu localidad.
3. En una ciudad existe una extensa área de bosque que fue talado por el hombre para la construcción de una carretera:
 - a) explica qué consecuencias esto puede producir en el medio ambiente;
 - b) ¿cómo puede esto evitarse?



Influencia de los factores abióticos en los organismos

En este capítulo se estudió la influencia de los factores abióticos en el comportamiento y la distribución de los organismos. Además se analizaron las relaciones que se establecen entre los factores bióticos. Al realizar esta práctica de laboratorio podrás comprobar estos aspectos, lo que te será de utilidad en el estudio del capítulo y los análisis ecológicos posteriores.

Materiales

Acuario (con peces y plantas, fundamentalmente elodea), cochinillas, lombriz de tierra; piedras, hojarasca; cristalizadora, beaker; termómetro y disolución de cloruro de sodio al 5 %.

Técnica operatoria

1. Observa las plantas del acuario que el profesor te entregó en dos recipientes, y coloca uno bajo la luz intensa y, el otro, donde la iluminación sea menor.
2. Espera entre 10 y 15 min. Pasado este tiempo, mide y anota la temperatura del agua en cada recipiente. Describe lo que ocurre en las hojas o en los extremos de los tallos de las plantas.
3. Elabora un cuadro con los resultados de tus observaciones de cada recipiente; este debe contener la información siguiente: iluminación (intensa o no), temperatura del agua, cambios en las hojas o tallos de las plantas.
4. En un segundo experimento, agrupa las piedras humedecidas y la hojarasca en el fondo de la cristalizadora, hacia uno de sus bordes.
5. Ubica la cristalizadora bajo la luz intensa.
6. En el lado opuesto a las piedras coloca 2 o 3 cochinillas y posteriormente una lombriz de tierra. Espera unos minutos, observa y describe lo que ocurre en cada caso.
7. En un tercer experimento, coloca en la disolución de cloruro de sodio uno de los peces del acuario. Observa y describe su comportamiento (el pez no debe estar en la disolución más de tres minutos).
8. Devuelve el pez al acuario. Observa y describe nuevamente su comportamiento, durante 2 o 3 min.

Conclusiones

1. Menciona en cada experimento los factores abióticos que han variado.
2. En el paso 2, ¿qué proceso de los que ocurren en las plantas se aceleró? ¿Qué relación tiene este con el resto de los organismos del acuario?
3. Explica la causa de lo que observaste en el paso 6.
4. Compara tus observaciones de los pasos 7 y 8. ¿Qué explicación puedes darle a esto?
5. ¿A qué conclusiones puedes llegar con estos experimentos? Analiza colectivamente tus respuestas.



Observación de las relaciones en el ecosistema

En la biosfera, las poblaciones de organismos interactúan entre sí y con los factores abióticos del medio ambiente donde se encuentran, y constituyen una unidad: el **ecosistema**.

En la práctica de laboratorio 1 comprobaste la influencia de los factores abióticos sobre los organismos. En esta práctica estudiarás las características propias de un ecosistema que hacen que este funcione como una unidad ecológica. Para este estudio te proponemos que selecciones: el acuario, un tronco podrido, un curujey, un área debajo de una piedra, preferiblemente en un lugar húmedo, o cualquier otro lugar en el que existan diversas manifestaciones de vida, aunque es conveniente elegir un área pequeña para facilitar su estudio.

Materiales

Cuchilla, termómetro ambiental y lupa.

Técnica operatoria

1. Observa detenidamente el ecosistema seleccionado.
2. Mide y anota la temperatura del aire o del agua, según corresponda.
3. ¿Cómo es la iluminación en el ecosistema? (iluminación intensa, poca iluminación o sombra, ninguna iluminación u oscuridad).
4. ¿Cómo es la humedad en el ecosistema?
5. Dirige tu atención a los organismos que se encuentran en el ecosistema. ¿A qué reinos pertenecen?
6. ¿Qué relaciones puedes establecer entre los organismos y los factores abióticos del ecosistema?
7. ¿Observas relaciones entre los organismos? Descríbelas.

Conclusiones

1. ¿Qué influencia tienen los factores abióticos en el ecosistema estudiado? Si uno de ellos varía, ¿qué efectos provocaría? Argumenta tu respuesta.
2. Ejemplifica algunas de las relaciones observadas en este ecosistema.
3. Elabora una posible cadena de alimentación en el ecosistema analizado. Valórala en colectivo.
4. Menciona una posible vía de ruptura del equilibrio en este sistema, provocada por alguna fuente de contaminación, y propónle al colectivo medidas para su conservación, en caso de que sea un ecosistema útil.

HERENCIA Y VARIACIÓN

En las diversas especies de organismos que existen formando las poblaciones de nuestro planeta, los descendientes se asemejan a sus progenitores, al mismo tiempo que difieren de ellos; como consecuencia, en cada una de las especies, generación tras generación, se establecen semejanzas y diferencias que le dan unidad y diversidad.

Pero ¿por qué los descendientes son semejantes a sus progenitores y, al mismo tiempo, son distintos?

La respuesta a esta pregunta está muy relacionada con la transmisión hereditaria que ocurre durante la reproducción de los organismos, y constituye un importante problema de investigación de una ciencia que avanza vertiginosamente: la genética.

En este capítulo estudiaremos los fenómenos biológicos que son objeto de estudio de esta ciencia; podremos, entonces, solucionar esta y otras interrogantes y comprender mejor el mundo vivo al que pertenecemos. De igual forma estudiaremos algunas de las aplicaciones prácticas de los conocimientos genéticos a la agricultura, la ganadería y la medicina, importantes esferas de nuestro desarrollo en las que la biotecnología y la ingeniería genética abren nuevas perspectivas.

La herencia y la variación como fenómenos genéticos

La genética estudia el fenómeno hereditario que se manifiesta en los organismos al reproducirse; este tiene como resultado tanto la estabilidad como la variabilidad de sus características, de ahí que los fenómenos que constituyen el objeto de estudio de la genética sean la herencia y la variación.

Conocemos que con los trabajos experimentales de Gregor Mendel (ver figura 4) tuvo lugar la más trascendental contribución al surgimiento de la genética. Desde entonces, y como resultado de la consagrada labor de numerosos hombres de ciencia, el conocimiento de la herencia y la variación se ha ampliado considerablemente. Los trabajos de Mendel aportaron las bases para importantes teorías biológicas y permitieron que, en las últimas décadas, se desarrollara una nueva etapa de la genética que ha hecho posible la comprensión de las causas de estos fenómenos.

¿En qué consiste la herencia y la variación?

La herencia es el fenómeno que consiste en la transmisión de la información genética de los caracteres de una generación a la siguiente, mediante la reproducción.

Todos los organismos, por muy poco complejos que estos sean, pueden dar lugar a descendientes muy parecidos a ellos como consecuencia de la transmisión de la información genética

durante el proceso reproductivo. Así, por ejemplo, se trasmite la información que determina que, en los conejos, el color del pelaje sea negro o blanco, o que, en la caña de azúcar, determina la susceptibilidad o la resistencia a determinadas plagas y enfermedades.

Otros ejemplos evidencian el fenómeno de la herencia. Casi siempre, los hijos de dos individuos de ojos claros son de ojos claros, y las plantas de una variedad de flores rojas generalmente producen plantas con flores rojas.

Como resultado de la herencia se establece la continuidad de los caracteres entre las generaciones; esto permite el mantenimiento de las estructuras y funciones que aseguran tanto el desarrollo individual de cada organismo como el mantenimiento de las especies a que ellas pertenecen (fig. 41).

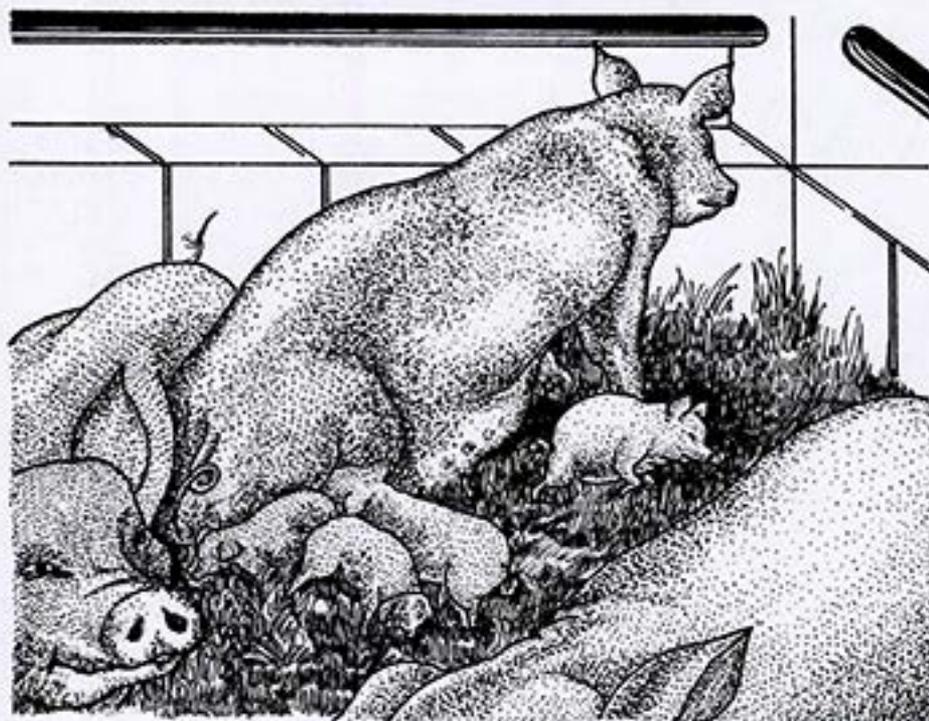


Fig. 41 Como resultado de la herencia se establecen semejanzas entre los progenitores y sus descendientes.

¿Cómo explicar, entonces, las diferencias entre los organismos?

Sin la variación, la vida sería muy diferente de como la conocemos, ya que este es un fenómeno tan característico como lo es la herencia. Las diferencias que en cuanto a tamaño, forma, color o funciones, por ejemplo, presentan los organismos de una especie, son resultado de la variación. *La variación es el fenómeno que consiste en los cambios que se producen en los organismos* (fig. 42).

Cuando en determinada especie de planta, dos de ellas, pertenecientes a una variedad de flores rojas, producen plantas con flores de otro color, estamos ante una variación. Este fenómeno se manifiesta también en las diferencias que presentan los hijos de una mujer de pelo negro y ojos pardos, y un hombre rubio de ojos azules. De igual forma, mediante la variación, podemos explicar las diferencias que en cuanto a la mayor parte de nuestros caracteres, como la forma de

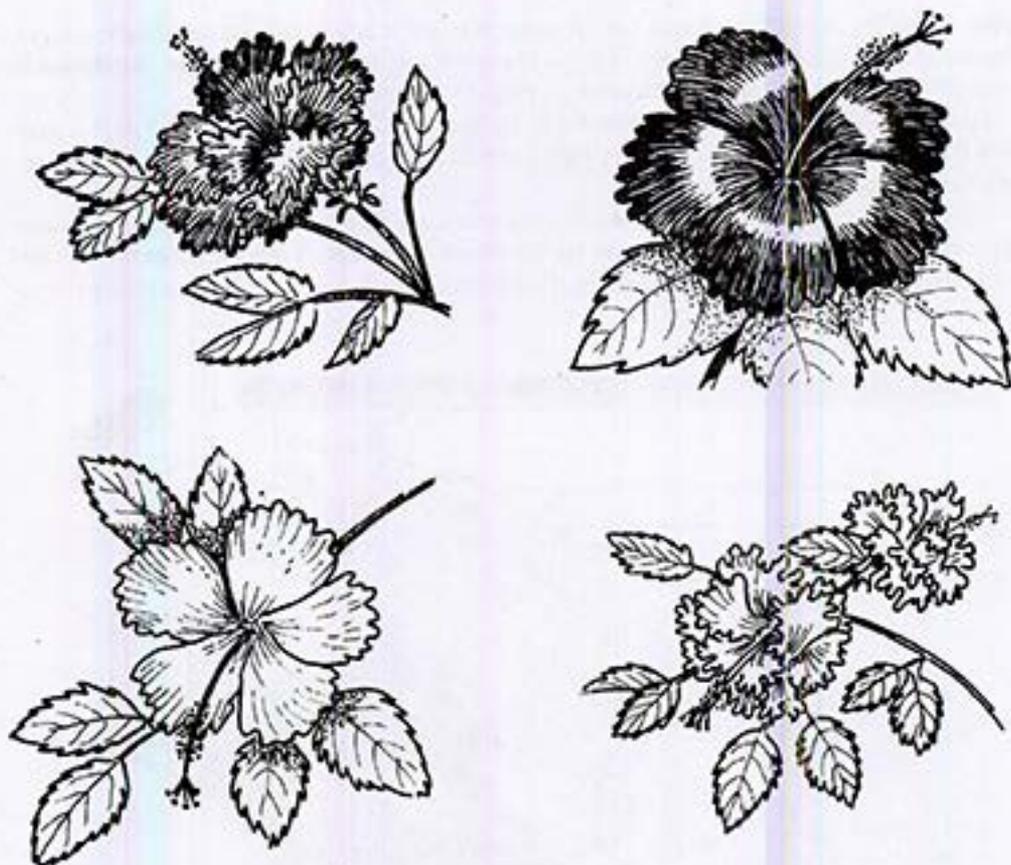


Fig. 42 Variación en cuanto a color y forma de las flores en plantas de marpacífico.

los ojos, el color de la piel, la estatura y el tipo de grupo sanguíneo, presentamos en relación con nuestros padres y hermanos.

También constituyen variaciones los numerosos cambios que ante las transformaciones del medio ambiente, se manifiestan en las características de los organismos; así, por ejemplo, en la especie humana aumenta el bronceado de la piel por los efectos de la luz solar, y se incrementa el número de glóbulos rojos al aumentar la altitud en que vive el individuo.

SABÍAS QUE...

No es posible encontrar dos organismos exactamente iguales en la Tierra. Incluso dos hermanos gemelos, en los que existe la misma información genética, difieren entre sí por la influencia de condiciones ambientales diferentes.

Todo ser vivo que se reproduce, transmite la información de sus caracteres y esta, a su vez, puede cambiar y combinarse de diversas formas en la descendencia. Esto evidencia la estrecha relación que existe entre la herencia y la variación, lo que se comprenderá mejor si tenemos en cuenta que ambos fenómenos se manifiestan como resultado del mismo proceso, la reproducción, y que los factores bióticos y abióticos del medio ambiente que influyen sobre los caracteres de los organismos, nunca son exactamente iguales en lugares y tiempos diferentes.

En resumen, *la herencia y la variación son fenómenos biológicos que constituyen una unidad dialéctica*; a la vez que interactúan, son también contrarios; la herencia permite la **continuidad** y el **mantenimiento** de los caracteres de los organismos en las especies, y la variación tiene como resultado sus **cambios**. A medida que profundicemos en la esencia de estos fenómenos, comprenderemos mejor su unidad dialéctica y ampliaremos nuestros conocimientos acerca de la unidad y la diversidad del mundo vivo.



Tarea

1. Consulta en el vocabulario el significado de la palabra genética. ¿Cuál es el objeto de estudio de esta ciencia?
2. Teniendo en cuenta los conceptos herencia y variación que aparecen en el epígrafe, analiza las situaciones siguientes:

Situación A

1ra. generación (progenitores)

Los organismos presentan las características

A, B, C y D

REPRODUCCIÓN



2da. generación (descendientes)

Los organismos presentan las características

A, B, C y K

Situación B

1ra. generación (progenitores)

Los organismos presentan las características

A, B, C y D

REPRODUCCIÓN



2da. generación (descendientes)

Los organismos presentan las características

P, M, C y K

- a) Identifica en cuál situación predomina la herencia y en cuál la variación. Argumenta.
 - b) Ejemplifica en cada caso.
3. Valora el planteamiento siguiente: "La herencia y la variación constituyen una unidad dialéctica." Cita un ejemplo que lo ilustre.

El gen: unidad de herencia y variación. El ADN y la información genética

¿Cuál es la causa de que en el proceso de transmisión hereditaria, los caracteres se mantengan estables y que, al mismo tiempo cambien de una generación a otra?

Ante esta contradicción debemos tener en cuenta que las características de la herencia y la variación nos sugieren la existencia de una base material común a ambos fenómenos. Esa base material son los *genes*, los cuales constituyen las unidades de la herencia y la variación (fig. 43).

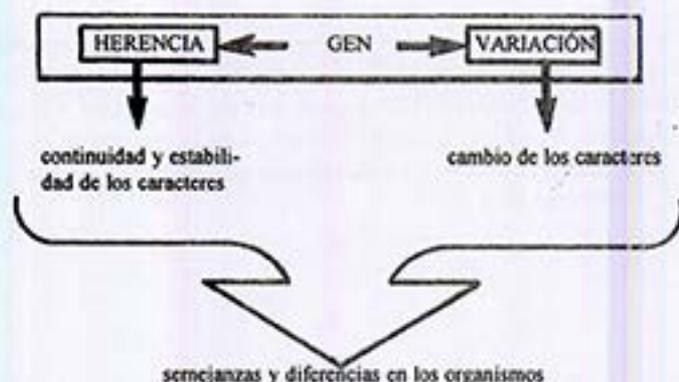


Fig. 43 Los genes constituyen las unidades de la herencia y la variación.

Conocemos que los genes contienen la información acerca de los caracteres hereditarios, y que están localizados en los cromosomas, estructuras celulares constituidas por ADN (ácido desoxirribonucleico) y, generalmente, por proteínas. Ahora bien, ¿qué son los genes?

En la búsqueda de la solución a esta pregunta, surge una nueva interrogante: ¿cuál de estas moléculas, el ADN o las proteínas, contiene la información genética y, por tanto, constituye a los genes?

Si analizamos que, a diferencia de las proteínas, la cantidad de ADN que presentan los organismos de una especie, es notablemente constante, y que cuando se producen alteraciones en el ADN de un organismo, también se producen en sus caracteres hereditarios, comprenderemos la relación estrecha que existe entre el ADN y los genes.

Diferentes experimentos permitieron demostrar definitivamente, en 1952, la importancia de los ácidos nucleicos como material genético y que *los genes, en la mayoría de los organismos, están constituidos por ADN*. Algunos virus, como, por ejemplo, el mosaico del tabaco, el de la poliomielitis y el del SIDA, presentan como material genético al ARN (ácido ribonucleico).

De igual forma se ha demostrado que los cromosomas, o las cromátidas que los constituyen, están formados por una sola molécula de ADN, y que determinados segmentos de ella son los genes (fig. 44). Consecuentemente, los genes están localizados linealmente en los cromosomas (fig. 45).

Los miembros de los diferentes pares de cromosomas que integran el cariotipo de los organismos con estructura celular eucariota, presentan un contenido genético determinado; los miembros de cada par de cromosomas son generalmente iguales, y sus genes están localizados en un mismo sitio de ambos cromosomas. Por tanto, los genes se transmiten cuando los cromosomas se distribuyen entre las células hijas durante la división celular. Lo antes planteado ocurre en el proceso de reproducción como resultado de la mitosis o la meiosis, según el tipo de reproducción (asexual o sexual) de los organismos.

SABÍAS QUE...

La mayor parte de los experimentos genéticos se realizan en organismos que se reproducen en un breve período de tiempo, por ejemplo, en la bacteria *Escherichia coli* y la mosca *Drosophila melanogaster*. En este último caso, la presencia de cromosomas "gigantes" en sus glándulas salivales permiten estudios detallados de los cromosomas, ya que por su tamaño son claramente visibles al microscopio óptico.

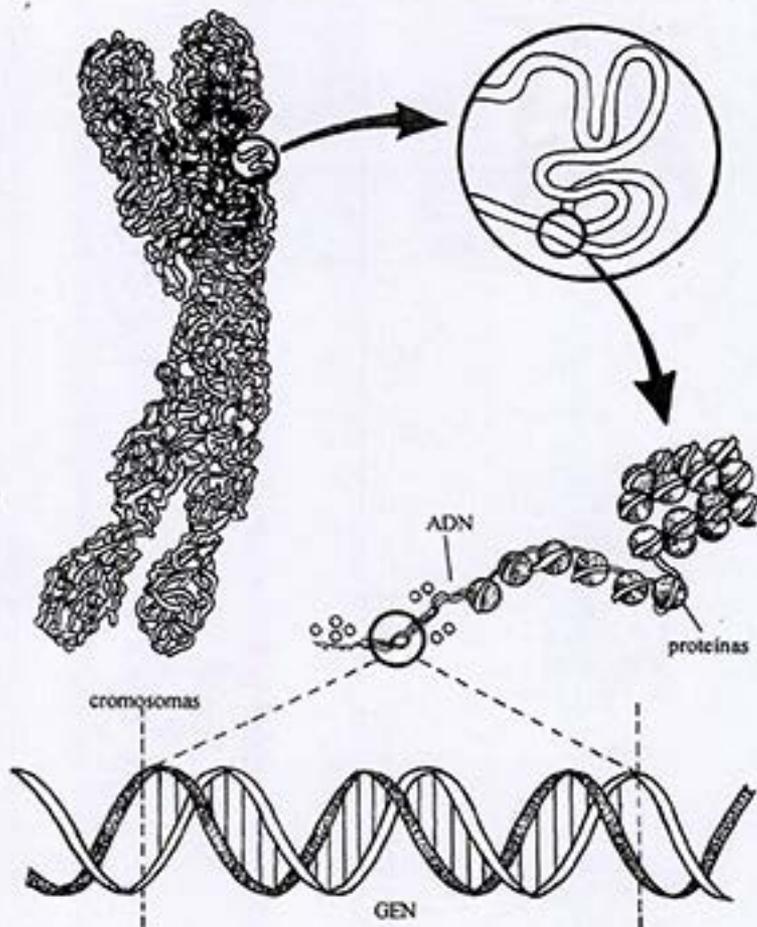


Fig. 44 Relación estructural entre los cromosomas, el ADN y los genes.

Del análisis anterior podemos concluir que los genes son segmentos de moléculas de ADN que contienen información genética, como la que determina el color de los ojos, la forma de un organismo o la síntesis de una hormona. Esta pudiera ser una primera respuesta a la pregunta planteada al inicio del epígrafe, pero ¿de qué forma los genes contienen la información genética?, ¿dónde radica la especificidad de dicha información?, ¿por qué esa información se mantiene estable o cambia de una generación a la siguiente?

Para responder estas preguntas y poder reconocer las características de los genes, debemos primeramente estudiar el ADN que los constituye.

El ADN y la información genética

Recordemos que el ADN es el ácido nucleico cuya molécula está formada por dos cadenas de polinucleótidos complementarias, unidas por puentes de hidrógeno y en cuyas secuencias de nucleótidos contienen la información genética. Cada nucleótido está integrado por un grupo fosfato, un azúcar de desoxirribosa y una base nitrogenada del tipo adenina (A), citosina (C), timina (T), guanina (G) (fig. 46).

Como se observa, las dos cadenas del ADN no son iguales en su secuencia de nucleótidos. Los nucleótidos de cada una se encuentran linealmente enlazados mediante los grupos fosfatos y,

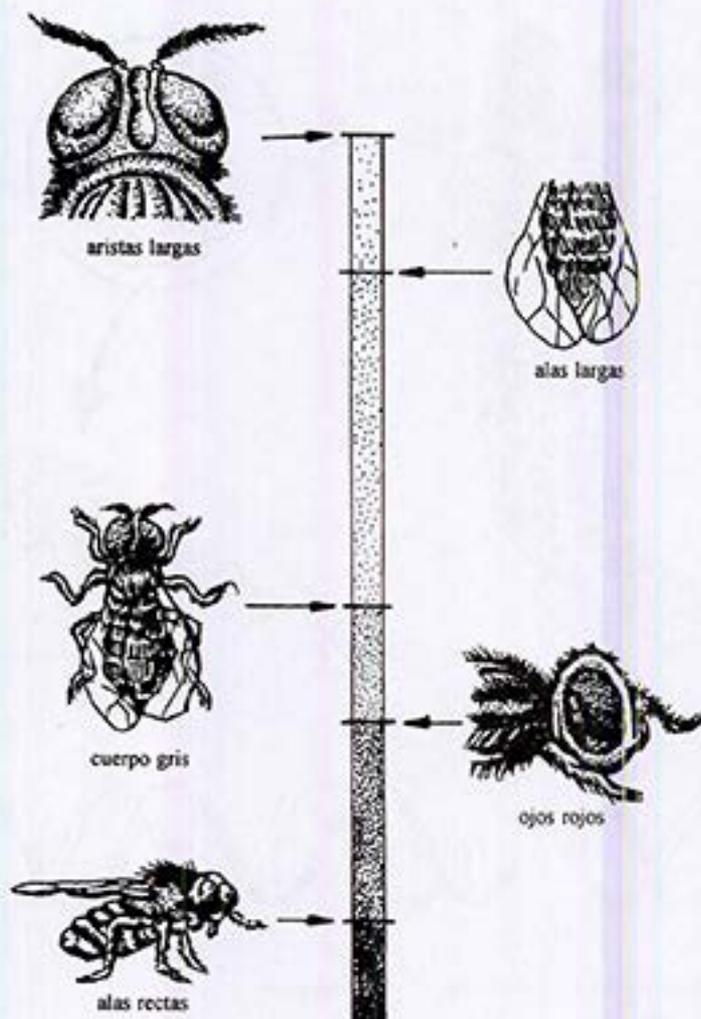


Fig. 45 Representación esquemática de la localización lineal de los genes en una porción de cromosomas de *Drosophila melanogaster*.

a su vez, ambas cadenas, en el interior de la doble hélice, están unidas por puentes de hidrógeno que se establecen entre sus bases nitrogenadas complementarias: la adenina con la timina (A-T) y la guanina con la citosina (G-C).

SABÍAS QUE...

Las bacterias solo tienen una molécula de ADN de forma circular que mide, al ser extendida, aproximadamente 1,4 mm. Sin embargo, si se uniera el ADN de todos los cromosomas presentes en un organismo humano adulto, este alcanzaría una longitud de $1,5 \times 10^{11}$ m aproximadamente.

El descubrimiento de la estructura del ADN fue el resultado de numerosos estudios experimentales derivados del propio desarrollo de la genética. En 1953, el biofísico inglés Francis

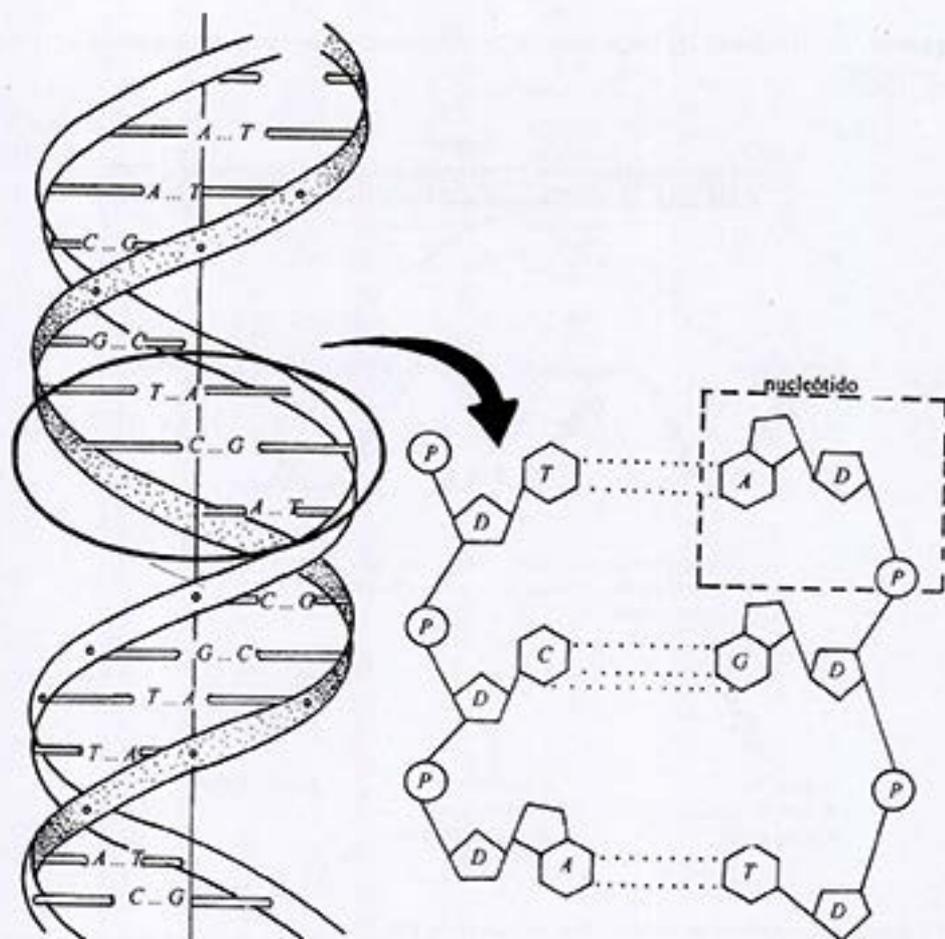


Fig. 46 Esquema que representa las características de la molécula de ADN.

Crick (n. 1916) y el biólogo norteamericano James Watson (n. 1928), propusieron un modelo de la estructura del ADN, lo que constituyó un significativo aporte a la biología. Dicho modelo permitió comprender que la gran diversidad de informaciones genéticas radica en las casi infinitas secuencias de bases que pueden establecerse a lo largo de las moléculas de ADN.

La secuencia específica en que linealmente se encuentran combinados los cuatro tipos de bases nitrogenadas en las moléculas de ADN (A, C, T y G), determina la especificidad de su información genética y, por tanto, la de los genes.

SABÍAS QUE...

Una molécula de ADN, de solo 1 mm de longitud, tiene aproximadamente 5×10^6 pares de nucleótidos. Esto permite un enorme número de combinaciones de bases distintas en sus secuencias de nucleótidos.

A partir de esta conclusión podemos ampliar la respuesta a la pregunta inicial acerca de los genes y concluir así su concepto: *Un gen es un segmento de ADN que contiene una información genética determinada en su secuencia de bases nitrogenadas, que se transmite de una generación*

a la siguiente, se expresa en los caracteres en interacción con los factores ambientales y puede cambiar (fig. 47).

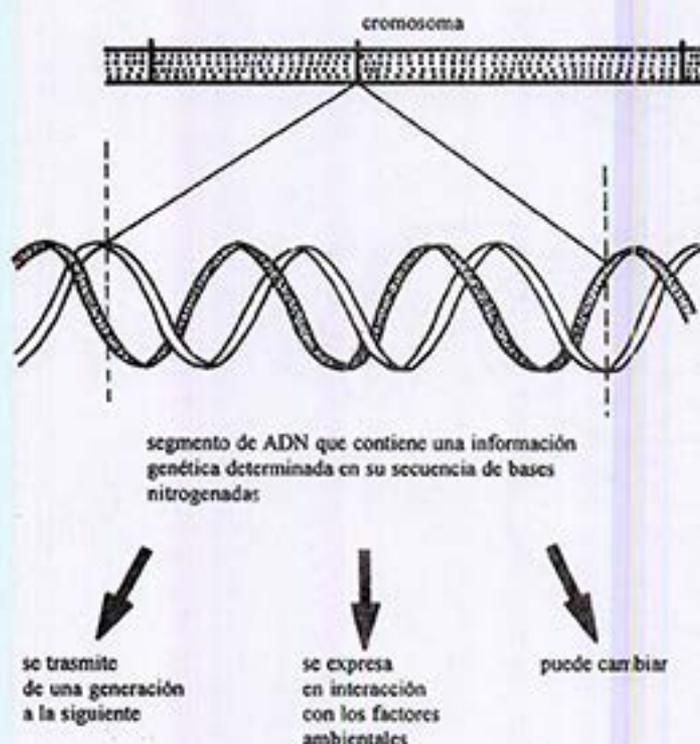


Fig. 47 Esquema que representa las características esenciales del gen.

Ahora bien, ¿cómo pueden los genes transmitirse de una generación a otra?, ¿cómo se expresan en interacción con los factores ambientales? y ¿cómo pueden cambiar?

Para solucionar estas interrogantes debemos tener en cuenta las propiedades biológicas del ADN: la replicación, la transcripción y la mutación (fig. 48).

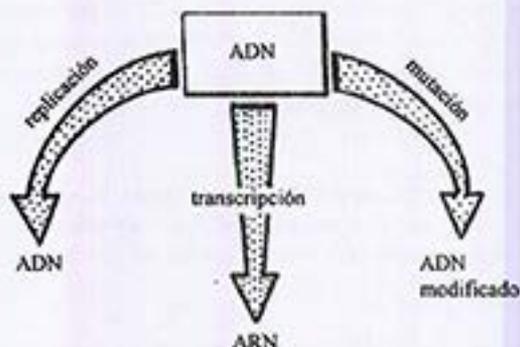


Fig. 48 Propiedades biológicas del ADN: replicación, transcripción y mutación.

Estas propiedades nos permiten explicar las características de los genes. El resultado de la replicación es la síntesis de nuevas moléculas de ADN que aseguran la transmisión de los genes de una célula a sus "células hijas", o de un organismo a sus descendientes. Mediante la transcripción se sintetizan las moléculas de ARN que permiten la expresión de la información genética del ADN en los caracteres hereditarios. Como consecuencia de las mutaciones, en los genes se modifica la información genética, dando como resultado nuevas características en los organismos de una especie. De esta forma, las propiedades del ADN implican, por una parte, la estabilidad de los caracteres hereditarios y, por otra, sus cambios. Su estudio nos permitirá comprender que el ADN no es solo el elemento estructural de los genes, sino también su base funcional como unidades de la herencia y la variación.



Tarea

1. Menciona dos evidencias de que el ADN es el material genético.
2. Analiza detenidamente la definición de ADN que aparece en el epígrafe, y resume en una llave las características estructurales de este ácido nucleico. ¿Cuál de estas características le permiten contener la información genética?
3. De las secuencias de bases nitrogenadas de ADN que aparecen a continuación, representa la secuencia de bases de sus cadenas complementarias:
 - a) T G A T C A G G T
 - b) A T A T A C G T G
 - c) C C T G C A G A T
4. Define el concepto gen. Auxíliate de un esquema.
5. En el esquema en que ilustres las características de los genes, representa la relación de dichas características con los fenómenos de herencia y variación.
6. Dos genes presentan la misma proporción de bases nitrogenadas. ¿Implica esto que contienen la misma información genética? Argumenta tu respuesta.

El gen como unidad de la herencia. Replicación del ADN. Expresión de la información genética

Después de haber analizado las características de los genes, profundizaremos en las propiedades del ADN que nos permiten explicar por qué son ellos las unidades de la herencia.

La replicación y la transcripción del ADN constituyen las bases de dos de las características más notables de los genes: su transmisión de una generación a la siguiente y su expresión como caracteres hereditarios.

Replicación del ADN

Conocemos que la transmisión hereditaria ocurre durante la reproducción mediante la mitosis o la meiosis. En la interfase previa a la división celular todo el ADN de cada célula se replica,

sintetizándose así las nuevas moléculas de ADN que permiten que se dupliquen los cromosomas y, con ellos, cada uno de los genes. Al distribuirse los cromosomas, generalmente de forma exacta entre las células "hijas", se transmite la información genética de una generación a la siguiente.

¿Cómo se replica la información genética?, ¿en qué consiste la propiedad de replicación del ADN?

El modelo de Watson y Crick permitió comprender la forma en que el ADN se replica. Su estructura en dos cadenas y la complementariedad específica entre sus bases nitrogenadas, permitieron dar respuestas a estas preguntas.

La replicación es la propiedad del ADN en la que, mediante la participación de enzimas y de forma semiconservativa, por cada molécula se sintetizan dos que contienen la misma secuencia de bases nitrogenadas y, por tanto, la misma información genética (fig. 49).

La replicación constituye un proceso molecular. Este se inicia con la separación de las cadenas del ADN a partir de sitios específicos mediante la ruptura de los puentes de hidrógeno que las unen. A medida que las cadenas se separan, cada una sirve de molde para la síntesis de una cadena nueva. Los diferentes nucleótidos de ADN, presentes en la célula, se van situando complementariamente frente a los nucleótidos de las cadenas de la molécula original, según estas se van separando. Como resultado se obtienen dos moléculas de ADN, con la misma información

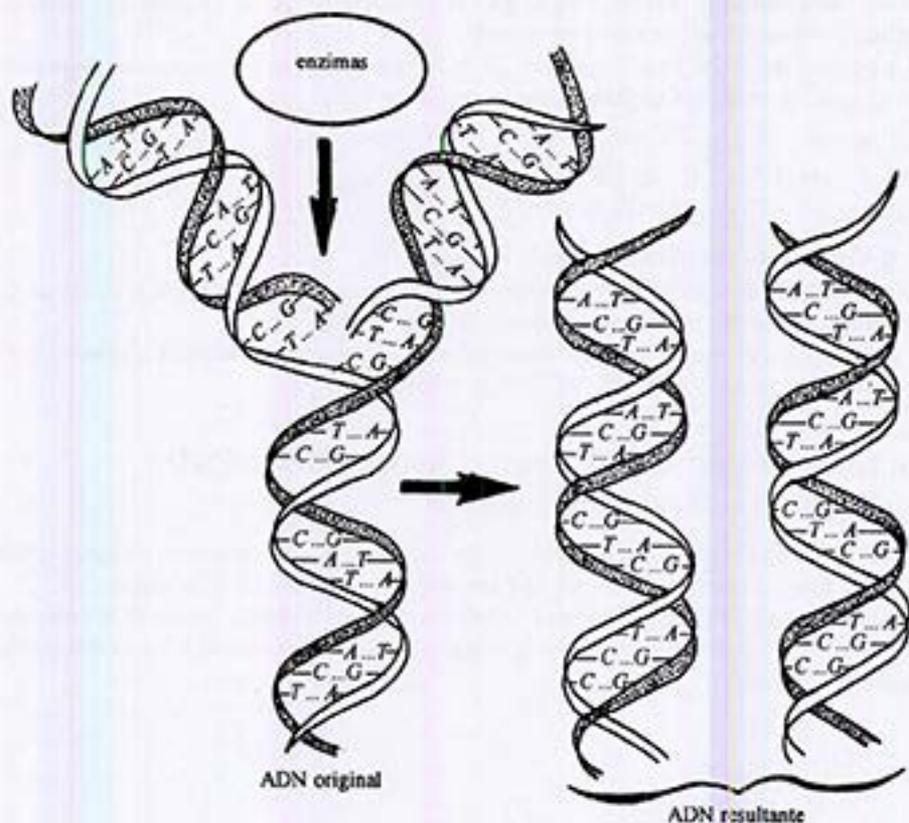


Fig. 49 Esquema que representa la replicación del ADN.

genética, que conservan una de las dos cadenas originales. Esta es la razón por lo que la replicación se considera un proceso semiconservativo.

La replicación semiconservativa del ADN constituye la base de la transmisión hereditaria que se establece entre una generación y la siguiente y, por tanto, es determinante en la continuidad genética de las especies.

En la replicación participan enzimas y otras proteínas específicas de gran importancia, ya que, en general, permiten la separación de las cadenas del ADN original y el gradual crecimiento de las que se sintetizan. En la actualidad, nuevas técnicas de investigación biológica posibilitan estudios más profundos de las particularidades de esta importante propiedad del ADN, lo que conduce a una mejor comprensión de los fenómenos genéticos.

SABÍAS QUE...

Mientras que en el ADN de las bacterias solo existe un sitio de inicio de la replicación, en el ADN de algunos cromosomas de células eucariotas pueden existir hasta 5 000. Se ha calculado que de no ser por este incremento, la replicación completa de estos cromosomas, en lugar de durar unas pocas horas, duraría 30 días aproximadamente.



Tarea

1. En la figura de las características de los genes, analiza cuáles de ellas guardan una relación directa con el fenómeno de la herencia. Argumenta tu respuesta teniendo en cuenta las propiedades del ADN con que se relacionan.
2. Las secuencias de bases de un segmento de ADN en un gen son:
Cadena A: C A C C A G T T A C A
Cadena B: G T G G T C A A T G T
 - a) Representa esquemáticamente su replicación y valora tu respuesta comparándola con la figura 49.
 - b) ¿Existen diferencias en la información genética de las moléculas resultantes? Argumenta tu respuesta.
3. ¿Por qué decimos que la replicación del ADN es semiconservativa? Ilustra tu explicación utilizando un segmento de ADN con una secuencia de bases propuesta por ti.
4. Teniendo en cuenta las características de la replicación del ADN, explica la importancia de su carácter semiconservativo en la transmisión de la información genética.
5. En un experimento se marcó radiactivamente el ADN de un determinado protista, y se observó que en los descendientes resultantes de su bipartición, los cromosomas estaban marcados. Elabora una hipótesis que te permita explicar lo ocurrido.

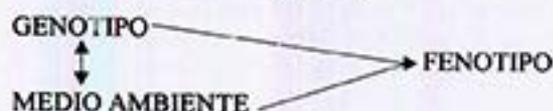
Expresión de la información genética: transcripción y biosíntesis de proteínas

Cada carácter, en los organismos, es resultado de la expresión de uno o varios de los genes que le fueron transmitidos por sus progenitores. Sin embargo, los genes por sí solos no se expresan y

manifiestan como caracteres hereditarios; la expresión de los genes también depende de las condiciones del interior de las células, del medio interno de los organismos y del medio ambiente con el que continuamente estos últimos intercambian sustancias, energía e información. Los numerosos ejemplos que estudiamos en el capítulo anterior, así lo demuestran.

Los organismos que presentan una misma información genética, difieren en sus caracteres hereditarios si se desarrollan en medios ambientes diferentes; por ejemplo, dos plantas obtenidas por reproducción vegetativa, presentan los mismos genes y, sin embargo, pueden diferir notablemente en cuanto a su pigmentación y tamaño, si las condiciones del suelo en que crecen u otros factores, se diferencian entre sí.

Para distinguir entre los genes y los caracteres en que estos se expresan, se utilizan dos conceptos fundamentales: el **genotipo**, cuando nos referimos al *total de genes que contienen toda la información genética que un organismo hereda de sus progenitores*, y el **fenotipo**, cuando se trata del conjunto de caracteres del individuo, resultantes de la interacción de su genotipo y los factores del medio ambiente (fig. 50):



De igual forma que, en un organismo, el genotipo contiene la información genética, en las poblaciones esta queda contenida en el **genofondo**. Llamamos *genofondo* al conjunto de genotipos de una población.

Numerosas investigaciones científicas han demostrado la relación existente entre los genes y las **proteínas**. Generalmente, la información genética contenida en la secuencia de bases del ADN que constituye a los genes, se traduce en la síntesis de proteínas con determinadas secuencias de aminoácidos.

Las proteínas son importantes componentes estructurales y funcionales de las células que desempeñan un papel determinante en la expresión del genotipo de los organismos. Según sea la secuencia de aminoácidos de las proteínas sintetizadas, estas participan, de una forma u otra, en las reacciones mediante las cuales los genes transmitidos se expresan en caracteres fenotípicos tales como la forma de la concha de un molusco o el crecimiento de una planta.

En nuestra especie, por ejemplo, el color del pelo negro en un individuo, es el resultado de sucesivas reacciones en las que participan determinadas proteínas enzimáticas; como consecuencia de la acción de estas proteínas es que se sintetiza el pigmento que le da el color al pelo. Si algunas de estas enzimas no se sintetizara, no podría producirse dicho pigmento y, por tanto, el color del pelo no sería negro.

Como se observa en la figura 51, los genes no se traducen directamente en proteínas. En la expresión de la información genética es fundamental la participación de las moléculas de ARN que resultan de la **transcripción del ADN**.

Recordemos que el **ARN** es otro tipo de ácido nucleico, cuyas moléculas están formadas por una cadena de polinucleótidos constituidos por un grupo fosfato, un azúcar ribosa y una de las bases nitrogenadas adenina (A), citosina (C), guanina (G) o uracilo (U). Las moléculas de ARN, una vez sintetizadas en el núcleo, pasan al citoplasma, donde ocurre la biosíntesis de proteínas.

Transcripción del ADN

De igual forma que el ADN se replica, su secuencia de bases se transcribe mediante la síntesis de ARN. Los estudios realizados demuestran que en las células existen tres tipos de ARN: el **ARN mensajero (ARN_m)**, el de **transferencia (ARN_t)** y el **ribosómico (ARN_r)**.

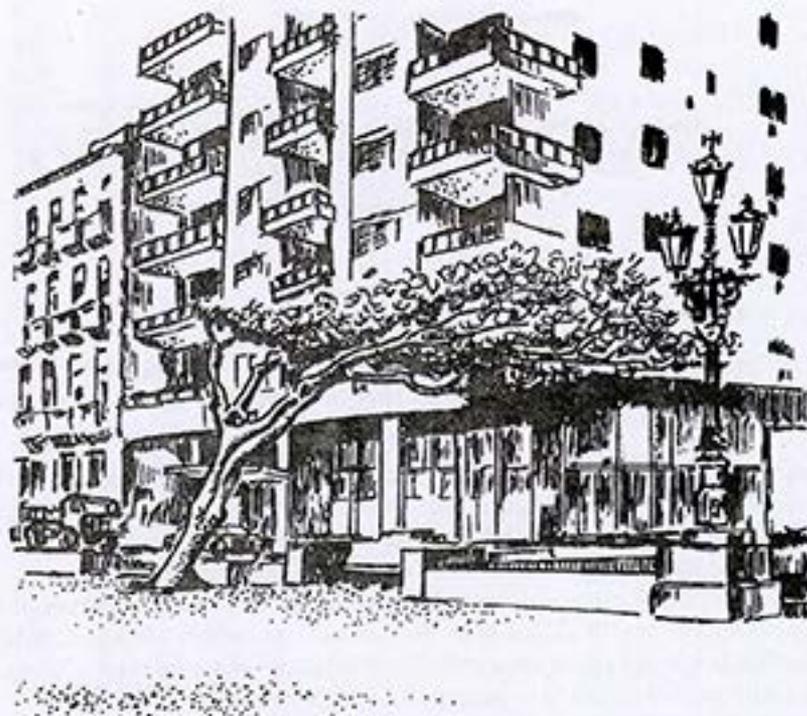


Fig. 50 El fenotipo de esta planta es el resultado de la interacción de su genotipo con las condiciones ambientales

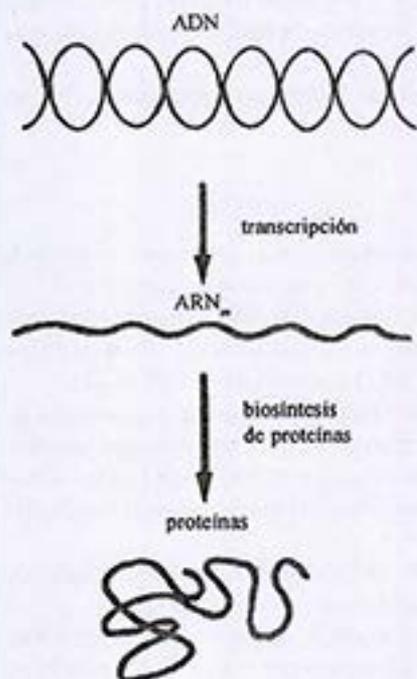


Fig. 51 La expresión de la información genética ocurre en dos etapas sucesivas: la transcripción y la biosíntesis de proteínas.

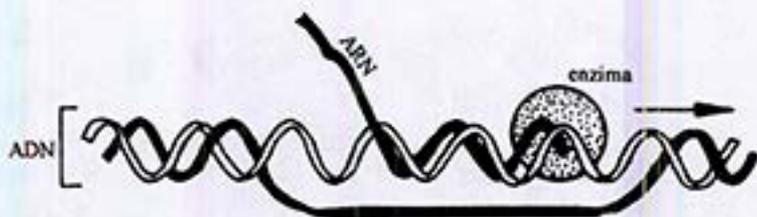


Fig. 52 Esquema que representa la transcripción del ADN.

¿Cómo se transcribe la información genética del ADN al ARN?

La transcripción es la propiedad del ADN en la que, con la participación de enzimas, una de sus cadenas sirve de molde a la síntesis de moléculas de ARN que contienen la copia de la información genética (fig. 52).

Al igual que en la replicación, la transcripción se inicia con la separación de las dos cadenas de ADN. La secuencia de bases de una de ellas sirve de molde en la síntesis de ARN; los diferentes nucleótidos de ARN, presentes en la célula, se van situando complementariamente de acuerdo con la secuencia de nucleótidos de la cadena de ADN que se transcribe.

Si tenemos en cuenta que una de las características que nos permite diferenciar al ARN del ADN es la presencia de uracilo (*U*) en lugar de timina (*T*), se comprenderá que, durante la transcripción, frente a la adenina (*A*) se sitúa el nucleótido de uracilo. Como resultado se sintetiza una molécula de ARN complementaria al segmento de ADN que se transcribió.

Las moléculas de ARN_m, a diferencia de las restantes, se sintetizan a partir de la transcripción de genes cuya información se traduce en moléculas de proteínas específicas. Como indica su nombre, el ARN_m es el tipo de ARN que contiene, en su secuencia de bases, el mensaje genético del ADN que ha de conducir desde el núcleo hasta los ribosomas, estructuras a las que se asocia durante la biosíntesis de proteínas. Las moléculas de ARN_r y ARN_s no se traducen en secuencias de aminoácidos, sino que participan en dicho proceso condicionando la traducción de la información contenida en los ARN_m.

¿Qué función tienen las moléculas de ARN_r y ARN_s en la biosíntesis de proteínas? ¿En qué consiste este proceso?

Biosíntesis de proteínas

La biosíntesis de proteínas es el proceso que ocurre en los ribosomas, en el que la secuencia de bases de las moléculas de ARN_m se traducen en secuencia de aminoácidos mediante la participación de moléculas de ARN_r, ARN_s, y determinadas enzimas (fig. 53). Durante este proceso ocurre el ordenamiento de los aminoácidos que conforman las proteínas resultantes según la secuencia de bases de los nucleótidos de ARN_m, y, como todo proceso de síntesis, implica el consumo de energía (ATP).

En la composición química de las proteínas pueden encontrarse hasta 20 tipos diferentes de aminoácidos, los cuales, unidos por enlaces peptídicos, forman secuencias de diferentes tamaños y combinaciones. Según su secuencia de aminoácidos, las proteínas, en interacción con los factores del medio ambiente y otros presentes en las células, desarrollan sus funciones en el metabolismo y como resultado expresan la información genética.

¿Cómo se traduce la información dada en el lenguaje de las cuatro bases nitrogenadas de ARN_m (*A, C, G y U*), al de los veinte aminoácidos de las proteínas?

Cada aminoácido de una proteína está especificado, en el ARN mensajero, por un grupo de tres bases nitrogenadas que recibe el nombre de codón. Dado que existen cuatro tipos de bases en

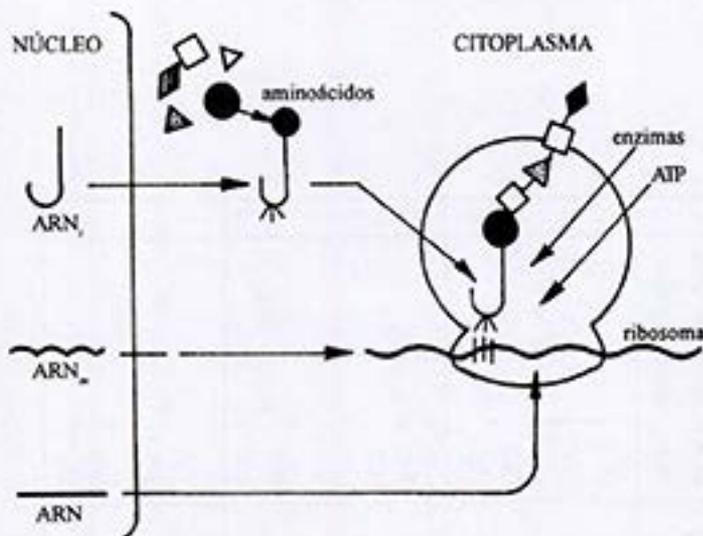


Fig. 53 Esquema que representa la biosíntesis de proteínas.

el ARN_m y estas se combinan de tres en tres, existe un total de 4^3 , es decir, 64 codones. Este sistema de codones que especifican a todos los aminoácidos durante la biosíntesis de proteínas, se denomina código genético (fig. 54).

SABÍAS QUE...

El código genético es el mismo en todos los organismos. Sin embargo, pequeñas porciones de ADN presentes en las mitocondrias de algunas especies presentan pequeñas modificaciones.

Es evidente que hay más codones que tipos de aminoácidos existen en las células; la mayoría de los aminoácidos están codificados por varios codones durante el proceso de biosíntesis. A su vez, cada codón especifica un solo aminoácido, excepto tres de ellos (*UAA*, *UAG* y *UGA*), que no codifican ninguno; estos reciben el nombre de codones terminales, al ser los que indican dónde termina la información que se traduce y, por tanto, que se detenga la incorporación de aminoácidos.

Las reacciones que ocurren en el proceso de biosíntesis de proteínas se inician con la unión del ARN_m a los ribosomas; a ello contribuyen las moléculas de ARN_t que forman parte de la estructura de los ribosomas.

Los ARN de transferencia transportan, de forma específica, los aminoácidos presentes en el citoplasma hasta el sitio de síntesis en los ribosomas; de esta forma, los ARN_t relacionan la secuencia específica de bases del ARN_m con la secuencia de aminoácidos de la proteína que se sintetiza.

Cada uno de los 20 aminoácidos (aa) tiene sus ARN_t específicos en las células; estos se unen a los aminoácidos por uno de los extremos de su estructura, formándose el complejo aa-ARN_t, y por el otro presentan tres bases que constituyen el anticodón. El anticodón de cada molécula de ARN_t "reconoce", por complementariedad de bases, el codón en el ARN_m que codifica al aminoácido que transporta.

Resumiendo, como se observa en la figura 55, en el proceso de biosíntesis de proteínas ocurre lo siguiente:

- a) El ARN_m se acopla al ribosoma.

U		C		A		G	
codones del ARN _m		codones del ARN _m		codones del ARN _m		codones del ARN _m	
aminoácidos		aminoácidos		aminoácidos		aminoácidos	
U	UUU } UUC }	UCU } UCC }	serina (Ser)	UAU } UAC }	tirosina (Tyr)	UGU } UGC }	cisteína (Cys)
	UUA } UAG }	UCA } UCG }		UAA } UAG }		terminal de cadena	
C	CUU } CUC }	CCU } CCC }	prolina (Pro)	CAU } CAC }	histidina (His)	CGU } CGC }	arginina (Arg)
	CUA } CUG }	CCA } CCG }		CAA } CAG }	glutamina (Gln)	CGA } CGG }	
A	AUU } AUC }	ACU } ACC }	treonina (Thr)	AUU } AUC }	asparagina (Asn)	AGU } AGC }	serina (Ser)
	AUA } AUG }	ACA } ACG }		AAA } AAG }	lisina (Lys)	AGA } AGG }	arginina (Arg)
G	GUU } GUC }	GCU } GCC }	alanina (Ala)	GAU } GAC }	ácido aspártico (Asp)	GGU } GGC }	glicina (Gly)
	GUA } GUG }	GCA } GCG }		GAA } GAG }	ácido glutámico (Glu)	GGA } GGG }	

Fig. 54 Código genético

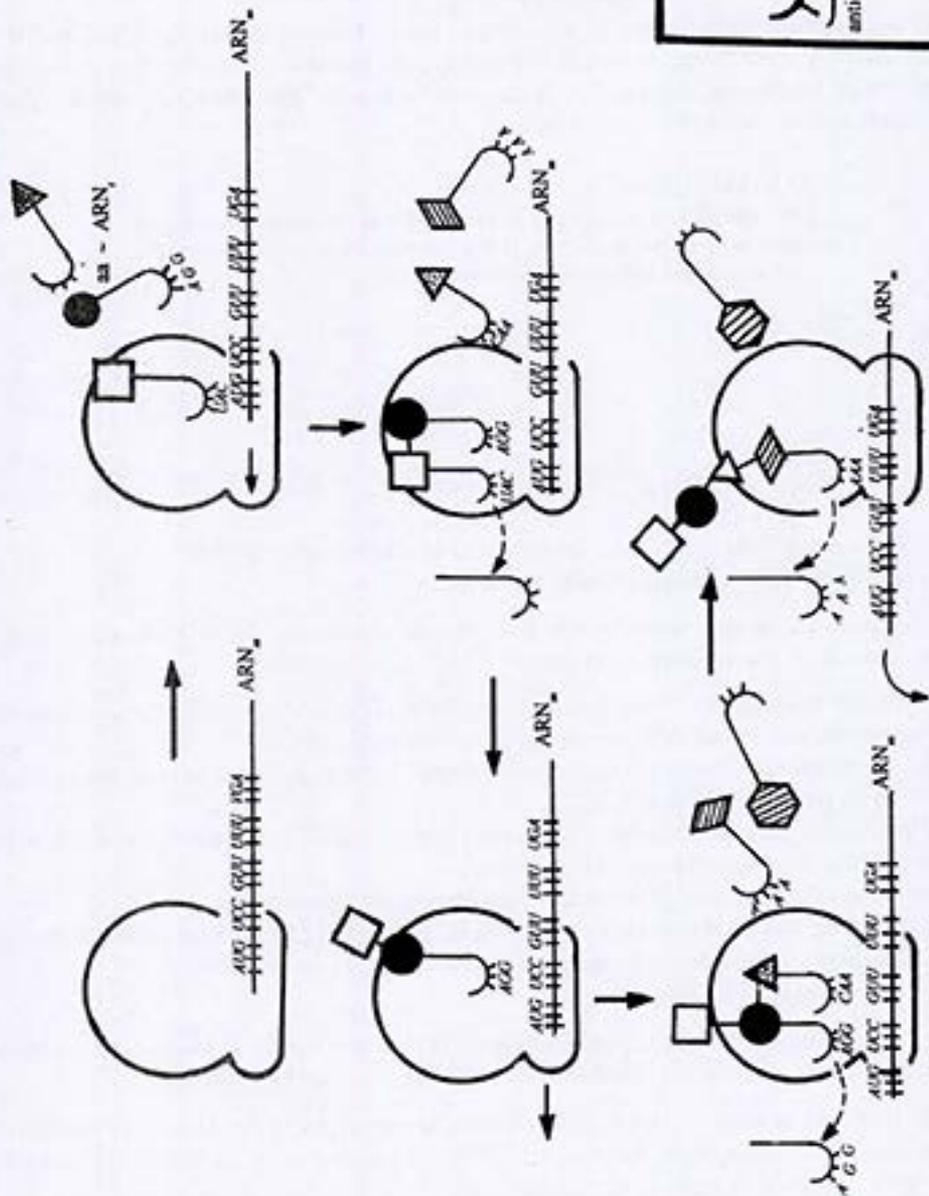


Fig. 55 Representación esquemática del mecanismo de biosíntesis de proteínas. En el recuadro se representa la estructura del ARN_t.

- b) Los aa ~ ARN_t se van incorporando codón a codón. Esta incorporación ocurre siempre que las bases nitrogenadas del anticodón se complementen con las del codón correspondiente al sitio donde se encuentra el ribosoma.
- c) Al irse incorporando los aminoácidos, estos se unen mediante enlaces peptídicos. Como resultado se produce el gradual crecimiento de la proteína en formación, y los ARN_t quedan libres, por lo que pueden combinarse con otros aminoácidos.
- d) Cuando en el ARN_m se presenta uno de los codones terminales, se detiene la incorporación de aminoácidos, la proteína sintetizada se libera y el ARN_m se separa del ribosoma.

En la biosíntesis de proteínas, generalmente varios ribosomas se asocian a una misma molécula de ARN_m y constituyen un complejo llamado **polirribosoma**. Esto es una gran ventaja en la expresión de la información genética, ya que en ellos una molécula de ARN_m puede traducirse simultáneamente en varios ribosomas a la vez.

SABÍAS QUE...

Los antibióticos interfieren la biosíntesis de proteínas de muchas bacterias patógenas. Este es el fundamento de su empleo en medicina contra las infecciones bacterianas.



Tarea

1. ¿A qué llamamos genotipo y fenotipo? Explica la relación entre ambos.
2. Valora y ejemplifica el planteamiento siguiente:
 "El genotipo que un organismo hereda determina las potencialidades de presentar un fenotipo dado, pero no el que realmente presenta."
3. Compara las propiedades de replicación y transcripción del ADN. ¿Qué relación existe entre estas propiedades en la trasmisión de los caracteres hereditarios?
4. Dada la secuencia de bases nitrogenadas siguiente, correspondiente a una de las cadenas de ADN de un gen: *ATCGACAAT*,
 - a) ¿qué ácidos nucleicos pueden sintetizarse a partir de ella?; represéntalos especificando en cada caso la propiedad que se manifiesta,
 - b) ¿en qué te basaste para diferenciar las moléculas representadas?
5. Resume en un cuadro la función de cada tipo de ARN en el proceso de biosíntesis de proteínas. Menciona el resto de los participantes moleculares de este proceso.
6. Valora el planteamiento siguiente:
 "Los genes contienen en su secuencia de nucleótidos la clave de la secuencia específica de aminoácidos de las proteínas mediante las cuales se expresan en el fenotipo."
7. En la figura 51 se esquematiza la relación entre la transcripción del ADN y la biosíntesis de proteínas. Representa dicha relación, utilizando un gen que tiene, en una de sus cadenas de ADN, la secuencia de bases nitrogenadas *CACATGTA ACTG*.
8. A continuación se representa la secuencia de bases de un segmento de ARN_t: *CGACUAG GUUUU*.

- a) ¿Cuál es la secuencia de bases de la cadena del ADN del gen a partir del cual se sintetizó? Completa el segmento de molécula con la cadena complementaria.
- b) Utilizando el código genético que aparece en la figura 54, representa la secuencia de aminoácidos de la proteína que permite expresar la información de dicho gen.
9. Auxiliándote del código genético, representa la secuencia de bases nitrogenadas correspondiente al segmento de ADN que codifica las secuencias de aminoácidos siguientes:
- a) Phe-Glu-Asn-Cis;
- b) Ala-Gly-Val-Pro.

Importancia de la regulación de la expresión genética

Las diferentes manifestaciones que un mismo genotipo puede presentar ante las distintas condiciones ambientales, demuestran que la expresión de la información genética no siempre es igual; los genes se expresan o no, en dependencia de las condiciones internas de los organismos y del medio ambiente en que viven.

¿Cómo explicar que unos genes se expresen y otros no ante determinadas condiciones?

Se ha comprobado que en el genotipo, *existen ciertos genes que regulan la expresión de los restantes en el fenotipo. Estos reciben el nombre de genes reguladores.*

Existe una gran diversidad de mecanismos que permiten regular la expresión de la información genética. No obstante sus diferencias, *la regulación de la expresión genética es un proceso en el que los genes reguladores modulan la expresión del genotipo en el fenotipo.* En este proceso, determinadas proteínas, codificadas por los genes reguladores, inhiben o activan la transcripción del ADN o la biosíntesis de proteínas en dependencia de las condiciones internas y externas del organismo.

Conocemos que los organismos son sistemas autorregulados. La base molecular de esta característica de todos los seres vivos y, por tanto, de su homeostasia y adaptación es la regulación de la expresión genética. En ellos, las funciones que realizan, así como las reacciones metabólicas y las estructuras con que se relacionan, están reguladas genéticamente en una constante interacción con el medio ambiente.

La regulación del crecimiento en las diferentes etapas del desarrollo de un individuo, así como la de la producción de hormonas y la regulación de la temperatura, son solo algunos de los muchos ejemplos resultantes de la regulación de la expresión genética.

Analicemos el ejemplo de la regulación de nuestra temperatura corporal, carácter que depende de un gran número de genes y que, como conocemos, debe mantenerse entre ciertos límites. Según la temperatura ambiental sea alta o baja, los genes reguladores "activan" o "inhiben" la expresión de los genes relacionados con la sudoración y el metabolismo energético, por ejemplo, lo que tiene como resultado el mantenimiento constante de la temperatura corporal.

Este, como otros ejemplos, evidencia la significativa importancia de la regulación de la expresión genética en la homeostasia y adaptación de los seres vivos. De igual forma demuestra que en la expresión genética, los genes no actúan independientemente, sino que interactúan entre sí, unos modificando la expresión de otros. Por esto, *el genotipo se considera un sistema de genes íntegro y regulado.*

La regulación de la expresión genética también tiene una gran importancia en el proceso de diferenciación celular que caracteriza a los organismos pluricelulares. Lo anterior se evidencia en las diferencias estructurales y funcionales presentes entre las células y los tejidos resultantes del

desarrollo de un huevo o cigote; en dichas células, con la misma información genética, unos genes se expresan y otros no, determinando sus diferencias.



Tarea

1. ¿En qué consiste la regulación de la expresión genética? Explica su importancia.
2. Argumenta la información siguiente:
"El genotipo es un sistema íntegro y regulado de genes."
3. Un estudio experimental realizado con bacterias de la especie *Echerichia coli*, demostró que estas tienen aproximadamente 400 proteínas diferentes. Mientras que de algunas proteínas solo se encontraron 10 moléculas por bacterias, el número de otras ascendió hasta 500 000. ¿Cuál es la causa de esta diferencia? Explica tu respuesta.

El gen como unidad de variación

Formando parte del proceso de transmisión hereditaria, también se manifiesta la **variación**, fenómeno que, en estrecha relación con la herencia, es característico de todos los seres vivos.

La variación se manifiesta en las diferencias que presentan los organismos de cada una de las especies. Estas diferencias pueden estar dadas por cambios en el material genético o como consecuencia de un cambio en las condiciones internas y ambientales que, como conocemos, influyen en la regulación de la expresión genética. En dependencia de esto, los cambios en los caracteres de los organismos se transmiten o no a la descendencia; de ahí que las variaciones se clasifiquen en **variación hereditaria** y **variación no hereditaria** (fig. 56).

¿Qué tienen en común estos tipos de variación?, ¿en qué se diferencian?

Toda variación, hereditaria o no hereditaria, constituye un cambio en los caracteres fenotípicos de los organismos y, de una forma u otra, está relacionada con los genes, al ser ellos los que contienen la información genética que "controla" dichos caracteres.

La variación hereditaria son los cambios producidos como resultado de modificaciones en la información genética. Este tipo de variación es consecuencia de las mutaciones que pueden ocurrir en el ADN, o resultado de la recombinación de los genes de los progenitores durante la reproducción sexual de los organismos.

Recordemos que los genes pueden cambiar dada la propiedad de **mutación del ADN**, que lo conforma, *las mutaciones son modificaciones del ADN que alteran la información de los genes.*

Las mutaciones pueden ocurrir en todos los organismos, lo cual implica el origen de nuevas características en las especies. De esta forma surgen nuevos caracteres fisiológicos o morfológicos como, por ejemplo, la resistencia a un antibiótico en una bacteria, o un tipo de ala diferente en la *Drosophila* cuando, en este caso, se altera la información de desarrollar alas normales (fig. 57).

En los organismos de reproducción asexual, donde no ocurre intercambio ni recombinación genética, las mutaciones son la única causa de variación hereditaria. Sin embargo, en los organismos de reproducción sexual la posibilidad de que ocurra este tipo de variación es mucho mayor; en ellos, como resultado de la meiosis y la fecundación, tiene lugar la **recombinación genética**, fenómeno que consiste en la formación de nuevas combinaciones de genes en los descendientes.



Fig. 56 Tipos de variación en los organismos.

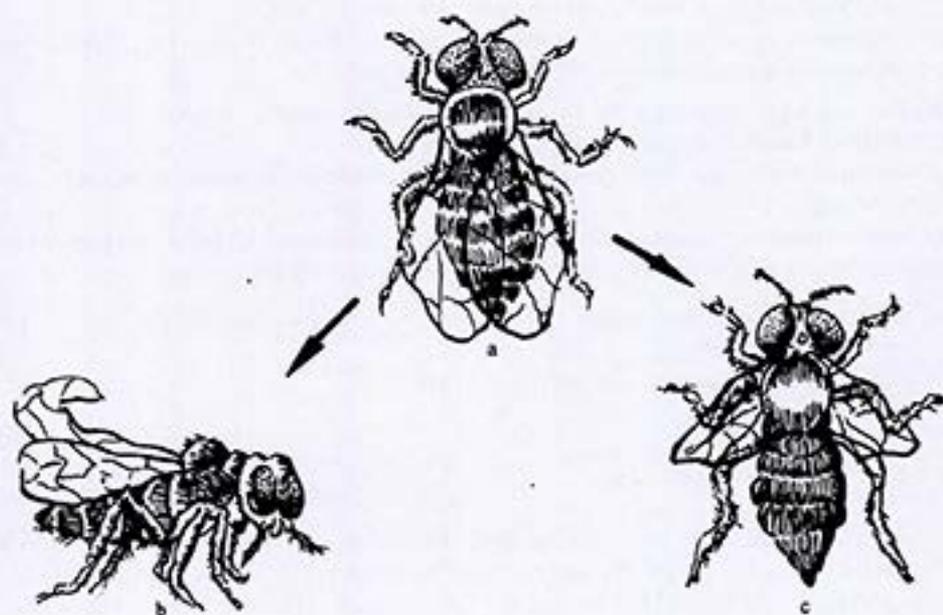


Fig. 57 Efecto de mutaciones en la forma de las alas de la mosca. *Drosophila melanogaster*: a) alas normales; b) alas encorvadas; c) alas rudimentarias.

SABÍAS QUE...

El albinismo es una variación hereditaria originada por una mutación que impide la producción de pigmentos en la piel. Esta mutación no solo se manifiesta en el hombre, sino también en diferentes especies de ranas, el salmón, el totí y el camello, entre otros.

La variación no hereditaria son los cambios producidos como resultado de la influencia del medio ambiente en la expresión de la información genética. Dichá variación no está dada por

cambios en el genotipo de los organismos, sino por las diferentes formas en que este puede expresarse ante las diferentes condiciones ambientales y de su medio interno.

No siempre resulta fácil distinguir un tipo de variación de otra por la simple observación. En estos casos, debe tenerse en cuenta que la variación hereditaria, al ser causada por cambios en la constitución genética, se trasmite a la descendencia, mientras que la no hereditaria, al depender de los cambios internos o ambientales, no se transmiten.



Tarea

1. Analiza las situaciones siguientes y clasifícalas según el tipo de variación.
 - a) Una semilla, proveniente de una planta de flores rojas, produjo una planta de flores blancas, carácter que se observó en las siguientes generaciones.
 - b) Algunas vacas presentan una disminución considerable en el peso y en la producción de leche como consecuencia de una deficiente nutrición.
2. ¿Cuáles son las semejanzas y las diferencias que existen entre la variación hereditaria y la no hereditaria? Ejemplifica estos tipos de variación.
3. ¿Con cuál característica de los genes se relaciona la propiedad de mutación del ADN? Explica dicha relación.
4. Al dejar un plátano maduro durante algunas horas en un frasco, se observó un gran número de moscas *Drosophila*, entre las que se encontró una con los ojos blancos.
 - a) Si normalmente dichas moscas son de ojos rojos, elabora una hipótesis que te permita explicar lo ocurrido.
 - b) ¿Cómo procederías para demostrar tu hipótesis?

Variación no hereditaria

Profundicemos ahora en la variación no hereditaria. Para ello, centremos la atención en las interrogantes siguientes: ¿cómo pueden cambiar los caracteres sin que se haya alterado la información genética?, ¿podemos plantear que este tipo de variación ocurre con independencia de los genes?

Conocemos que la variación no hereditaria depende de las condiciones ambientales y del medio interno; sin embargo, esto no significa que este tipo de variación ocurra con independencia del genotipo; es precisamente la acción de los genes, la que puede variar su expresión bajo la influencia de dichas condiciones.

La variación no hereditaria se manifiesta en todos los seres vivos; en ellos el fenotipo varía, dentro de ciertos límites, según la reacción del genotipo ante los cambios de las condiciones ambientales.

Recordemos que un mismo genotipo reacciona de manera diferente en diversos medios ambientes, de ahí que organismos genéticamente iguales puedan presentar diferentes fenotipos, o que un mismo organismo presente fenotipos distintos durante su desarrollo.

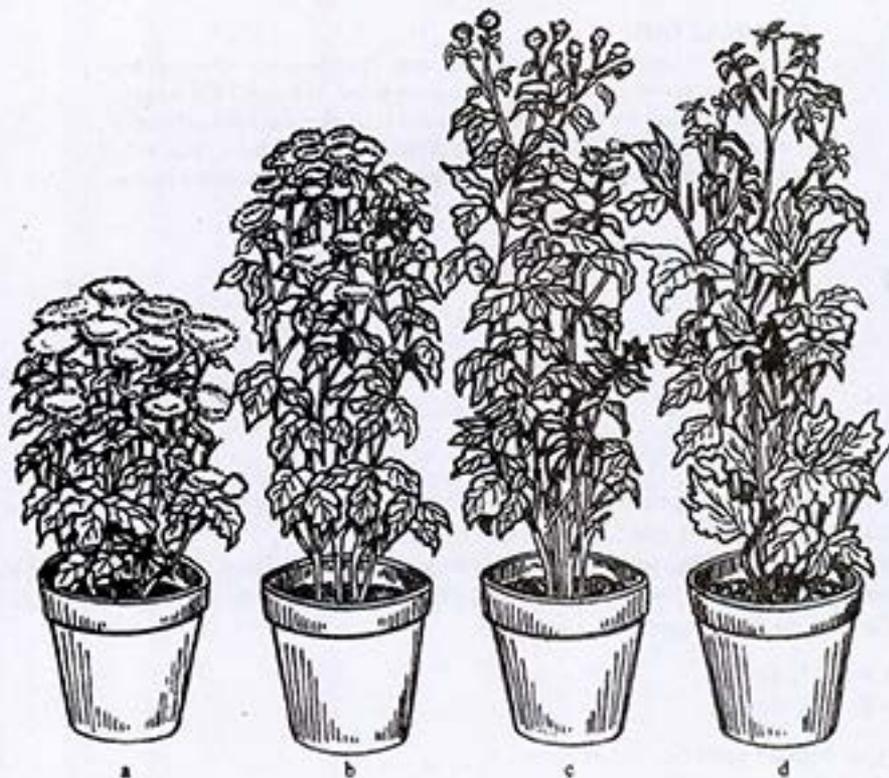


Fig. 58 Efecto de la cantidad de luz en la floración de plantas de crisantemo: a) no recibió luz extra; b), c) y d) recibieron luz extra en diferentes períodos de tiempo. Al aumentar el tiempo de exposición de las plantas a la luz extra, se retarda la floración.

La posibilidad del genotipo, de expresar diferentes fenotipos en dependencia de las condiciones ambientales, constituye la norma de reacción del genotipo.

La norma de reacción del genotipo ante los cambios ambientales es más amplia para algunos caracteres que para otros. Por ejemplo, en el ganado vacuno, mientras los rendimientos de leche y el peso varían considerablemente según la calidad y la cantidad de alimento (norma de reacción amplia), el color del pelaje y otros caracteres permanecen constantes ante las condiciones más diversas (norma de reacción estrecha). De igual forma varía la altura y la productividad de una planta, según la iluminación o las condiciones del suelo, mientras que otros de sus caracteres varían tan poco que no resulta fácil apreciar los cambios (fig. 58).

Comprenderemos ahora por qué nuestro peso corporal o el bronceado de nuestra piel, por ejemplo, son caracteres que se modifican fácilmente, a diferencia del color de nuestros ojos o del tipo de grupo sanguíneo. Mientras que los primeros tienen una amplia norma de reacción ante factores como la alimentación, la actividad física que realicemos o la intensidad de luz solar a la que nos exponamos, los segundos no varían, independientemente de las condiciones del medio ambiente.

Como resumen podemos plantear que *la variación no hereditaria es el resultado de la norma de reacción del genotipo ante muy diversos factores*. Dicha variación, generalmente, contribuye a la adaptación de los organismos, ya que ante los continuos cambios del medio ambiente en que viven, sus caracteres varían dentro de los límites de su norma de reacción.

SABÍAS QUE...

Uno de los mangles de Cuba, la Yana, cuando crece en costas bajas y pantanosas, llega a constituir un árbol de hasta 20 m de alto, mientras que en las costas rocosas crece como un arbusto muy ramificado y extendido de menos de 70 cm de altura. Por esto, durante mucho tiempo fueron considerados como especies distintas.



Tarea

1. Analiza la definición de normas de reacción y la de variación no hereditaria que aparece en el epígrafe. ¿Qué relación puedes establecer entre ellos?
2. En una empresa ganadera se obtuvieron, por trasplante de embriones, dos vacas genotípicamente iguales que se desarrollaron bajo condiciones ambientales diferentes. Los resultados en la producción de leche fueron los siguientes:

vaca A: 20 L diarios;

vaca B: 30 L diarios.

- a) ¿Qué tipo de variación ocurrió?
 - b) ¿Qué debemos inferir de las condiciones ambientales en que se desarrollaron ambas vacas? Explica tu respuesta teniendo en cuenta la norma de reacción.
3. En un experimento se ponen a germinar semillas de maíz provenientes de una misma planta, en suelos que difieren en sus componentes químicos:

suelo A (presenta nitrógeno, fósforo y potasio): se obtienen plantas con un crecimiento y desarrollo normales;

suelo B (presenta carencia de nitrógeno): las plantas son pequeñas y las hojas amarillentas;

suelo C (presenta carencia de fósforo): no todas las plantas germinaron, y las que nacieron alcanzaron un crecimiento reducido.

- a) Teniendo en cuenta la relación genotipo-medio ambiente, explica lo ocurrido en las plantas de los suelos B y C.
- b) ¿Qué ocurrirá si las plantas de estos suelos se trasplantan al suelo A? ¿Por qué?

Variación hereditaria

Conocemos que la variación hereditaria puede estar dada por dos causas, las mutaciones y la recombinación genética.

Las mutaciones afectan directamente la información del ADN, lo cual determina cambios en la acción de los genes sobre el fenotipo. Sin embargo, dichos cambios varían según el nivel de alteración que produzcan en la estructura del material genético, es decir, si afectan al ADN que integra un gen, un cromosoma o al de todo el genotipo del organismo. De acuerdo con esto, las mutaciones se clasifican en mutaciones génicas, cromosómicas y genómicas.

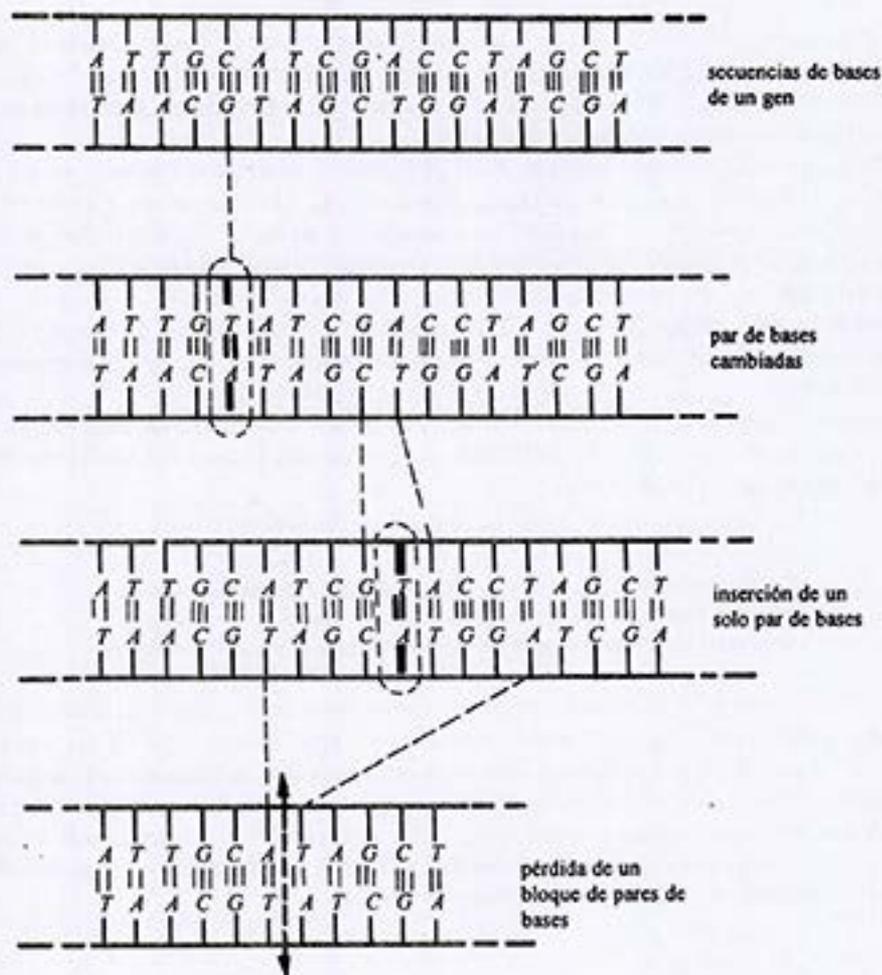


Fig. 59 Representación de diferentes mutaciones génicas.

Las mutaciones génicas son todos los cambios que afectan la secuencia de nucleótidos de ADN correspondiente a los genes. Este tipo de mutaciones es el más frecuente y, como se observa en la figura 59, estos cambios pueden ser muy diversos, pero en todos los casos son alteraciones moleculares en los genes que no afectan la estructura de los cromosomas.

De igual forma, todas ellas implican la transformación de los codones en el ARN resultante de la transcripción, lo cual puede implicar una nueva secuencia de aminoácidos durante la biosíntesis de proteínas. Como consecuencia se afecta la expresión genética y aparecen nuevas características fenotípicas en los organismos.

Mediante las mutaciones génicas, en las poblaciones se originan nuevos tipos de genes que son alternativas en la determinación de un mismo carácter. Las diferentes alternativas de un gen dado, reciben el nombre de genes alelos. Por ejemplo, en el hombre constituyen genes alelos los que determinan que el pelo sea rizado o liso, o que la forma del lóbulo de la oreja sea libre o adherido.

Las mutaciones cromosómicas y genómicas también afectan la expresión de los genes. Las mutaciones cromosómicas constituyen cambios en la estructura de los cromosomas y se manifiestan como alteraciones en el ordenamiento de los genes que en ellas se localizan.

Las *mutaciones genómicas* afectan el número de cromosomas de los organismos y pueden consistir en cambios en el número de juegos o series de cromosomas, o el incremento o disminución de uno o más cromosomas. De acuerdo con lo anterior, las mutaciones genómicas se clasifican en *poliploidía* o *aneuploidía* respectivamente.

En la *poliploidía*, los cambios en el ADN provocan el aumento del número de series de cromosomas; de esta forma se obtienen organismos con 3, 4, ..., n cromosomas. Este tipo de mutación es frecuente en las plantas, las cuales, comparadas con las formas diploides ($2n$), presentan un incremento en el tamaño de sus órganos y otros caracteres fenotípicos, de ahí que este tipo de mutación generalmente sea favorable desde el punto de vista económico.

La *aneuploidía* es menos frecuente que la *poliploidía*. Como resultante de ella, los organismos presentan, además del número normal de juegos de cromosomas, uno o varios cromosomas de más o de menos.

Un ejemplo típico de *aneuploidía* en el hombre es el *síndrome de Down*, enfermedad conocida como *mongolismo*, en la que los individuos que la presentan poseen un cromosoma de más, es decir, presentan $2n + 1$ cromosomas.

SABÍAS QUE...

Como resultado de la continua selección de las formas poliploides, muchas plantas de cultivo normalmente lo son. Ese es el caso de algunas variedades de caña de azúcar, arroz y papa, por ejemplo.

Las moléculas de ADN pueden mutar fortuitamente como consecuencia de alteraciones que se producen comúnmente durante la replicación. Sin embargo, la posibilidad de que estos cambios ocurran es muy baja; por lo general, las mutaciones se producen inducidas por la acción de agentes externos, tales como los rayos X, la luz ultravioleta y numerosas sustancias químicas.

Las mutaciones son la causa primaria de las diferencias genotípicas de los organismos en las especies. Como resultado de ellas se producen cambios en el genofondo de las poblaciones, por lo que las mutaciones son decisivas en el proceso evolutivo.

SABÍAS QUE...

Las explosiones atómicas tornan la atmósfera altamente mutagénica y con efectos a largo plazo. En Japón aún nacen víctimas de las bombas atómicas lanzadas por Estados Unidos en 1945.

Las mutaciones por sí solas no determinan toda la diversidad de genotipos presentes en los organismos de una especie, esta resulta fundamentalmente de la recombinación genética que ocurre en la reproducción sexual que caracteriza a la mayor parte de ellos.

Recordemos que tanto la meiosis como la fecundación son fuente de variación hereditaria en los organismos con reproducción sexual. En ambos procesos ocurre la recombinación de genes alelos originados como resultado de las mutaciones.

En la primera división meiótica, los cromosomas homólogos se aparean e intercambian genes en el *entrecruzamiento genético*. Mediante este proceso, los genes alelos, presentes en los cromosomas homólogos de origen materno y paterno, se combinan, lo cual ocasiona la producción de gametos con diferentes combinaciones de genes. Como resultado de la fecundación, las combinaciones génicas del gameto masculino y del femenino se unen en el huevo o cigote al restablecerse nuevamente el número diploide de cromosomas.

Como se observa en la figura 60, en uno de los cromosomas homólogos se localizan los genes *A* y *B*, cuyas informaciones genéticas determinan el color rojo de las flores y la forma

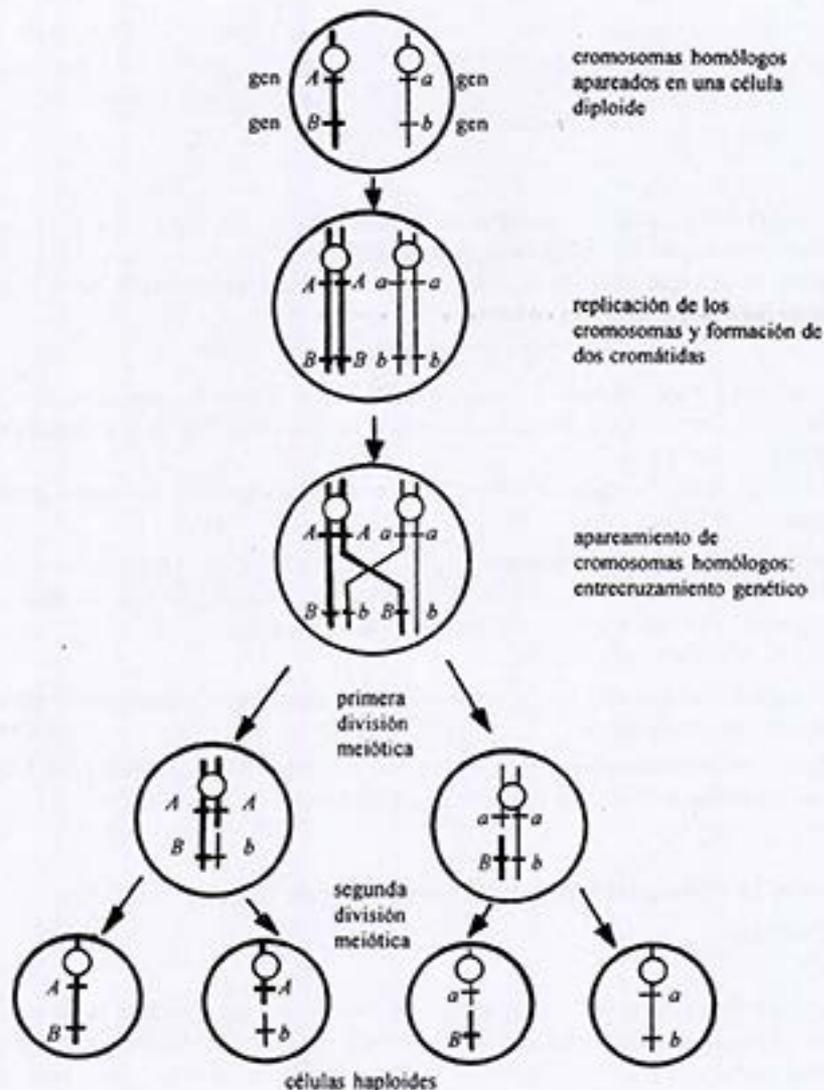


Fig. 60 Representación del entrecruzamiento genético durante la meiosis. Los alelos A y a determinan el color de las flores y, los alelos B y b , la forma del fruto.

redonda del fruto respectivamente; en el otro cromosoma se encuentran presentes los alelos a y b , que determinan que las flores sean blancas y, los frutos, alargados. Como resultado del entrecruzamiento genético, estos genes se intercambian y, por tanto, se recombina la información genética de ambos cromosomas. ¿Cuántas combinaciones genéticas pueden obtenerse en los gametos resultantes?, ¿cuántas combinaciones genéticas pueden establecerse cuando los gametos se unen al azar por fecundación?

Tanto la combinación de genes que llevan en sí los gametos como resultado del entrecruzamiento, como la que posibilita la fecundación, determinan una enorme diversidad de genotipos a partir de un número mucho menor de genes alelos, de ahí la importancia de la recombinación genética como proceso que incrementa la diversidad de genotipos en el genofondo de las poblaciones.



Tarea

1. Resume en una llave los diferentes tipos de mutaciones.
2. ¿A qué llamamos genes alelos? ¿Cómo se originan?
3. El segmento de gen que codifica la síntesis de una proteína determinada, tiene la secuencia siguiente de bases en una de sus cadenas:

TTTCTCCAATT

- a) Utilizando el código genético y contando de izquierda a derecha, determina si se afectaría la síntesis de la proteína si, como consecuencia de una mutación, se adicionase una base *G* entre la posición 4 y la 5.
 - b) Teniendo en cuenta las características de las mutaciones génicas, representa gráficamente la mutación anterior.
4. Se tienen dos poblaciones de organismos *A* y *B*. Si en la población *A* los organismos se reproducen sexualmente y, en la *B*, mediante la reproducción asexual, ¿en cuál de estas poblaciones debe presentarse una mayor variación hereditaria? Explica.
 5. Argumenta el planteamiento siguiente:
"La meiosis y la fecundación son procesos de gran importancia como fuentes de variación hereditaria en los organismos."
 6. Teniendo en cuenta las características de los genes, así como las propiedades del ADN, explica por qué los genes constituyen las unidades de la herencia y la variación.

Los genes y la trasmisión hereditaria. Leyes fundamentales de la herencia

¿Qué principios o leyes rigen la trasmisión de los genes de una generación a la siguiente?

Hemos estudiado las características de los genes y su estrecha relación con la herencia y la variación; profundizaremos a continuación en la trasmisión hereditaria que tiene lugar durante la reproducción, y en la cual se manifiestan estos fenómenos.

Para ello analizaremos los trabajos realizados por Gregor Mendel (1822-1884); fue él quien descubrió, a mediados del siglo pasado, las leyes por las cuales se transmiten los genes desde los progenitores a los descendientes.

El material principal de sus experimentos consistió en variedades de guisantes o chícharos que poseían diferentes alternativas en siete caracteres distintos, como, por ejemplo, las formas lisas o rugosas en el carácter textura de las semillas, y verdes o amarillas en el carácter color de las semillas. Con ellas realizó cruzamientos, en los cuales enmarcó sus observaciones a caracteres específicos y, utilizando en cada caso un gran número de plantas, pudo obtener descendencias muy amplias y analizarlas matemáticamente. Así, Mendel estableció el **cruzamiento** como uno de los métodos de análisis de la genética, tal y como se emplea en nuestros días.

Mediante los cruzamientos, Mendel experimentó en la hibridación de plantas con caracteres diferentes. Los **híbridos** son los descendientes de progenitores que difieren entre sí en los mismos caracteres.

Mendel realizó experimentalmente diferentes tipos de cruzamientos. En uno de ellos tuvo en cuenta un solo carácter al seleccionar los progenitores y en otro consideró dos caracteres. Así, aunque también analizó más caracteres, estableció dos tipos fundamentales de cruzamientos: el *cruzamiento monohíbrido*, en el cual los híbridos resultantes provienen de progenitores que difieren en un solo carácter, como el de textura de la semilla, por ejemplo, y el *cruzamiento dihíbrido*, en el cual los progenitores difieren en dos caracteres, como el de la textura y el color de la semilla.

Al repetir estos tipos de cruzamientos, y al analizar los siete caracteres diferentes, pudo percatarse de que en todos ellos se obtenían resultados semejantes. Fue así que pudo concluir dos importantes postulados, reconocidos actualmente como las leyes de Mendel; ellas son, la ley de la segregación o primera ley de Mendel, y la ley de la transmisión independiente o segunda ley de Mendel.

¿En qué consisten estas importantes leyes biológicas?

Estudiaremos primeramente la ley de segregación, para lo cual analizaremos uno de los cruzamientos experimentados por Mendel, el realizado para estudiar la transmisión del carácter color de la semilla.

SABÍAS QUE...

Las conclusiones a que llegó Mendel no fueron reconocidas como válidas hasta 16 años después de su muerte. En 1900, tres científicos por separado redescubrieron dichas conclusiones y demostraron que eran válidas para la mayor parte de los organismos.

Ley de la segregación o primera ley de Mendel

Al cruzar una variedad de chícharos de semillas amarillas con otra de semillas verdes (fig. 61), Mendel obtuvo como resultado que todas las plantas descendientes producían semillas amarillas. A esta primera descendencia, Mendel la denominó **primera generación filial** o F_1 .

En los híbridos resultantes estaba representada solamente una de las dos alternativas que, en cuanto al carácter analizado, presentaban los progenitores. Todas las plantas de la F_1 producían semillas amarillas; el carácter color verde no se manifestó en la descendencia.

El significado de este resultado se evidenció cuando cruzó plantas híbridas de la F_1 entre sí y obtuvo la **segunda generación filial** o F_2 . En ella obtuvo plantas con ambas alternativas, es decir, el carácter color verde que no se expresó en la F_1 , reapareció en el 25 % de la descendencia; el 75 % restante producía semillas de color amarillo.

Mendel denominó a este fenómeno **dominancia**, nombrando como **dominante** a los caracteres que, como el color amarillo, se manifestaban en el fenotipo de los híbridos de la F_1 , y **recesivos** a los caracteres que, como el color verde, no se manifestaban.

Analicemos las conclusiones a que llegó Mendel a partir de los resultados de sus experimentos.

1. En la F_1 solo se manifiesta una de las dos alternativas que caracterizan a los progenitores de cada carácter.
2. En la F_2 aparecen las dos alternativas o rasgos.
3. En la F_2 la alternativa expresada en la F_1 se presenta, proporcionalmente, tres veces más frecuente que la no expresada.

¿Qué interpretaciones hizo Mendel de las situaciones antes analizadas?

Mendel se percató de que los rasgos que no se manifestaban en la primera generación, no se perdían; estos aparecían de nuevo en la F_2 . Fue así que infirió que *cada carácter de los analiza-*

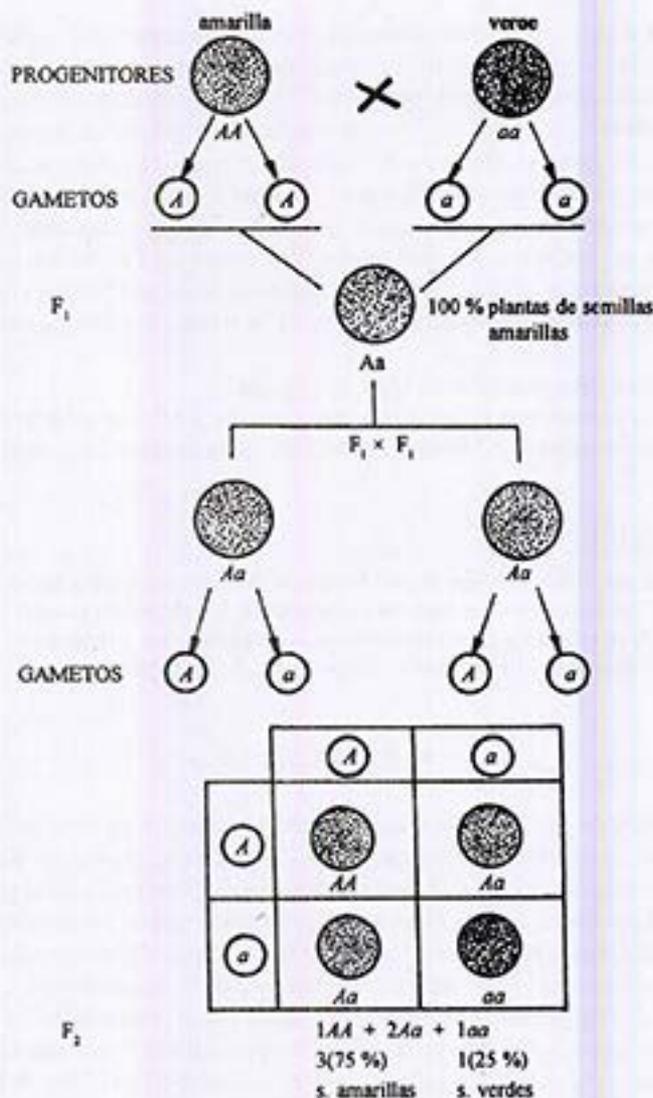


Fig. 61 Representación gráfica de un cruzamiento monohíbrido.

dos por él, estaba determinado por dos factores hereditarios, y que en la F_1 , el factor que determina el rasgo recesivo oculto realmente estaba presente, solo que no se manifestaba dada la dominancia de la otra alternativa.

De este modo Mendel pudo razonar que los factores de cada par se separan o segregan durante la formación de los gametos; solo así podía explicarse la no presencia del factor que determina el rasgo recesivo en la F_1 , y su trasmisión a la F_2 .

Resulta interesante conocer que Mendel realizó este análisis cuando aún no se conocía la existencia de los cromosomas, y mucho menos la de los genes. Evidentemente, los "factores" planteados por Mendel son los genes que ya hemos estudiado.

Como se observa en la figura 61, los miembros de cada par de genes se representan por letras; el alelo dominante con una letra mayúscula y, el recesivo, con la misma letra, en minúscu-

la. Así representó Mendel los factores hereditarios. En el cruzamiento que analizamos, denominamos A al alelo para el color amarillo (dominante), y a al de color verde (recesivo).

Dado que los híbridos de la F_1 presentan siempre ambos alelos, como lo infirió Mendel; su constitución genética (genotipo), para este carácter, se representa con la combinación de ambos alelos, Aa . Los organismos en cuya constitución genética los alelos son distintos, son heterocigóticos. Por el contrario, los organismos que reciben de ambos progenitores el mismo tipo de alelos, son homocigóticos; homocigóticos dominantes si los dos genes son dominantes (AA), y homocigótico recesivo, si ambos son recesivos (aa).

¿Cuál es la causa de que, siendo los genes iguales en cada progenitor, los híbridos de la F_1 presenten en su genotipo ambos alelos?

Precisamente como consecuencia de este análisis, Mendel enunció la denominada ley de la segregación: los miembros de un par de factores se separan y distribuyen a los gametos como unidades independientes.

Evidentemente, si los genes alelos no se separasen y distribuyesen a gametos diferentes, no se obtendrían los resultados analizados; por tanto, la segregación de los genes ocurre necesariamente durante la transmisión de la información genética.

Analicemos como esta ley nos permite explicar la causa de dichos resultados teniendo en cuenta los conocimientos que ya tenemos acerca de la segregación de los cromosomas durante la meiosis, y de la recombinación que ocurre en la fecundación (fig. 62).

Cuando se separan los cromosomas homólogos durante la meiosis, los genes se segregan durante la formación de los gametos. En los progenitores (P), como ambos son homocigóticos, los gametos contienen el mismo tipo de gen en cada caso: alelo A en los gametos resultantes del progenitor de semillas amarillas y, el a , en los del progenitor de semillas verdes. Consecuentemente, cualquiera sean los gametos que se unan por fecundación, darán como resultado un híbrido Aa en la F_1 .

¿Qué tipos de gametos producen los híbridos de la F_1 ?

En los organismos que son heterocigóticos, los genes se distribuyen a la mitad en los gametos resultantes; una mitad contiene el alelo A y, la otra, el a .

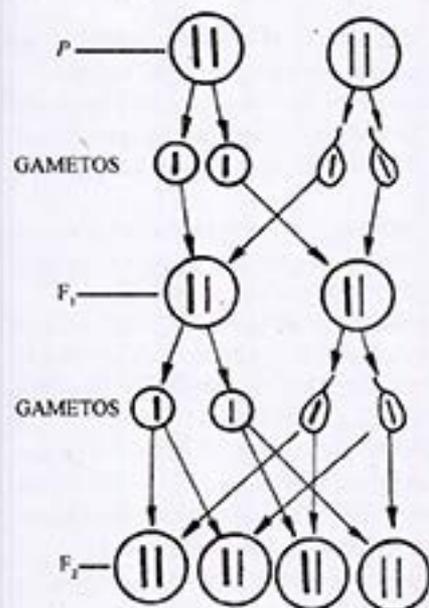


Fig. 62 Fundamento citológico de la segregación de los genes en cruzamientos monohíbridos.

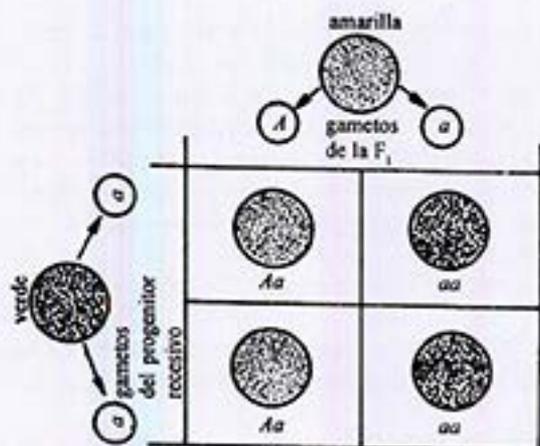


Fig. 63 Retrocruzamiento entre un híbrido de la F_1 y su progenitor recesivo verde.

Como los diferentes gametos se unen al azar mediante la fecundación, debemos analizar todas las probabilidades de unión por fecundación, y de esta forma determinar todos los genotipos posibles en la F_2 .

Los resultados obtenidos, en cuanto al fenotipo, se corresponden con el análisis de los genotipos resultantes. Tanto el genotipo AA como los Aa , manifiestan el mismo carácter a causa de la dominancia, es decir, son de semillas amarillas, mientras uno solo, el homocigótico recesivo aa , manifiesta el carácter recesivo semilla verde. De ahí que la proporción fenotípica sea 3:1, es decir, que el 75 % sea de semillas amarillas y, el 25 %, de semillas verdes.

Sin embargo, si analizamos la relación según el genotipo, tendremos 1:2:1, es decir, por cada planta homocigótica dominante, dos son heterocigóticas y una homocigótica recesiva, lo que expresado en tantos por ciento, sería 25 %, 50 % y 25 %, respectivamente. Estas proporciones son características de los cruzamientos monohíbridos entre organismos heterocigóticos.

¿Qué resultados deben esperarse si una de las plantas heterocigóticas de semillas amarillas de la F_1 , se cruza con el progenitor recesivo? (fig. 63).

Este fue precisamente el cruzamiento realizado por Mendel con el objetivo de probar su hipótesis. A partir de la segregación de los factores, las plantas F_1 , producirían igual número de gametos A que a y, por tanto, se obtendría el 50 %, de la descendencia con probabilidades de tener las semillas amarillas y, el restante 50 % con semillas verdes, en una proporción 1:1, al combinarse con los gametos a , único tipo de gameto que aporta el progenitor homocigótico recesivo aa .

A este tipo de cruzamiento se le denomina cruce de prueba o retrocruzamiento y, como puede observarse, en estos casos coincide la proporción fenotípica con la genotípica, ya que también el 50 % son heterocigóticos y, el 50 % restante, homocigóticos recesivos (1:1).

En la actualidad, este tipo de cruzamiento tiene una gran importancia en la agricultura y la ganadería, ya que permite diferenciar los individuos heterocigóticos de los homocigóticos. En el ejemplo, si la planta que se cruza con el progenitor homocigótico de semilla verde fuera homocigótica, el 100 % de la descendencia también sería de semillas amarillas.

En los ejemplos anteriores, como muchos otros, la descendencia heterocigótica es igual al progenitor dominante. En estos casos se manifiesta la **dominancia completa**. Sin embargo, cuando se cruza una planta de maravilla de flores rojas con otra de flores blancas (fig. 64), se obtienen descendientes cuyas flores no son ni rojas ni blancas, sino rosadas. ¿A qué se deben estos resultados?

Es evidente que la forma heterocigótica rosada (Rr), para el carácter color de las flores, es diferente a las homocigóticas de flores rojas (RR) y blancas (rr).

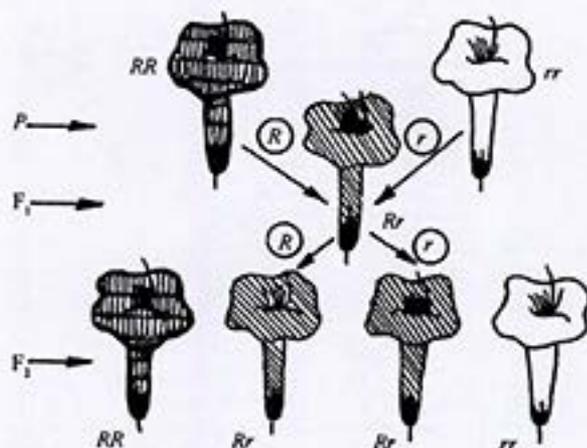


Fig. 64 Cruzamiento monohíbrido en plantas de maravilla.

Al cruzarse los híbridos entre sí en la segunda generación, se produce la segregación en una proporción: 1 roja (RR), 2 rosadas (Rr) y 1 blanca (rr), es decir 1:2:1. En estos casos en que las formas heterocigóticas difieren de los progenitores homocigóticos, se manifiesta la dominancia incompleta.

Este fenómeno no niega las leyes de Mendel. Obsérvese cómo los alelos que determinan las alternativas roja (R) y blanca (r) se separan y distribuyen a gametos diferentes. La proporción fenotípica, en este caso, no coincide con la de los cruzamientos de Mendel, debido a la dominancia incompleta del alelo R sobre r en las plantas heterocigóticas.

Ley de la transmisión independiente

Los cruzamientos monohíbridos se realizan por lo general de forma experimental. En condiciones naturales, normalmente los organismos de una especie difieren en más de un carácter. Aunque, por lo general, los organismos se diferencian en muchos caracteres, el análisis de un cruceamiento dihíbrido nos permitirá comprender la complejidad de la transmisión hereditaria de dichas condiciones (fig. 65).

Cuando Mendel cruzó una planta de semillas amarillas y lisas ($AABB$) con otra de semillas verdes y rugosas ($aabb$), obtuvo que todas las plantas híbridas de la F_1 producían semillas amarillas y lisas ($AaBb$). ¿Confirma esto que los alelos de los caracteres color amarillo y textura lisa son dominantes sobre los del verde y el rugoso?

Para tal confirmación fue necesario demostrar la hipótesis de que los alelos recesivos, aunque no se expresaron en la F_1 estaban presentes en el genotipo de las plantas híbridas.

¿Cómo Mendel demostró su hipótesis?

Al cruzar las plantas híbridas de la F_1 entre sí, y comprobar que en la F_2 estos caracteres sí se manifestaban, quedó demostrado que en la F_1 no habían desaparecido.

Ya conocemos que, a partir de este análisis, Mendel se percató de que estos caracteres están determinados por dos factores que se segregan. Sin embargo, al analizar los resultados de este tipo de cruceamiento, infirió que los genes que determinan la textura de la semilla y los del color, se distribuyen independientemente unos de otros; por tal motivo, además de los descendientes de color amarillo y textura lisa, y verde y rugosa, encontró otras de semillas verdes y lisas, y amarillas y rugosas.

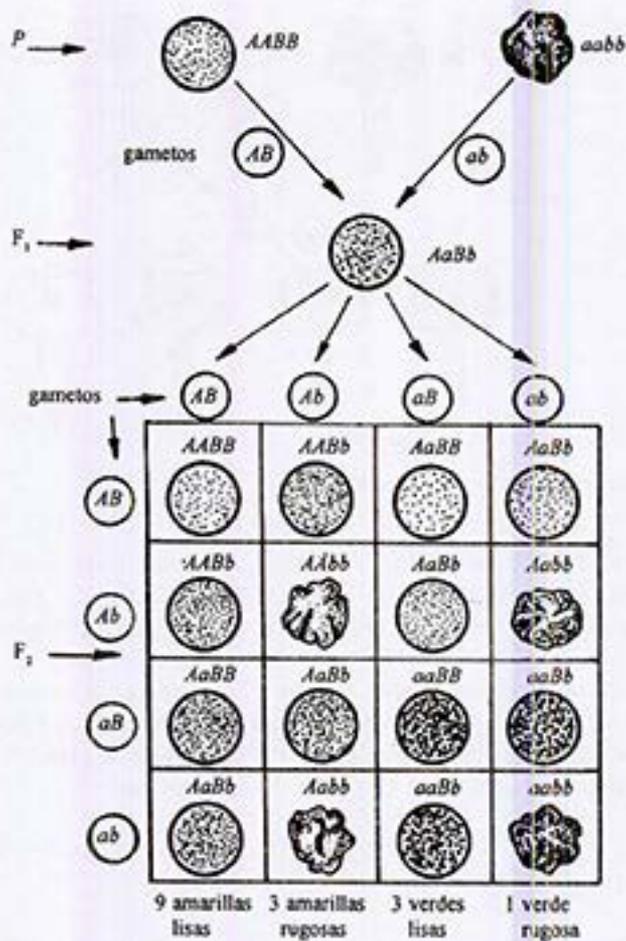


Fig. 65 Representación gráfica de un cruzamiento dihíbrido. Los progenitores difieren en dos pares de alelos.

En la cuadrícula en que se representan los resultados de la F₂, aparecen todas las combinaciones de los cuatro gametos producidos por cada F₁. Obsérvese que entre los 16 tipos de descendientes posibles, 9 tienen la probabilidad de presentar un alelo A y otro B (amarillos y lisos); 3 de presentar al menos un alelo A, pero ninguno B (amarillos rugosos); 3 de presentar al menos uno B, pero ninguno A (verdes lisos) y 1 de no contener ningún alelo A ni B (verdes rugosas). De ahí que la proporción fenotípica sea 9:3:3:1.

¿Podría obtenerse esta proporción si la distribución de los alelos de un carácter no fuera independiente de la distribución de los del otro?

Evidentemente, si la distribución de los genes no fuera independiente, los resultados serían otros, los alelos correspondientes a estos caracteres se transmitirían como unidades inseparables y, por tanto, como una sola unidad, a la segunda generación. De esta forma, en todas las plantas de la F₂, las semillas de color amarillo serían lisas y todas las de color verde serían rugosas.

Como resultado, Mendel enunció otra importante ley, la ley de la transmisión independiente: la distribución a los gametos de los miembros de un par de factores, es independiente de la distribución de otro par.

SABÍAS QUE...

La diferencia en la textura de los chícharos se debe a una diferente concentración de almidón entre las semillas lisas y rugosas. En las plantas de semillas lisas, a diferencia de las rugosas, el gen dominante codifica la síntesis de una enzima que participa en la formación de esta importante sustancia de reserva.

Es evidente, que si en la meiosis los miembros de un par de cromosomas se distribuyen con independencia de las del otro, también los alelos de cada par se separan y segregan independientemente. Esto se comprenderá si se analizan los caracteres color y textura de la semilla por separados. En ambos casos aparece una relación de 3:1, es decir, hay un total de 12 plantas con semillas amarillas y 4 de color verde, y 12 de semillas lisas y 4 de textura rugosa.

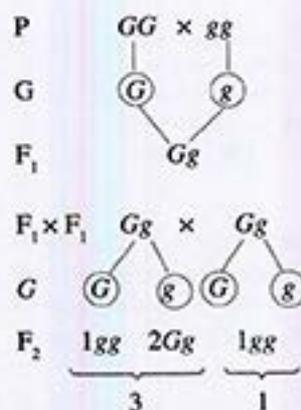
De acuerdo con lo anterior, tanto en los cruzamientos monohíbridos como en los dihíbridos, como en aquellos en que se tiene en cuenta un número mayor de caracteres, los genes siempre se segregan gametos diferentes, es decir, la ley de segregación siempre se cumple.

Como hemos analizado, los conocimientos de la división celular y las relativas a los genes ratifican las leyes que, con gran predicción científica, postuló Mendel. Estas leyes continúan siendo el fundamento de la genética actual, aunque enriquecidas por nuevos métodos y técnicas de investigación. Los trabajos de hibridación que actualmente se desarrollan en la obtención de caracteres más productivos, en plantas y animales, evidencian su importante aplicación práctica.



Tarea

1. Valora con tus compañeros de grupo los datos biográficos de Mendel que se orientó resumir en la Introducción, y consulta en el vocabulario el significado de la palabra hibridación. ¿Qué importancia tienen los trabajos de hibridación realizados por Mendel?
2. ¿A qué llamamos carácter dominante y a qué carácter recesivo? Investiga cuáles fueron los caracteres estudiados por Mendel y relaciona cuáles son dominantes y cuáles recesivos.
3. Define los conceptos cruzamiento monohíbrido y dihíbrido.
4. Explica la significación de las observaciones de Mendel acerca de la reaparición del rasgo recesivo, en la segunda generación filial (F_2).
5. En las plantas de guisantes, la textura rugosa de las semillas está determinada por un gen recesivo (b).
 - a) Representa:
 - el alelo dominante;
 - el genotipo de una planta de semillas rugosas;
 - el genotipo de una planta heterocigótica.
 - b) ¿Cuáles tipos de gametos pueden producir las plantas referidos en el inciso anterior?
6. Explica con tus palabras el enunciado de la ley de segregación planteada por Mendel.
7. Analiza el cruzamiento siguiente:



- Si se conoce que el alelo G determina el color gris en los ratones y, el alelo g , el color blanco, ¿cuál es el fenotipo de todos los individuos representados?
 - ¿Se cumple la ley de segregación? Argumenta tu respuesta.
 - Explica los resultados teniendo en cuenta la relación entre la meiosis y la fecundación, representada en el esquema anterior.
 - ¿Qué propiedades del ADN dieron como resultado la transmisión de este carácter de una generación a otra? Explica tu respuesta.
- En las aves de corral, el color oscuro de las patas (P) es dominante sobre las claras (p). ¿Cómo procederías para determinar si una de las aves de patas oscuras, es homocigótica o heterocigótica? ¿Qué nombre recibe este método?
 - En el rábano se pueden encontrar tres fenotipos en cuanto a su forma: alargada, redonda y ovalada. Al cruzar una planta homocigótica dominante de forma redonda, con otra de forma alargada, se obtuvo el 100 % de las plantas con rábanos de forma ovalada.
 - ¿Cómo puedes explicar estos resultados?
 - ¿Qué proporción fenotípica y genotípica debes esperar en la segunda generación? Representa el cruzamiento.
 - Se realizaron experimentos con dos especies de plantas diferentes:

Experimento A: Se cruzaron plantas de flores rojas con plantas de flores blancas, obteniéndose en la F₁ el 100 % de las plantas con flores rojas.

Experimento B: Se cruzaron plantas de flores rojas con plantas de flores blancas, obteniéndose en la F₁ el 100 % de las plantas con flores rosadas.

 - Determina el genotipo de los progenitores de los experimentos A y B.
 - ¿Qué proporción genotípica y fenotípica debe esperarse al cruzarse las F₁ obtenidas en el experimento B?
 - ¿Por qué si los progenitores de ambos experimentos presentan los mismos genotipos, los resultados fenotípicos son diferentes?
 - Explica con tus palabras el enunciado de la ley de transmisión independiente planteada por Mendel.
 - En las plantas de tomate, el carácter forma redonda de los frutos (F) es dominante con respecto a la forma de pera y, el color rojo (R), dominante con respecto al amarillo. ¿Cuál es el fenotipo, el genotipo y los tipos de gametos que produce:
 - una planta homocigótica dominante en ambos caracteres;
 - una planta homocigótica en el carácter color del fruto y heterocigótica en el carácter forma del fruto?

13. Demuestra la transmisión independiente representando los tipos de gametos que se originan en organismos cuyos genotipos son:

$Cc Rr$ y $CC Rr$.

Herencia de caracteres de variación continua

Hemos analizado la transmisión de caracteres que se manifiestan en dos alternativas cualitativamente diferentes: flores de color rojo o blanco, semillas amarillas o verdes, y lisas o rugosas, por ejemplo. Mendel limitó sus estudios a caracteres fáciles de distinguir en la descendencia.

Pero pensemos en un carácter como nuestra estatura o peso. ¿Podemos clasificarlos en dos alternativas solamente?

Estos caracteres, a diferencia de los estudiados anteriormente, se expresan de formas muy diversas en las poblaciones y forman un todo continuo de variación en el que no es posible determinar dos alternativas solamente. Por eso, dichos caracteres reciben el nombre de **caracteres de variación continua**.

Generalmente, los caracteres de variación continua se representan por valores numéricos; así, el peso de un fruto en una especie de planta determinada podría ser de 30,1 g o de 30,1857... g, y el de un conejo de 4,5 kg o de 4,5385... kg, por ejemplo. De igual forma, la estatura de los estudiantes de duodécimo grado de una escuela puede variar, de acuerdo con su edad, entre 154 y 182 cm aproximadamente, en los varones, y entre 146 y 168 cm aproximadamente, en las hembras.

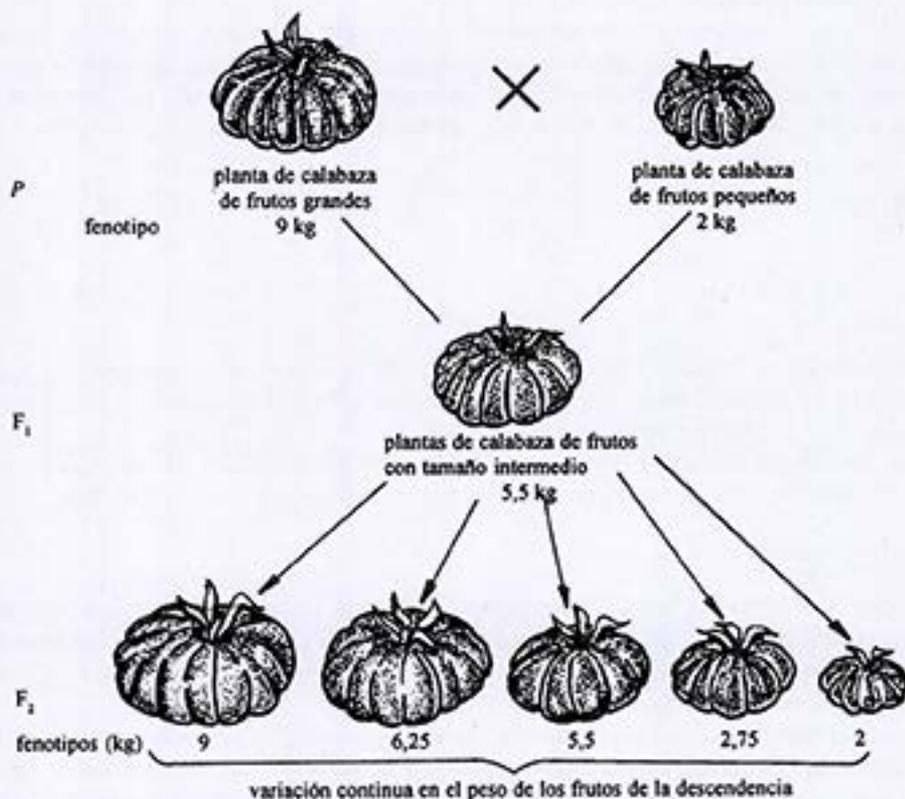


Fig. 66 Representación de la herencia de un carácter de variación continua.

La mayor parte de los caracteres de los organismos presentan esta característica; así sucede con el color de la piel, la producción de leche de una vaca y el contenido de vitaminas de un fruto, por ejemplo.

¿Cómo explicar la herencia de estos caracteres en los organismos?

La solución a este problema resultó de numerosos experimentos. En todos ellos se obtuvieron resultados semejantes al que, como ejemplo, se representa en la figura 66.

Como puede observarse, en las plantas de calabaza de la descendencia se presenta una gran variación en cuanto al carácter peso del fruto. Los valores del peso, en el fenotipo de la descendencia, están entre el valor del progenitor de peso alto (carácter dominante) y el del progenitor de peso bajo (carácter recesivo).

Tales resultados se deben a que estos caracteres no están determinados por un solo par de genes, sino por la acción de varios de ellos, con efecto acumulativo en el fenotipo; además, la influencia de los factores del medio ambiente sobre el conjunto de genes que controlan este carácter, es mayor que en los determinados por un solo par de alelos. *Cada uno de los pares de genes alelos que determinan este carácter se expresan, según su norma de reacción, bajo la influencia del medio ambiente en que se desarrollan estas plantas.*

Lo planteado anteriormente nos permite argumentar la importancia de los caracteres de variación continua. El mejoramiento de estos caracteres, en su mayor parte explotados por el hombre, tanto en plantas como en animales, requieren del mejoramiento de las condiciones de cultivo y cría; de esta manera se logra la expresión de los mejores genotipos dadas las condiciones climáticas del país. Por ello, en nuestros planes de desarrollo agropecuario está incluida la producción ascendente de alimento animal, el mejoramiento de los pastos, así como los abastos de agua suficientes, para el regadío.

En los cruzamientos de individuos que difieren en algún carácter de variación continua, los genes que lo controlan se segregan independientemente, siguiendo los principios descubiertos por Mendel. El hecho de que no se obtengan las conocidas proporciones mendelianas en la F_2 , obedece al efecto acumulativo que tienen estos genes sobre el fenotipo.



Tarea

1. ¿A qué llamamos caracteres de variación continua? Argumenta su importancia.
2. Ejemplifica algunos caracteres de variación continua. ¿Por qué en todas ellas no pueden establecerse dos cualidades fenotípicas determinadas?
3. Entre tus compañeros de grupo predominan aquellos que presentan una estatura promedio. Explica esta situación teniendo en cuenta la respuesta dada a la primera pregunta.

Herencia ligada al sexo

En la mayoría de los organismos, el sexo también se hereda y, junto a él, generalmente se transmiten otros caracteres no sexuales. La mayor parte de las especies presentan, entre sus cromosomas, un par de cromosomas sexuales que difiere entre machos y hembras. Esta es la principal causa de las diferencias entre los sexos.

Por ejemplo, en la especie humana, todas las células, excepto los gametos, tienen 46 cromosomas (23 pares): 22 pares de autosomas y un par de cromosomas sexuales. La mujer tiene 22 pares de autosomas y un par de cromosomas X, mientras que el hombre tiene 22 pares de autosomas más un cromosoma X y otro Y.

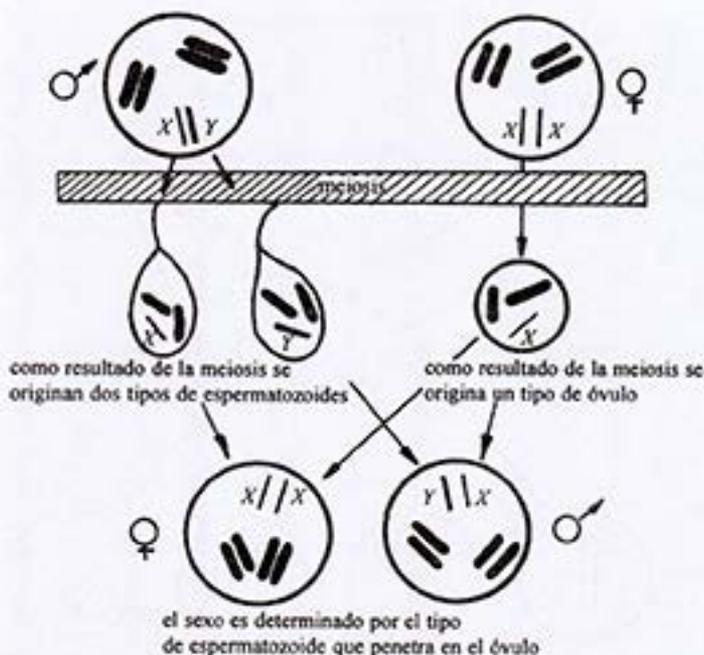


Fig. 67 Representación esquemática de la determinación del sexo en la especie humana.

Como consecuencia, durante la meiosis en el hombre se producen dos tipos de espermatozoides; la mitad presenta el cromosoma X y, la otra mitad, el cromosoma Y. Así, *el sexo de la descendencia queda determinado en la fecundación, según el tipo de espermatozoide que se une al óvulo* (fig. 67).

Los cromosomas X y Y no son morfológicamente idénticos. El cromosoma X, de mayor tamaño que el Y, presenta un número mayor de genes; de ahí que en el hombre muchos de los genes presentes en el cromosoma X no presentan alelos en el cromosoma Y.

¿Qué consecuencias trae esta diferencia en la transmisión de los genes presentes en estos cromosomas? ¿Cómo se comporta la herencia de los caracteres determinados por los genes presentes en el cromosoma X?

En los cruzamientos analizados anteriormente, aunque evidentemente los genes de cada par de alelos provienen, uno del progenitor masculino y, el otro, del femenino, no analizamos de quién provenía uno u otro alelo. En este aspecto no se observan diferencias; esto es válido para todos los genes localizados en los autosomas.

Sin embargo, los genes localizados en los cromosomas sexuales presentan ciertas particularidades en su transmisión. Lo anterior se comprenderá si tenemos en cuenta que los hombres tienen un solo cromosoma X de origen materno, a diferencia de las mujeres que presentan dos, uno proveniente de cada progenitor. Los caracteres no sexuales controlados por genes localizados en el cromosoma X, se llaman **caracteres ligados al sexo**.

La herencia de estos caracteres fue ampliamente estudiada por el genetista Tomas Morgan (1866-1945). Utilizando la mosca *Drosophila melanogaster* como material biológico, Morgan y sus colaboradores se percataron de que ciertos caracteres, como el color blanco de los ojos, se transmiten ligados al sexo.

Analicemos un ejemplo que ilustra la herencia de un carácter ligado al sexo en la especie humana, en este caso, el carácter hemofilia.

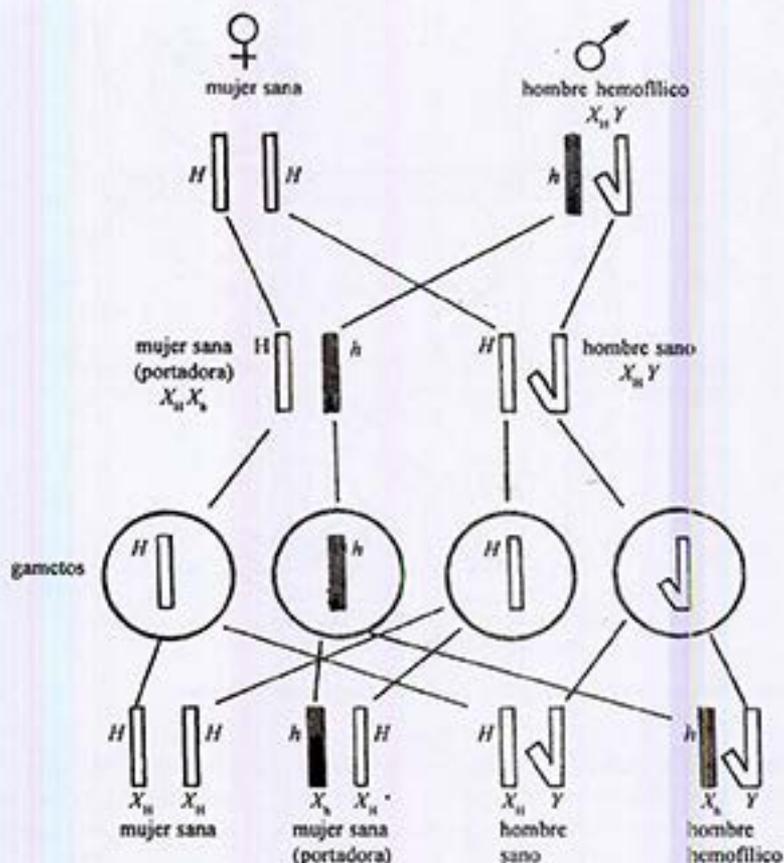


Fig. 68 Representación de la transmisión del gen de la hemofilia.

La hemofilia es una enfermedad hereditaria que consiste en la incapacidad de coagular la sangre, y está determinada por un gen recesivo que se expresa casi exclusivamente en los hombres. En este sexo basta con un alelo en su único cromosoma X para que se manifieste dicho carácter, ya que el cromosoma Y no contiene alelo para el carácter normal (fig. 68).

Obsérvese cómo el gen recesivo del padre no se trasmite a sus hijos, pero sí a todas sus hijas. De este modo, las hijas heterocigóticas no están afectadas por la enfermedad, pero al ser portadora del gen, lo transmitirán a la siguiente generación. ¿Qué probabilidades tendrá una de estas hijas de tener un hijo hemofílico si se casa con un hombre normal?

La mujer heterocigótica tiene la probabilidad de transmitir el gen recesivo al 50 % de la descendencia masculina, y al 50 % de la femenina; estas, a su vez, serán portadoras como la madre. De acuerdo con esto, la probabilidad de que tenga un hijo hemofílico es de un 25 % de toda la descendencia.

SABÍAS QUE...

La deficiencia de la enzima deshidrogenasa constituye uno de los caracteres ligados al sexo más frecuente en nuestro país. La insuficiencia de esta enzima implica un tipo de anemia por la lisis de los glóbulos rojos.



Tarea

1. Explica la determinación del sexo en un individuo de la especie humana.
2. ¿Pueden un padre y su hijo varón ser hemofílicos? Explica tu respuesta.
3. ¿Cómo se transmite el gen de la hemofilia hasta la segunda generación en los casos siguientes:
 - a) abuela sana heterocigótica y abuelo sano;
 - b) abuela sana y abuelo hemofílico?

Aplicación de los conocimientos genéticos en la selección y cruzamiento de plantas y animales

A continuación estudiaremos cómo se aplican los conocimientos genéticos en nuestro país, comenzando en este epígrafe por la contribución al desarrollo agropecuario.

Los sistemas de mejoramiento genético en plantas y animales se basan fundamentalmente en dos métodos: la **selección** y el **cruzamiento**.

Recordemos que sobre el organismo influyen diferentes factores bióticos y abióticos. Esta influencia favorece la supervivencia y reproducción de aquellos organismos mejor adaptados a las diferentes condiciones ambientales, entre otros aspectos por ser resistentes a plagas y enfermedades. A este proceso se le conoce con el nombre de selección natural, la cual estudiaremos detalladamente en el capítulo siguiente.

De la misma forma que la naturaleza selecciona a los organismos más adaptados, desde tiempos remotos el hombre selecciona las mejores plantas de cultivo y animales de cría, según sus intereses. *Este tipo de selección realizada por el hombre se conoce con el nombre de selección artificial.*

En los primeros tiempos, la selección que el hombre realizaba estaba basada solo en criterios de elección empíricos; en la actualidad, la selección es una ciencia encaminada fundamentalmente a elevar la productividad de las plantas de cultivo u ornamentales, así como de diferentes razas de ganado, basándose en los principios de genética, enriquecidos mediante el uso de técnicas modernas.

El hombre, en la actualidad, aplica los conocimientos básicos de la genética, la fisiología y la bioquímica para hacer más eficientes sus formas de selección. El seleccionador actual elige los mejores ejemplares, basándose no solo en la productividad, sino también en otras características pecuarias y agronómicas.

¿Cómo se garantiza el éxito de la selección?

Para realizar una buena selección hay que tener en cuenta los aspectos siguientes:

- a) diversidad inicial de variedades y especies de organismos, dada por las variaciones hereditarias;
- b) papel del medio ambiente en el desarrollo y la manifestación de los caracteres deseables;
- c) leyes de la herencia;
- d) métodos de la selección artificial utilizadas para mejorar los rasgos deseados.

En las plantas, los trabajos de selección conducen a la obtención de variedades mejoradas con resistencia a la sequía, las plagas y las enfermedades, alta calidad de su producción agrícola y características que favorecen la mecanización de las labores de cultivo y recolección.

En el mejoramiento de las plantas se emplean dos sistemas de métodos fundamentales:

- a) cruzamiento seguido de selección para obtener líneas puras o variedades;
- b) selección seguida de cruzamientos para obtener híbridos.

Cuando se desea mejorar un carácter dado de una variedad, por ejemplo, la resistencia a un virus, se cruza esta con otra que sea resistente, y en la descendencia se seleccionan los individuos que manifiestan este carácter.

En las plantas también es posible obtener una nueva característica provocando cambios en la variedad que se desea mejorar. Estos cambios o mutaciones pueden lograrse mediante tratamientos con sustancias químicas o radiaciones. Este método se conoce como inducción de mutaciones. Un ejemplo es la inducción de poliploidía que, como ya conoces, es el aumento del número de juegos de cromosomas, lo cual ocasiona un aumento del tamaño del fruto o la vianda. Este método se emplea especialmente en plantas con reproducción vegetativa, como la malanga.

Otra vía de provocar cambios favorables es el cultivo de tejidos en un medio apropiado para ello, como estudiaremos posteriormente.

En los animales, la selección tiende a mejorar el valor total de todas las características productivas, como son: mayor rendimiento en carne, leche, grasa, huevos o pieles de buena calidad, así como resistencia a plagas, enfermedades y condiciones adversas del medio ambiente y, además, que permitan el empleo de la mecanización, por ejemplo, el ordeño mecánico.

En los países de clima templado se han desarrollado razas de ganado vacuno que se caracterizan por sus altos niveles productivos y de adaptación a condiciones ambientales de ese clima, como, por ejemplo, la Holstein y la Charolaise. De modo contrario, en los países localizados de la zona tropical o subtropical existen razas que se han desarrollado bajo condiciones climáticas adversas como son altas temperaturas y humedad, así como deficiencias alimentarias, higiénicas y de manejo. Estas razas presentan un alto grado de adaptación, pero manifiestan bajos rendimientos productivos, como, por ejemplo, la Cebú y la Criolla.

Numerosos han sido los esfuerzos realizados para aumentar la productividad del ganado vacuno en los trópicos; sin embargo, la teoría del fatalismo geográfico, que condena al trópico a una improductividad vacuna, ha limitado el desarrollo de nuevas razas y la realización de cruzamientos que aumenten los rendimientos.

El mejoramiento que se realiza de las razas de ganado en nuestro país, está basado fundamentalmente en los dos métodos genéticos ya mencionados: la selección y el cruzamiento. Con estos métodos se han obtenido muchos logros que han permitido el desarrollo no solo del ganado vacuno, sino también de las crías de aves, cerdos y caballos, entre otros.

Existen diversos métodos de selección en animales. Actualmente en nuestro país, en el ganado vacuno se practica la selección de un solo carácter hasta que se consigue mejorarlo, pasando después a un segundo carácter y luego a un tercero. Por ejemplo, se logra un primer carácter: mayor producción de leche; después, un segundo carácter: buen porcentaje de grasa en leche y, por último, se logra un tercero: facilidad de ordeño mecánico. Después de alcanzados se puede continuar trabajando en cada uno de ellos hasta que se logre el nivel deseado.

Otro de los métodos empleados consiste en establecer un valor fenotípico mínimo, es decir, un parámetro específico para cada característica; los individuos que no alcancen ese valor se eliminan. Por ejemplo, para seleccionar una progenitora de un semental de raza lechera Holstein, esta debe tener un valor fenotípico mínimo de producción de leche en una lactancia de más de 6 000 kg aproximadamente en 305 días. Si tiene el resto de las características adecuadas y este valor fenotípico no se cumple, no se selecciona.

Otro método, en el que se necesita mucha dedicación, es cuando se seleccionan tres o más caracteres juntos, por ejemplo, una vaca buena productora de leche, con alto porcentaje de proteínas y un intervalo corto entre parto y parto (fig. 69).

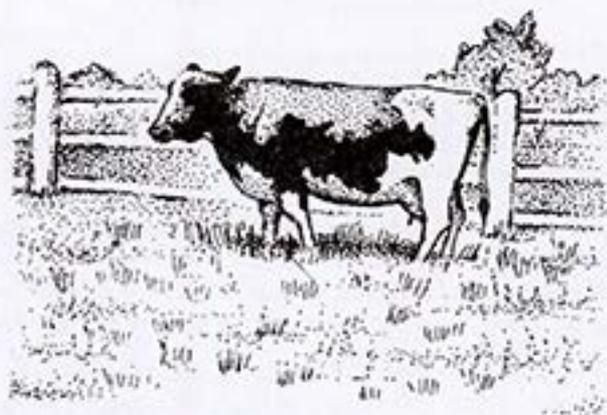


Fig. 69 Vaca de la raza Holstein, buena productora de leche.

Al aplicar los métodos anteriormente referidos, es necesario tener en cuenta que las condiciones del medio ambiente influyen directamente en la expresión de la información genética; por ejemplo, en una vaquería, granja porcina o avícola donde las condiciones higiénicas no sean las mejores, los animales, por muy resistentes que sean, tienen posibilidades de enfermarse. Además, si el alimento no es el adecuado, no alcanzarán el peso necesario, y lo mismo sucederá con el resto de los caracteres hereditarios. Igual ocurre con las plantas: una variedad de cultivo puede comportarse satisfactoriamente en una localidad y no en otra, por las condiciones que presenta el suelo.

Los sistemas de mejoramiento por cruzamiento en plantas y animales, se basan en dos fenómenos: la **consanguinidad** y la **heterosis**.

La consanguinidad se produce como consecuencia del cruzamiento entre individuos con características genéticas semejantes, lo que conduce a un aumento de la homocigosis en las poblaciones, obteniéndose líneas puras, tanto en plantas como en animales. De aquí que podamos decir que los individuos consanguíneos son aquellos que tienen pares de genes idénticos, lo cual se logra con el cruzamiento de individuos emparentados tales como hermanos, padres y descendencia. En las plantas, la consanguinidad se produce por la autofecundación.

Durante los cruzamientos entre individuos emparentados se realizan duran un largo período de tiempo, puede ocurrir un fenómeno que se conoce con el nombre de depresión consanguínea, que consiste en una disminución de las características deseadas, como son la fertilidad y el vigor, a consecuencia del aumento de la homocigosis.

En las plantas, la depresión consanguínea se presenta solamente en las especies de polinización cruzada, ya en que aquellas que normalmente se autofecundan este fenómeno no ocurre. Los cruzamientos entre individuos semejantes o autofecundaciones consecutivas en las plantas, se utilizan por los genetistas para fijar o estabilizar características deseadas, y obtener de este modo una línea pura.

En los animales, el cruzamiento entre individuos emparentados se emplea, al igual que en las plantas, en aquellos casos en que se quiera lograr que la mayoría de los genes de la raza se presenten en estado homocigótico.

En Cuba, para evitar la depresión consanguínea en el ganado vacuno, se mantienen varias líneas de cada raza. En el caso de la Holstein tropical, por ejemplo, tiene cuatro líneas: 1, 2, 3 y 4; los cruzamientos se realizan entre individuos diferentes: pudieran ser 1 y 2; 3 y 4 u otras combinaciones.

SABÍAS QUE...

En la especie humana también se manifiesta la consanguinidad. La descendencia que se obtiene de matrimonios entre parientes tiene grandes posibilidades de presentar trastornos genéticos que hayan tenido sus antecesores.

La heterosis es el fenómeno inverso a la depresión consanguínea. Se pone de manifiesto como consecuencia del cruzamiento entre individuos con características genéticas diferentes. Los individuos que se obtienen en la primera generación se caracterizan por un amplio desarrollo de características positivas, lo que se conoce con el nombre de vigor híbrido.

En las plantas, el cruzamiento entre individuos con características diferentes se emplea fundamentalmente en aquellos en que la polinización es cruzada, aunque la heterosis se presenta en casi todos los cultivos importantes. La descendencia híbrida que se obtiene posee altos rendimientos en sus cosechas. Son muy reconocidos los híbridos de maíz, tomate, pimiento y otros cultivos por su alta productividad y vigor.

En animales, este cruzamiento da lugar en la primera generación a un híbrido que presenta un desarrollo impetuoso y un aumento en la capacidad vital de todo el organismo, porque la descendencia supera en algunas características a cada uno de sus progenitores; por ejemplo, la F_1 resultante de un cruzamiento entre Holstein y Cebú produce más leche que su madre Cebú, y la calidad de la leche, en proteínas y grasa, es superior a la de la raza Holstein. Esta capacidad no se mantiene en las generaciones posteriores, por lo cual es necesario realizar cruzamientos dirigidos a estabilizar el porcentaje de genes relacionados con los caracteres deseados que más se asemejen a los de la F_1 .

En general, los métodos de selección y cruzamiento permiten la obtención de variedades y razas con las características deseadas.

Principales logros obtenidos en Cuba

En nuestro país se han obtenido, en los últimos años, logros en selección y cruzamiento en plantas y animales, que contribuyen al desarrollo económico y social. Entre los logros obtenidos en plantas podemos señalar las variedades de tomate, como por ejemplo, HC-108 de primavera y tropical C-28-V (fig. 70). Se han obtenido variedades de lechuga de verano, como, por ejemplo, Riza-15 y Chile 1185-3.

Estas variedades presentan altos rendimientos y características que hacen posible que se puedan cosechar durante muchos meses del año.

También se han obtenido nuevas variedades de arroz, entre ellas Caribe I y J-103; por su adaptabilidad y estabilidad, esta última ocupa en estos momentos el 70 % de la superficie arrocera del país; además, supera en 0,9 t por hectáreas al resto de las variedades comerciales.

Los logros mencionados anteriormente han influido en la alimentación de nuestra población, y permiten la existencia, en el mercado, de diversas hortalizas.

Se desarrolla el Programa Nacional de Mejoramiento Genético en el ganado vacuno con el propósito de obtener razas buenas productoras y adaptadas a nuestro clima. Entre las razas que se desarrollan con el propósito de obtener leche, tenemos a la Holstein Tropical, que puede obtenerse empleando métodos de selección o inseminando con semen Holstein a vacas híbridas logradas como resultado de un cruzamiento entre Holstein y Cebú. Otra raza es la Siboney de Cuba, que puede lograrse por un cruzamiento entre Holstein y Cebú, donde la raza Holstein aporta mayor cantidad de características que la Cebú. También la raza Mambí se puede obtener por un cruzamiento entre Holstein y Cebú, pero en ella el aporte de la raza Holstein es aún mucho mayor (fig. 71).

Como consecuencia de este programa se ha obtenido un rebaño de ganado lechero con mayor potencial productivo. Un ejemplo lo constituyó Ubre Blanca, ejemplar de la raza Mambí,

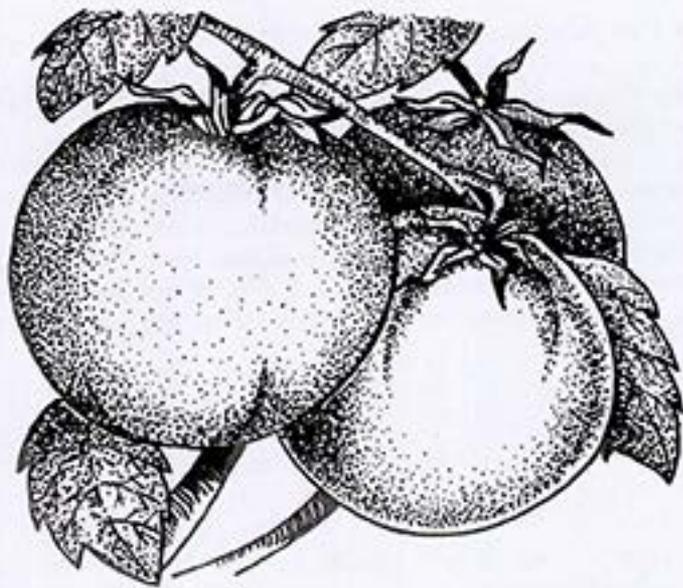


Fig. 70 Variedad de tomate C-28-V.



Fig. 71 Vaca de la raza Mambí, buena productora de leche.

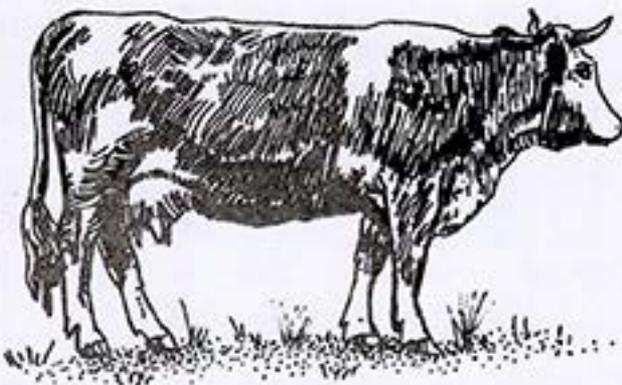


Fig. 72 Ejemplar de la raza Charolaise, buena productora de carne. Se emplea en cruzamiento para obtener las razas Chacuba y Chambrais.

que estableció récords mundiales de producción de 110 kg de leche en un día, 24 268,9 kg de leche en 305 días, y 27 672,8 kg de leche en 365 días.

Para obtener carne, en el ganado vacuno se han desarrollado mediante cruzamientos, razas como la Crimouisin, Chambrais y Chacuba (fig. 72).

De igual forma, el programa de mejoramiento genético ha permitido la obtención de una raza de cerdo productora de carne, la CC-21, cuyas características fenotípicas superan en calidad a las de otras razas. Los machos de esta raza se utilizan como sementales en los cruzamientos.

También se han mejorado las líneas de aves ponedoras. La obtención de razas de ganado vacuno y porcino, así como el mejoramiento de las líneas de aves, reportan grandes beneficios a nuestro país y garantizan la existencia de animales con buenas características y adaptados a nuestro clima.



Tarea

1. De acuerdo con lo planteado en el epígrafe sobre la selección y el cruzamiento en plantas y animales, explica brevemente en qué consiste la selección artificial y cuál es su importancia.
2. Documentate sobre los planes ganaderos existentes en tu provincia y analiza los métodos de selección y cruzamiento que en ella se realizan. Explica en qué consiste uno de ellos.
3. Ejemplifica los logros obtenidos recientemente en los trabajos de selección y cruzamiento en plantas y animales en nuestro país y, en particular, en tu provincia.

Aplicación de los conocimientos genéticos en la prevención y el tratamiento de enfermedades hereditarias

Según datos recientes de la Organización Mundial de la Salud, entre el 4 y el 6 % de todos los recién nacidos padecen de alguna enfermedad de origen genético, ya sea total o parcialmente. Estas enfermedades están determinadas genéticamente y su expresión fenotípica depende de la influencia del medio ambiente en un mayor o menor grado.

Como ejemplo de enfermedades en las que es notable la influencia del medio ambiente tenemos las malformaciones aisladas y otras como el asma y la hipertensión. Como ejemplo de las producidas por una mutación génica tenemos a la anemia falciforme y la hemofilia. Algunas como el Síndrome de Down son producidas por aneuploidia. Los individuos que padecen esta enfermedad presentan 47 cromosomas distribuidos de la forma siguiente: 22 pares y un trío en el lugar correspondiente al par 21. La mayoría de los niños nacidos con esta enfermedad son hijos de madres mayores de 38 años.

Como parte de la atención a la salud del pueblo, desde 1982 se desarrolla en el país el Programa de Genética por el Ministerio de Salud Pública, dirigido fundamentalmente al diagnóstico y la prevención de enfermedades genéticas.

Existe en nuestro país el Centro Nacional de Genética Médica que participa en la dirección y control del Programa de Genética, el cual asegura la atención a toda la población. En este Programa se ejecutan las tareas siguientes:

- a) diagnóstico prenatal masivo de malformaciones genéticas por alfa-feto proteína y ultrasonido;
- b) prevención y atención médica a la anemia falciforme o sicklemia;
- c) diagnóstico prenatal de afecciones cromosómicas y enfermedades ligadas al sexo;

- d) detección de fenilcetonuria en recién nacidos;
- e) consulta de asesoramiento genético a toda la población que lo necesite.

SABÍAS QUE...

La fenilcetonuria es una enfermedad producida por mutaciones génicas que afectan el metabolismo de un aminoácido, la fenilalanina. Esta enfermedad se caracteriza por un retardo mental severo. Su diagnóstico inmediato al nacimiento permite imponer una dieta especial con la que se evita este padecimiento.

¿Cómo pueden prevenirse y detectarse estas enfermedades?

Entre las vías principales de prevención se realiza la atención a pacientes con familiares que presentan trastornos hereditarios; con ellos se utiliza el método de asesoramiento genético y el diagnóstico prenatal.

El asesoramiento genético consiste en estimar el riesgo de manifestación de un carácter patológico e informarlo a la pareja con criterios científicos y humanos, ofreciendo las formas de atención y prevención de la enfermedad.

Uno de los métodos que se emplean durante el asesoramiento genético a las parejas con riesgo de tener descendencia afectada, es el **diagnóstico prenatal**, que consiste en realizar la detección de la afección en el feto durante el segundo trimestre del embarazo, a fin de que la pareja pueda seleccionar una descendencia sana.

Por ejemplo, en la prevención de la anemia falciforme o sicklemlia se indica un análisis a todas las embarazadas, en el período comprendido entre las 15 y las 19 semanas de embarazo; si la prueba resulta positiva, se estudia a la pareja y, si ambos son portadores, se realiza la toma del líquido amniótico, para diagnosticar el estado del feto. De acuerdo con el resultado de este examen, se orienta a la pareja, explicándole las características de la enfermedad. La pareja puede optar por seleccionar una descendencia sana.

De igual forma, se emplean diferentes métodos para la prevención de otras enfermedades, como el Síndrome de Down y las malformaciones graves del sistema nervioso, entre otras.

En el mundo se conocen alrededor de 4 000 enfermedades hereditarias y se han desarrollado métodos de prevención. En Cuba, con la realización del Programa de Genética del Centro Nacional de Genética Médica, se trata de asegurar una descendencia sana en la familia; para ello, las parejas necesitadas cuentan con consultas provinciales de asesoramiento genético, donde pueden contar con ayuda para cada caso. La aplicación de este Programa permite una mejoría en la atención médica a la población, además de reducir los problemas socioeconómicos que se derivan de estas enfermedades.



Tarea

1. Analiza las tareas del Programa de Genética del Centro Nacional de Genética Médica que se llevan a cabo en nuestro país, y valora la importancia de su ejecución.
2. El asesoramiento genético es uno de los métodos más utilizados en la prevención de enfermedades hereditarias. Explica en qué consiste.

3. Explica la importancia que ha tenido la aplicación del diagnóstico prenatal en nuestro país.

Importancia de la ingeniería genética y la biotecnología en la preservación de la salud humana y el desarrollo económico del país

En la actualidad, se conoce con el nombre de **biotecnología moderna**, la *utilización científica de las funciones bioquímicas y genéticas de los organismos con fines prácticos*. El hombre ha realizado actividades biotecnológicas desde tiempos remotos; la fermentación y el mejoramiento de variedades de plantas y animales por hibridación, constituyen dos ejemplos, entre tantos, basados en la utilización de los organismos, tal y como existen en la Naturaleza. La nueva biotecnología difiere, sin embargo, de esas prácticas clásicas, ya que en ella se utiliza la ingeniería genética y las técnicas de fusión de células procedentes de distintos organismos, superando las barreras infranqueables que existen entre las especies.

La ingeniería genética consiste en insertar los genes de una célula en otra, aunque sean células de organismos de especies diferentes.

Como base teórica de estos modernos métodos de mejoramiento y utilización de los organismos se encuentra el conocimiento del ADN, que contiene la información genética. Con los métodos de ingeniería genética es posible combinar artificialmente genes que provienen de organismos diferentes, obteniéndose lo que se conoce con el nombre de ADN recombinado. Analicemos cómo se manipula una bacteria para que sintetice una sustancia dada, empleando métodos de ingeniería genética (fig. 73).

Las bacterias, además de ADN cromosómico, contienen plasmidios, que son porciones de ADN circular presentes en el citoplasma. Un plasmidio es aislado y, por acción de una enzima, es abierto en un lugar preciso; al mismo tiempo, del ADN de otro organismo, por acción de enzimas, se aísla el gen que contiene la información de la síntesis de la sustancia deseada. Posteriormente,

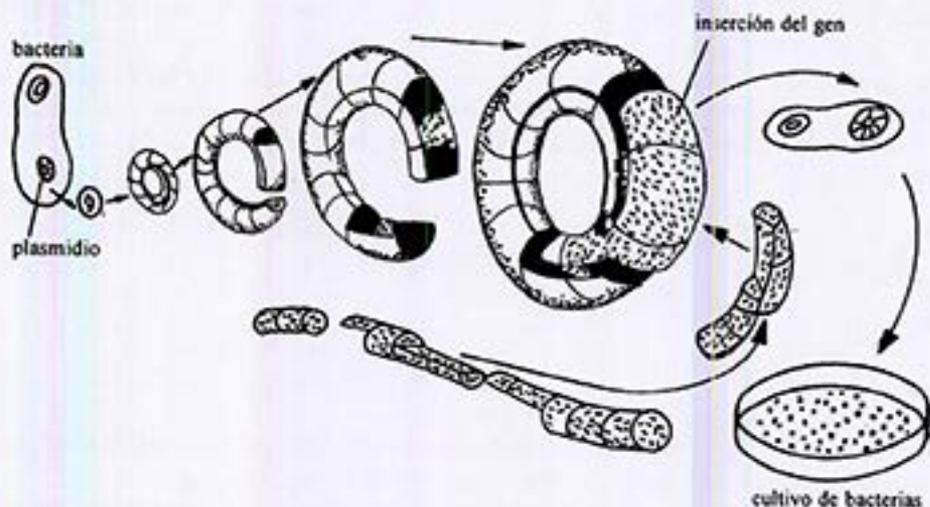


Fig. 73 Representación de la inserción de un gen.

utilizando enzimas similares, se inserta ese gen en el plasmidio que había sido abierto anteriormente. El plasmidio se reintroduce en una bacteria u otro tipo de microorganismos que se cultiva para que sintetice las moléculas de nuestro interés.

En esta "manipulación genética" se basa el extraordinario desarrollo experimentado por la biotecnología en los últimos años; esta se emplea en la elaboración de productos farmacéuticos y otras sustancias útiles, en el mejoramiento y la creación de nuevas variedades de plantas y animales, así como en facilitar los procesos industriales.

Al tratar la aplicación de la biotecnología en la salud pública en Cuba, es preciso destacar la producción de interferón leucocitario humano, proteína que se produce por los linfocitos de la sangre al ser inducidos por la presencia de virus, como respuesta ante el ataque de estos. Basado en este principio, un grupo de investigadores logró su producción, por primera vez en Cuba, en mayo de 1981. Este interferón reúne todas las especificaciones para su uso en la medicina. Gracias a esto, nuestro país cuenta actualmente con un medicamento que, producido por la aplicación de las técnicas de la biotecnología moderna es de uso común en nuestros hospitales y centros de salud.

Actualmente Cuba se destaca por contar con una producción propia de esta proteína, tanto por la vía natural como por la aplicación de la ingeniería genética. Sus aplicaciones son muy diversas, como, por ejemplo, en el tratamiento de enfermedades de tipo viral como herpes, conjuntivitis, dengue y hepatitis, y en el tratamiento de algunos tipos de cáncer, en combinación con la radioterapia.

En la preservación de la salud humana también ha resultado de gran importancia la producción de anticuerpos monoclonales con fines diagnósticos, los cuales se utilizan en diferentes instituciones asistenciales y de investigación.

En Cuba se obtienen anticuerpos monoclonales para el diagnóstico de enfermedades infecciosas, como el dengue, sarampión y herpes. Además, se utilizan para mejorar el diagnóstico precoz del cáncer, así como para conocer algunas de sus características.

También se ha logrado obtener vacunas novedosas gracias al desarrollo alcanzado por la biotecnología; tal es el caso de la vacuna antimeningocócica tipo B, cuya aplicación ha brindado resultados extraordinarios en Cuba y otros países.

En las plantas, la técnica biotecnológica más empleada actualmente es la multiplicación vegetativa mediante el cultivo de células, tejidos y órganos vegetales, en el ambiente esterilizado de laboratorio.

En nuestro país se desarrollan en estos momentos variedades de caña de azúcar mediante cultivo de tejidos. Para obtener estas variedades, se toma un fragmento de planta y se pone en un medio con hormonas que estimulan el crecimiento desorganizado de las células, lo cual puede dar origen a individuos con características diferentes al inicial. Estas plantas son sembradas y seleccionadas según los intereses deseados (fig. 74).

Estas variedades, bajo las condiciones recomendadas, superan a las existentes actualmente en su potencial productivo y son resistentes a las principales enfermedades del cultivo.

En animales podemos señalar que también se aplican técnicas biotecnológicas al cultivo del camarón, las cuales permiten aumentar la producción de este valioso recurso con destino a la exportación.

Resulta de gran importancia el trasplante de embriones que se realiza en el ganado bovino. En esta técnica se logra una superovulación en la vaca mediante un tratamiento hormonal y se insemina con un semental de alto valor genético. Los embriones resultantes, de 2 a 10, se trasplantan a otras vacas, lo cual permite aumentar el número de animales de alto valor genético y disminuir el período generacional.

SABÍAS QUE...

Embriones de Ubre Blanca que fueron trasplantados a otras vacas, nacieron después de la muerte de su madre.

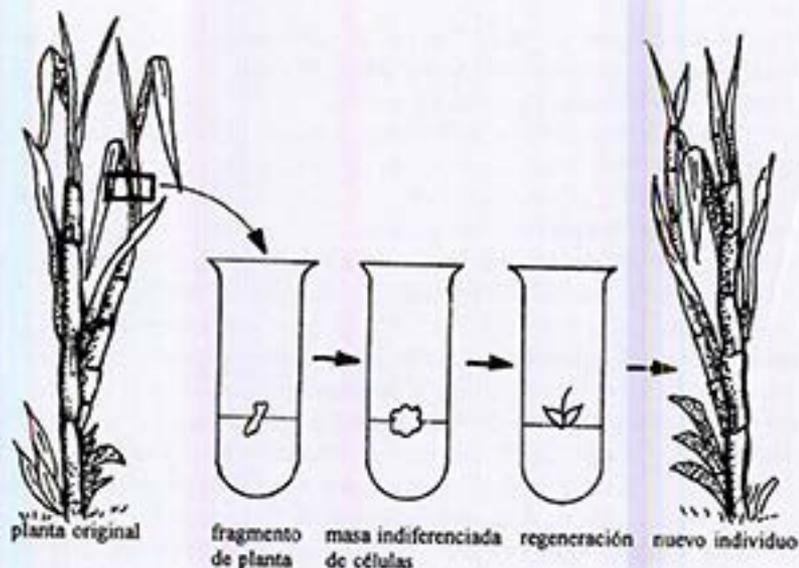


Fig. 74 Representación de un cultivo de tejidos.

En la actualidad se realizan trabajos mediante el empleo de técnicas de ingeniería genética en el mejoramiento de cultivos de papa, para aumentar la resistencia a virus, así como a los probables efectos de los herbicidas.

En el tomate se realizan trabajos para aumentar la resistencia de los ataques de insectos masticadores, así como a herbicidas y a condiciones adversas de suelos como, por ejemplo, la salinidad excesiva.

Por sus características y perspectivas, la aplicación de técnicas biotecnológicas adquirirán cada vez más importancia en el desarrollo económico y social de nuestro país.



Tarea

1. Lee detenidamente lo planteado en el epígrafe sobre biotecnología e ingeniería genética, y explica brevemente en qué consiste cada una de ellas.
2. Argumenta la afirmación siguiente:
 "En nuestro país se han obtenido relevantes logros en los campos de la ingeniería genética y la biotecnología con aplicación en la preservación de la salud y el sector agropecuario."



Estudio de un carácter de variación continua

Con la realización de esta actividad podrás analizar el carácter, tamaño de la mano en la especie humana. Este, como todos los caracteres de variación continua, se expresa cuantitativamente en el fenotipo y está determinado por la interacción de varios pares de genes.

En esta práctica debes trabajar en equipos.

Materiales

Regla milimetrada.

Técnica operatoria

1. Mediante una regla, mide en todos los integrantes del equipo, la distancia que existe entre el extremo del dedo del medio de la mano y la línea que marca la unión con el antebrazo.
2. Anota las medidas de cada compañero y agrúpalas según los intervalos en centímetros que te indique el profesor.
3. Elabora en colectivo, un cuadro en el que resumas el número de alumnos de todo el grupo, en cada intervalo.
4. Elabora un gráfico con los datos obtenidos. En el eje horizontal señala los intervalos y, en el vertical, el número de alumnos.

Conclusiones

1. Interpreta la gráfica. ¿A qué se deben estos resultados en la expresión del carácter analizado?
2. Argumenta la importancia de la herencia de los caracteres de variación continua.
3. El procedimiento utilizado en el estudio de este carácter de variación continua, lo puedes tener en cuenta en otros, como son estatura, peso y circunferencia cefálica, entre otros. Si deseas efectuar otros análisis, consulta a tu profesor.



Resolución de problemas de cruzamientos monohíbridos

Introducción

Con la realización de esta clase práctica podrás profundizar y aplicar tus conocimientos acerca de la ley de la segregación planteada por Mendel, en la resolución de problemas de cruzamientos monohíbridos.

Para la mejor comprensión de este tipo de cruzamiento y la resolución de los problemas, debes realizarlos teniendo en cuenta los pasos generales que se orientan y el procedimiento que se debe seguir, según las situaciones planteadas en cada caso.

Objetivo

Resolver problemas de cruzamientos monohíbridos de dominancia completa a partir del conocimiento de la ley de segregación.

Bibliografía

Libro de texto.

Orientaciones para el estudio

Teniendo en cuenta la situación planteada en los problemas se deben seguir los pasos generales siguientes:

1. Leer cuidadosamente el problema y analizarlo.
2. Escribir todos los datos que brinda la información del problema.

3. Proceder a solucionar el problema de acuerdo con la incógnita planteada.
4. Escribir claramente la respuesta.

Para resolver el problema (paso 3) debes tener en cuenta que, según sus datos, estos pueden plantear dos situaciones específicas diferentes:

1. Determinar la descendencia a partir del conocimiento de los progenitores.
2. Determinar los progenitores a partir del conocimiento de la descendencia.

El procedimiento que se debe seguir en cada caso, se ejemplifica en los problemas siguientes:

Para la situación 1

Ejemplo: En los chícharos, la textura de la semilla lisa (*L*) es dominante sobre la rugosa (*l*). ¿Qué textura tendrán las semillas en la F_1 resultante de un cruce entre una planta de guisante homocigótica lisa y otra homocigótica rugosa? ¿Cuáles son los resultados de la F_2 ?

Procedimiento

1. Determinar los datos:

Carácter dominante: textura lisa (*L*).

Carácter recesivo: textura rugosa (*l*).

Ambos progenitores son homocigóticos (uno dominante y otro recesivo).

No conocemos la descendencia de la F_1 y la F_2 .

2. Representar el cruzamiento. Para ello debes simbolizar el genotipo de ambos progenitores, teniendo en cuenta los datos del problema. Indicar el cruce situando el signo \times entre ambos genotipos:

$LL \times ll$

3. Determinar los gametos que produce cada progenitor. Para ello debes tener en cuenta el enunciado de la ley de segregación planteada por Mendel:

$(L) \quad (l)$

En los casos en que, como este, los progenitores son homocigóticos, solo se representa un gameto, ya que todos los producidos por ellos son iguales.

Determinar la F_1 e interpretar el resultado. Como cada progenitor, por su lado, suministra un solo tipo de gameto, es evidente que en este caso toda la descendencia es heterocigótica:

$F_1: Ll$

4. Representar el cruce $F_1 \times F_1: Ll \times Ll$
5. Determinar los gametos en cada uno:

$(L) \quad (l) \quad (L) \quad (l)$

6. Determinar el genotipo de la F_2 según todas las uniones posibles por fecundación. Para ello puedes utilizar una cuadrícula en la que relaciones los gametos de ambos progenitores (F_1):

Gametos	<i>L</i>	<i>l</i>
<i>L</i>	<i>LL</i>	<i>Ll</i>
<i>l</i>	<i>Ll</i>	<i>ll</i>

Interpretar los resultados:

7. Determinar la proporción fenotípica (P.F.) y genotípica (P.G.):

P.F.: 3 plantas de semillas de textura lisa

1 planta de semilla de textura rugosa

También se pueden representar en tanto por ciento, es decir, 75 y 25 %, respectivamente.

P.G.: 1 planta homocigótica dominante

2 plantas heterocigóticas

1 planta homocigótica recesiva

También se pueden representar en tanto por ciento, es decir, 25, 50 y 25 %, respectivamente.

Para la situación 2

Ejemplo: Como resultado de un cruzamiento en plantas de chícharos, se obtuvo una descendencia en la que el 50 % eran de semillas lisas (carácter dominante) y, el otro 50 %, rugosas (carácter recesivo). ¿Cuál es el genotipo de los progenitores?

Procedimiento

1. Determinar los datos:

Carácter dominante: textura lisa.

Carácter recesivo: textura rugosa.

Lo anterior puede inferirse también si en lugar de aparecer explícito, se señalan los símbolos que se deben utilizar: si se indica una letra mayúscula, el carácter será dominante y, si se indica una letra minúscula, el carácter será recesivo.

Se obtiene una descendencia de 50 % de semillas lisas y 50 % de semillas rugosas.

No conocemos el genotipo de los progenitores.

2. Deducir el genotipo de los progenitores a partir de los resultados. Para ello debemos analizar que los resultados se corresponden con la proporción 1:1, y si conocemos que el carácter rugoso es recesivo, entonces en el 50 % de la descendencia ambos genes son recesivos (*ll*). Esto indica que ambos progenitores poseen este tipo de alelo, pero como el otro 50 % es de semillas lisas, se infiere que uno de los progenitores también presenta el gen dominante (*L*).

Puedes realizar el análisis anterior utilizando la cuadrícula, donde señalarás los datos conocidos y lo completarás según el análisis.

3. De esta forma planteamos la respuesta:

Progenitor de semilla lisa *Ll*.

Progenitor de semilla rugosa *ll*.

Recuerda que este cruce recibe el nombre de cruce de prueba o retrocruzamiento, y tiene una gran utilidad para determinar el genotipo de los individuos que muestran en su fenotipo la alternativa dominante.

Actividades

1. Expresa la proporción fenotípica y genotípica de la descendencia en un cruzamiento entre una planta de guisante heterocigótica de semilla lisa con otra de guisante de semilla rugosa (*b*).
2. Cuando una planta de calabaza blanca (*C*) se cruza con otra amarilla (*c*), aproximadamente la mitad de la descendencia son de frutos blancos y, la otra mitad, de frutos amarillos. Determina el genotipo de los progenitores. Representa el cruzamiento.
3. Un genetista realizó dos cruzamientos con conejos negros y blancos, utilizando diferentes animales. En el 1er. cruzamiento obtuvo 12 conejos negros y, en el segundo, 6 negros y 5 blancos. ¿Cuáles son los genotipos probables de los progenitores en cada cruzamiento?

- En ciertas aves, las plumas sedosas están determinadas por un gen recesivo con respecto al que determina las plumas normales (N). Si de un cruzamiento entre individuos heterocigóticos para dicho carácter, se obtuvieron 98 aves, ¿cuántas aves habría esperar fuesen de plumas sedosas y cuántas de plumas normales? ¿Cómo procederías para determinar si un ave de plumas normales es homocigótica o heterocigótica?
- ¿Cuál es la probabilidad de que el hijo de un matrimonio entre un hombre albino y una mujer de coloración normal (heterocigótica), sea también albino? El albinismo está determinado por un alelo recesivo. Representa el cruzamiento y di si se evidencia la segregación de los genes que determinan este carácter.
- En estudios realizados se encontró una variedad de pepinos cuyas flores no podían abrirse. Sin embargo, dichas flores podían ser polinizadas artificialmente. Los resultados de dichos experimentos fueron:

Progenitores	Fenotipo de la descendencia	
	Flores abiertas	Flores cerradas
1. cerrado x abierto	156	0
2. F_1 (del anterior) x F_1	118	40
3. cerrado x F_1	81	77

- Expresa el genotipo de los progenitores cruzados en (1).
 - Comprueba, con la solución del cruce (2), si el genotipo de la F_1 indicado por ti, es correcto o no.
- En las gallinas, la cresta del tipo roseta (R) es dominante sobre la de forma sencilla. Un granjero cree que algunas de sus gallinas de cresta en roseta, tienen un alelo para cresta sencilla. Representa el cruzamiento que debe realizar.
 - El color negro en los conejos se debe a la presencia de un gen dominante. Si una hembra negra produce entre sus descendientes uno blanco:
 - ¿cuál es el genotipo de la progenitora?
 - ¿qué fenotipo y genotipo debió haber tenido el progenitor masculino?; representa el cruzamiento;
 - ¿qué porcentaje de la descendencia será homocigótica dominante si se cruzan dos conejos con el mismo genotipo que la progenitora negra?



Resolución de problemas de herencia ligada al sexo

Introducción

A continuación profundizarás en las regularidades de la herencia ligada al sexo, aplicando tus conocimientos a la resolución de problemas de este tipo de herencia.

Recuerda que los caracteres ligados al sexo se encuentran, generalmente, en el cromosoma sexual X; por eso, en este tipo de cruzamiento los genotipos se representan señalando los cromosomas sexuales.

Para la mejor comprensión de estos cruzamientos y la resolución de los problemas, debes realizar los ejercicios teniendo en cuenta los pasos generales que se orientaron en la clase práctica anterior.

Objetivo

Resolver problemas de herencia ligada al sexo teniendo en cuenta los conocimientos de la determinación del sexo en la especie humana y las regularidades de este tipo de herencia.

Bibliografía

Libro de texto.

Orientaciones para el estudio

En la resolución de estos problemas debes, una vez que en la situación planteada reconozcas el tipo de herencia ligada al sexo, seguir los mismos pasos generales orientados en la clase práctica número 2.

Debes tener en cuenta que, para representar el cruzamiento, en estos casos es necesario indicar el par de cromosomas sexuales de cada progenitor: el progenitor femenino (XX) y el masculino (XY).

Los caracteres ligados al sexo están determinados generalmente por genes recesivos; los individuos que presentan el alelo dominante, fenotípicamente no presentan dicho carácter, por lo que con respecto a él son sanos.

En la mujer, el carácter se manifiesta si ambos cromosomas XX presentan el alelo recesivo; si presenta el alelo recesivo en uno solo de sus cromosomas sexuales X, es sana, pero portadora de la enfermedad. En el hombre basta con que en el único cromosoma X esté presente el alelo recesivo para que fenotípicamente manifieste el carácter.

Actividades

1. La ceguera de los colores (daltonismo) se debe a un gen recesivo (*d*) que se trasmite ligado al cromosoma X. ¿Qué descendencia debe esperarse de un matrimonio entre un hombre daltónico y una mujer sana, cuyo padre también padece dicha enfermedad?
2. ¿Cuál es la descendencia de un matrimonio entre una mujer daltónica y un hombre sano?
3. Indica el genotipo de una mujer si se conoce que la mitad de sus hijos padecen de hemofilia y que su esposo padece dicha enfermedad.
4. En el hombre, la distrofia muscular es un carácter determinado por un gen recesivo ligado al cromosoma X (*m*). Determina la descendencia que debe esperarse en un matrimonio entre una mujer enferma y un hombre sano.
5. La incapacidad de producir anticuerpos contra determinada infección bacteriana, está dada por un alelo recesivo ligado al sexo (*p*). Si una mujer portadora se casa con un hombre normal y si solamente uno de sus hijos varones resulta afectado, representa el genotipo de la descendencia y determina el fenotipo.
6. La atrofia del nervio óptico está determinada por un gen recesivo ligado al cromosoma X. Representa el genotipo de una madre que ha tenido el 50 % de hijos varones enfermos.

LA VIDA. SU ORIGEN Y EVOLUCIÓN EN LA TIERRA

La preocupación del hombre por conocer la causa de los diferentes fenómenos naturales y el origen y la diversidad de los organismos, es, sin dudas, tan antigua como el hombre mismo que, desde tiempos remotos, trató de encontrar respuesta a las preguntas siguientes: ¿cómo se originó la vida en la Tierra?, ¿cómo explicar la gran diversidad de especies existentes y su adaptación a condiciones ambientales tan diversas y cambiantes?

En este capítulo encontraremos respuesta a estas y otras interrogantes, teniendo en cuenta el desarrollo científico alcanzado en la actualidad.

Los sistemas vivos como resultado del desarrollo de la materia. Su evolución

Al observar la Naturaleza, es posible percatarse de la gran diversidad de organismos que existen; sin embargo, todos, desde las bacterias y los protistas hasta el hombre, tienen una característica en común, que distingue hasta la bacteria más simple de los objetos del mundo inorgánico; esa característica es la vida; ahora bien, ¿qué es la vida?

La vida es una forma especial de la materia, de los cuerpos que contienen proteínas y ácidos nucleicos, que se caracteriza por la autorregulación y el intercambio constante con el medio ambiente, lo cual permite el metabolismo y la reproducción.

La vida es el resultado de la evolución gradual de la materia inorgánica a la orgánica, y de esta hacia niveles mayores de complejidad, lo cual propició saltos cualitativos que dieron origen a las primeras células y los organismos, que se agrupan en poblaciones y, bajo la acción de las fuerzas evolutivas, se encuentran en un proceso de evolución constante (fig. 75).

La materia se encuentra en constante movimiento y desarrollo; al surgimiento de la vida precedieron la evolución física y la química, que condicionaron el surgimiento de la biológica, pero no se detuvieron con ella, sino que coexisten.

La evolución biológica puede definirse como transformaciones graduales e irreversibles en el conjunto de genotipos de la población, es decir, en su genofondo, en correspondencia con cambios ambientales específicos. Sus resultados son la diversidad y la adaptación de los organismos.

Aunque la tendencia general del proceso evolutivo es hacia el aumento de complejidad, no siempre ocurre en línea recta; por el contrario, se caracteriza por la divergencia y el surgimiento de líneas colaterales e, incluso, han existido momentos de regresión. Un ejemplo conocido de

divergencia es el origen, a partir de los mamíferos primitivos, de dos líneas evolutivas: una hacia los marsupiales, como el canguro, y otra hacia los placentarios, como el hombre (fig. 76).

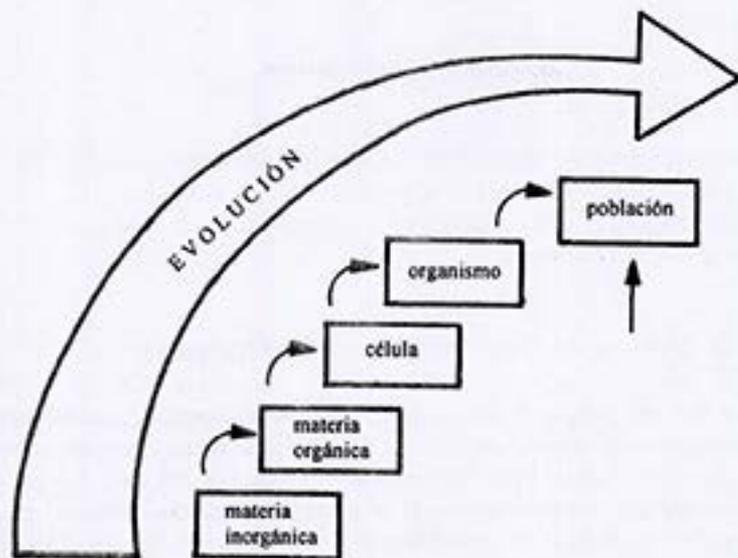


Fig. 75 Evolución de la materia.

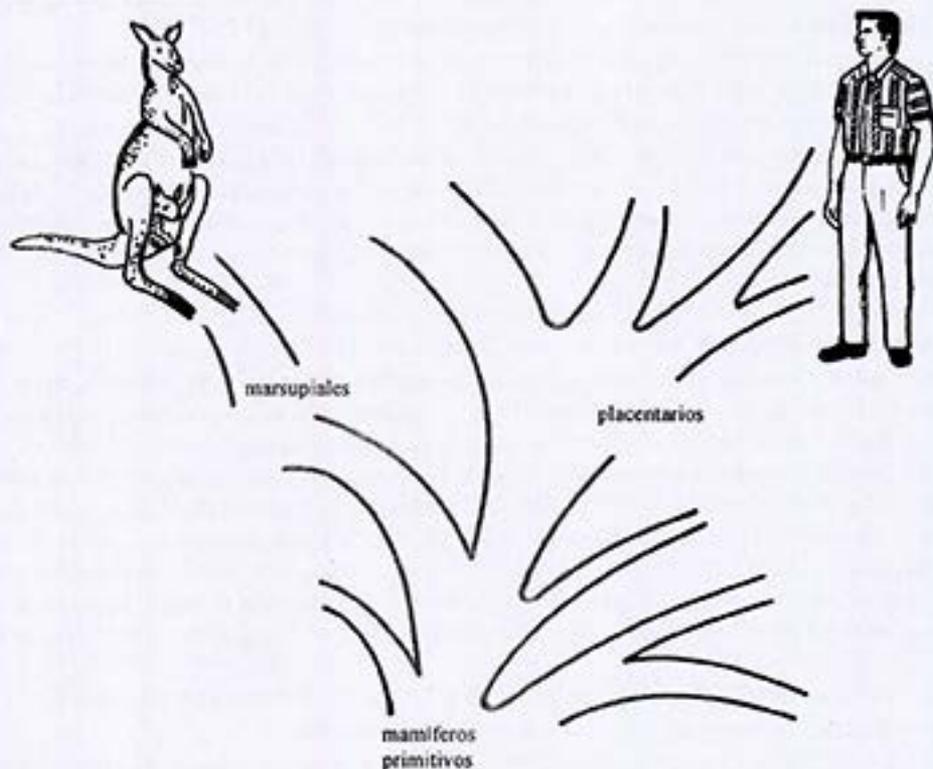


Fig. 76 Línea evolutiva que representa el origen de los marsupiales y de los placentarios a partir de los mamíferos primitivos.



Tarea

1. Resume las características esenciales que te permitan definir el concepto vida.
2. Elabora un párrafo donde expreses el concepto evolución biológica.
3. Teniendo en cuenta lo estudiado en grados anteriores, cita ejemplos concretos en los que se evidencie la evolución biológica.

Origen de la vida en la Tierra. Teoría de Oparin

Hasta hace poco más de un siglo, se habían propuesto dos explicaciones fundamentales al problema de origen de la vida; una explicaba que esta había sido creada sobrenaturalmente por un dios o creador especial y, por tanto, los organismos eran inmutables; la otra, que había surgido por generación espontánea, que los seres vivos se originaban a partir de la materia no viva: los gusanos, de los animales muertos, la carne o el barro; los ratones, de la basura, etcétera.

Esta última teoría fue sustentada por numerosos filósofos de la Grecia antigua. Aristóteles (384-322 a.n.e.) planteó el origen espontáneo de gusanos, insectos y salamandras, a partir del rocío, el sudor, el agua de mar y los suelos húmedos.

Muchos científicos realizaron experimentos encaminados a refutar la teoría de la generación espontánea, entre ellos el médico italiano Francisco Redi y el biólogo francés Louis Pasteur, cuyas experiencias se resumen en la figura 77.

En relación con el origen de la vida, Federico Engels (1820-1895) expresó que la vida en la Tierra no es el resultado de la intervención divina, sino que representa un paso más en los procesos de evolución de la Naturaleza de lo inorgánico a lo orgánico, dentro de los cuales la materia puede alcanzar niveles de complejidad crecientes. Pero estas ideas no fueron reconocidas hasta después de 1900.

En 1922, el bioquímico soviético Alexander I. Oparin (ver la figura 4) presentó, ante la sociedad botánica de Moscú, sus conclusiones con respecto al origen de la vida en la Tierra. Su teoría materialista dialéctica, en esencia, se basa en las condiciones de la Tierra primitiva, en la capacidad de interacción de los elementos químicos que da lugar a compuestos más complejos, y en la evolución gradual de la materia inorgánica a la orgánica, hasta formarse las primeras células.

Oparin planteó la existencia de una serie de procesos evolutivos que, aunque se estudian por separado, en el origen de la vida se fueron superponiendo y desarrollándose a la vez. Estos procesos se iniciaron con la formación de la Tierra primitiva y la atmósfera. A partir de sustancias inorgánicas y bajo la acción de diversas fuentes de energía, se sintetizaron abiogénicamente los primeros compuestos orgánicos, y la concentración y agregación de estos dio lugar a la formación de otros de mayor complejidad; este proceso continuó hasta el surgimiento de las primeras células (fig. 78).

Para comprender los planteamientos de A.I. Oparin, debemos partir del análisis de la teoría acerca de la formación de la Tierra y la atmósfera primitiva.

La hipótesis más aceptada plantea el origen de la Tierra a partir de la condensación de nubes de polvo cósmico interplanetario. Los átomos de hidrógeno, carbono, oxígeno, nitrógeno, magnesio, hierro, aluminio, níquel, silicio y azufre, entre otros elementos, formaban una

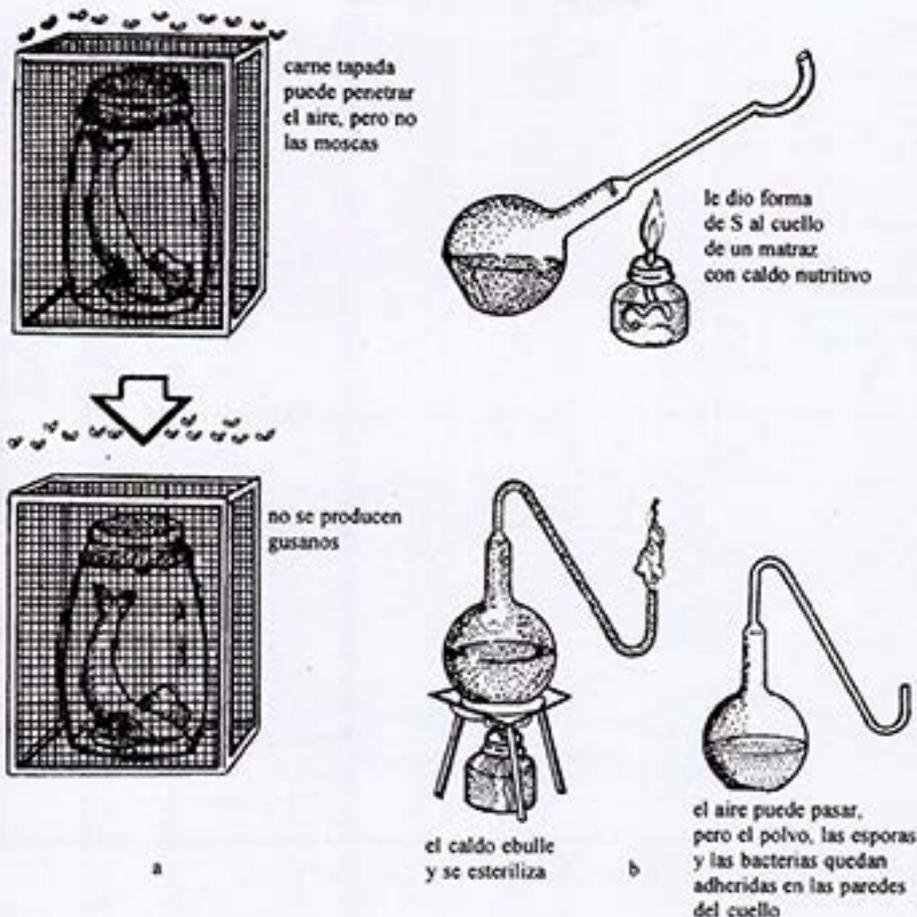
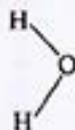


Fig. 77 a) Experimentos de Redi (1621-1697); b) experimentos de Pasteur (1822-1895). Este último demostró definitivamente que no existe la generación espontánea en el caldo tratado; en el matraz no se observaron microorganismos.

masa gaseosa de elevada temperatura en constante movimiento. Estos se distribuyeron según su masa atómica relativa: los más pesados se localizaron hacia el centro, los más ligeros se situaron en la periferia y los de peso intermedio quedaron entre las dos capas citadas anteriormente (fig. 79).

Al disminuir la temperatura y la presión, se constituyeron de una forma estable las diferentes envolturas de nuestro planeta y se formaron compuestos en estado gaseoso como el agua, el metano, el amoníaco y el cianuro de hidrógeno, como resultado de las reacciones entre los átomos existentes en la envoltura más externa y bajo la influencia de fuentes naturales de energía, entre ellas las radiaciones ultravioletas y las descargas eléctricas. Así quedó formada la atmósfera primitiva, cuyos constituyentes tenían carácter reductor. No había oxígeno libre y sí abundaba el hidrógeno molecular:

agua (H_2O)



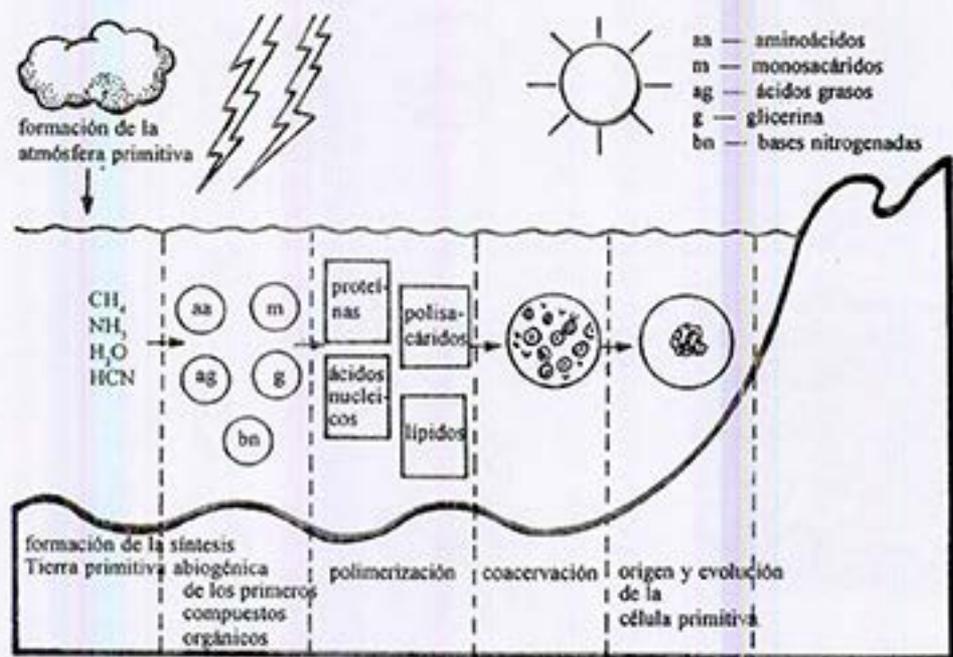
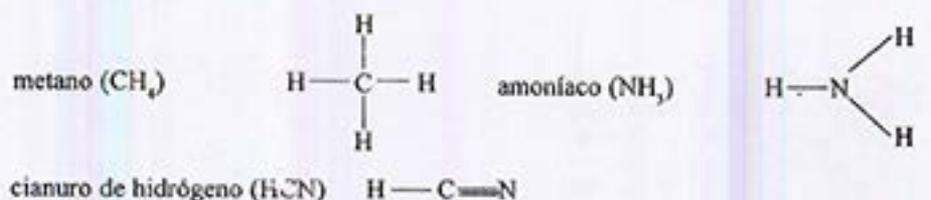


Fig. 78 Procesos del origen de la vida en la Tierra según la teoría de Oparin.

Al continuar el descenso de la temperatura, el agua de la atmósfera se precipitó en lluvias torrenciales que fueron ocupando las irregularidades de la superficie de la Tierra y constituyeron los mares, ríos y arroyos, arrastrando consigo diversos gases atmosféricos tales como el metano y el amoníaco, entre otros.

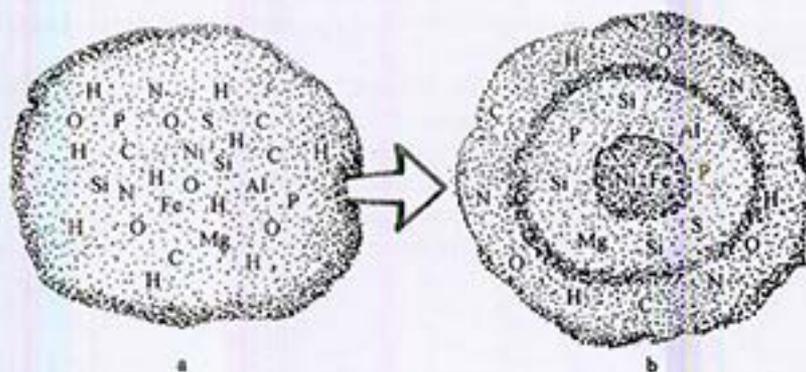


Fig. 79 Distribución de los elementos químicos según su masa atómica relativa.



Tarea

1. Valora la explicación dada al origen de la vida por generación espontánea.
2. Expresa cuáles son los procesos fundamentales expuestos por A.I. Oparin en su teoría.
3. ¿Qué características tenía la atmósfera primitiva?
4. Investiga por qué se plantea que los elementos de la atmósfera primitiva eran reductores.

Síntesis abiogénica de los primeros compuestos orgánicos

En todos los organismos encontramos sustancias orgánicas, por lo que en el proceso inicial del origen de la vida debió ocurrir la formación de estas sustancias en sus formas más simples.

Este proceso fue la **síntesis abiogénica**, que consistió en la formación de los primeros compuestos orgánicos sencillos a partir de las moléculas inorgánicas de la atmósfera primitiva, en presencia de fuentes de energía no biológicas.

Las condiciones fisicoquímicas de la atmósfera primitiva y la acción de diversas fuentes de energía no biológica, tales como las radiaciones ultravioletas, las descargas eléctricas y los volca-

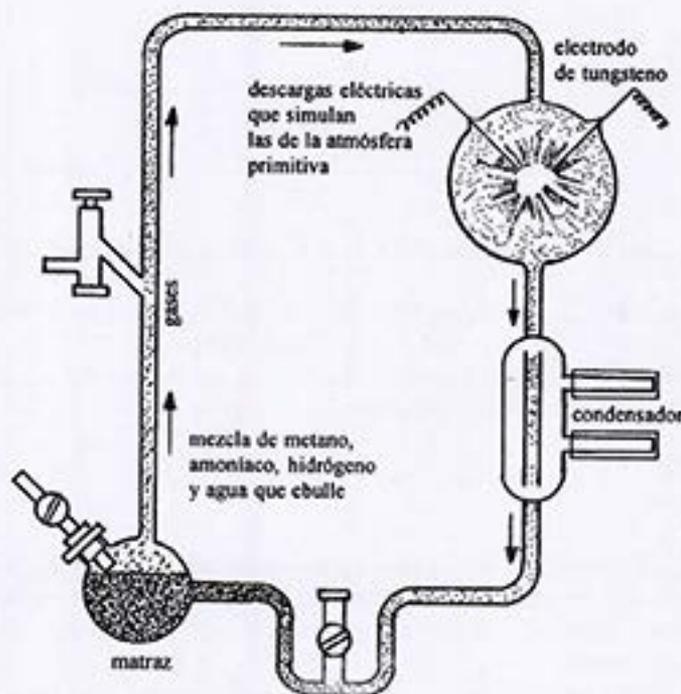
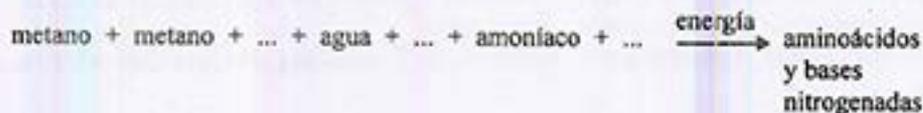
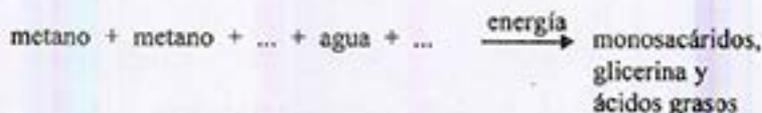


Fig. 80 Experimento de Miller (n. 1953). Hizo circular la mezcla de gases por el equipo, sometiéndola a descargas eléctricas. Al cabo de varios días, el análisis químico en el matraz confirmó la presencia de aminoácidos, ácidos grasos simples, urca y otros compuestos orgánicos, lo cual prueba la síntesis abiogénica de estos compuestos.

nes, entre otras, posibilitaron la síntesis abiogénica de monosacáridos, glicerina, ácidos grasos, aminoácidos y bases nitrogenadas, como se muestra a continuación:



Este proceso debió ocurrir tanto en la atmósfera como en los mares primitivos, siempre que existieran las condiciones requeridas, y permitió la formación de la mayoría de los tipos de moléculas que forman parte de los organismos que conocemos actualmente.

Numerosos científicos han realizado experimentos que confirman estos planteamientos de A.I. Oparin acerca de la síntesis abiogénica de los primeros compuestos orgánicos; entre ellos tenemos el realizado en 1953 por el científico norteamericano Stanley Miller (fig. 80).

Es importante señalar que actualmente no es posible el origen de la vida en la Tierra por el camino no biológico, ya que las condiciones de nuestra atmósfera difieren de las de la primitiva.



Tarea

1. Elabora un esquema en el que se represente la síntesis abiogénica de los primeros compuestos orgánicos.
2. En un esquema similar al de la figura 80, resume los procesos fundamentales planteados por A.I. Oparin en su teoría y los resultados de la síntesis abiogénica.
3. "La síntesis abiogénica de los primeros compuestos orgánicos solo fue posible en las condiciones de la atmósfera primitiva." Argumenta la afirmación anterior.

Polimerización

La ausencia de vida y de oxígeno en la Tierra primitiva, favoreció el incremento y la concentración de los compuestos sintetizados abiogénicamente y su agregación en estructuras más complejas, denominadas polímeros. Los polímeros son macromoléculas formadas por la unión repetida de moléculas pequeñas.

Al proceso químico mediante el cual, a partir de moléculas sencillas similares o idénticas, se sintetizan polímeros bajo la acción de diversas fuentes de energía, se le denomina polimerización.

Los ácidos nucleicos y las proteínas, estudiados en grados anteriores, son ejemplos de polímeros de elevada masa molar.

Este proceso debió ocurrir en la orilla de los mares primitivos, ya que la arcilla presente en estas zonas pudo haber actuado adsorbiendo y concentrando los compuestos orgánicos sintetizados abiogénicamente.

El comienzo de la polimerización no significó que el proceso de síntesis abiogénica se detuviera, sino que la síntesis continuada de compuestos orgánicos sencillos favoreció la formación de otros más complejos, como se muestra a continuación:

aminoácidos (<i>n</i>)	$\xrightarrow{\text{energía}}$	proteínas
monosacáridos (<i>n</i>)	$\xrightarrow{\text{energía}}$	polisacáridos
nucleótidos (<i>n</i>)	$\xrightarrow{\text{energía}}$	ácidos nucleicos

Las proteínas pueden haberse sintetizado por procesos de condensación y deshidratación. Se piensa que, al aumentar el número de aminoácidos en las costas de los mares primitivos, estos podían ser adsorbidos por partículas de arcilla y formarse condensaciones de estos compuestos. La radiación solar pudo provocar la deshidratación de estos conglomerados de aminoácidos y suministrar la energía necesaria en la síntesis de polipéptidos.

Las primeras proteínas debieron desempeñar funciones similares a las actuales, sirviendo como material estructural en la formación de las células primitivas; además, pudieron actuar como enzimas y acelerar la velocidad de reacción entre otras moléculas, incrementando así el ritmo de la evolución química.

SABÍAS QUE...

El momento en que ocurrió la síntesis de ácidos nucleicos es aún objeto de investigación por los científicos; es posible que fuera posterior a la formación del resto de los polímeros.

Se supone que, por procesos de condensación-deshidratación similares a los que propician la síntesis de proteínas, se formaron los ácidos nucleicos, por la unión de nucleótidos al contarse con una fuente de energía y una probable acción enzimática que favorecía la reacción entre ellos.

Los ácidos nucleicos, al contener la información genética, pudieron determinar la estructura de las proteínas. La posible ocurrencia de mutaciones pudo permitir la formación de ácidos nucleicos con propiedades nuevas y, por tanto, la síntesis de otros tipos de proteínas.

Paralelamente al proceso de polimerización, debieron ocurrir otras reacciones, en las que a partir de los primeros compuestos orgánicos se formaron otros de mayor complejidad, como los lípidos y los nucleótidos, entre estos últimos el ATP y los que sirvieron de materia prima en la síntesis de ácidos nucleicos, formados por reacciones semejantes a la representada a continuación:



Sabemos que el ATP tiene una gran importancia como fuente de energía metabólicamente utilizable, por lo que es de suponer que desempeñó una función similar como fuente de energía estable que aumentó las probabilidades de polimerización en la Tierra primitiva, lo cual constituyó, sin dudas, un paso de avance en el proceso de evolución química.

Por reacciones entre los ácidos grasos y la glicerina se sintetizaron algunos lípidos que, al igual que los polisacáridos, debieron servir como material estructural y fuente de energía.



Tarea

1. Ubica, en el esquema iniciado acerca de la teoría de A.I. Oparin, los resultados del proceso de polimerización.
2. "En el proceso de polimerización a partir de compuestos orgánicos simples, se sintetizaron otros más complejos." Ejemplifica la afirmación anterior.
3. Relaciona el proceso de polimerización con el de síntesis abiogénica de los primeros compuestos orgánicos, estudiado anteriormente.
4. Expresa la significación evolutiva de los distintos polímeros sintetizados en el proceso de polimerización.
5. ¿Qué importancia se supone que tuvo el ATP en el proceso evolutivo?

Coacervación

Ya hemos estudiado los procesos que permitieron la formación de sustancias orgánicas complejas y diversas, semejantes a las que constituyen las células actuales; ahora bien, ¿cuáles procesos evolutivos deben haber mediado entre la polimerización y el origen de las primeras células?

La hipótesis más aceptada, que es la de A.I. Oparin, sugiere como proceso intermedio entre la polimerización y el origen de las células primitivas, la *coacervación*, que es el proceso de formación de coacervados.

Los coacervados son agregados microscópicos de polímeros dispersos en agua, separados del medio circundante por una estructura parecida a las membranas celulares. No tienen vida. Pueden considerarse sistemas prebiológicos, pues en ellos comienza a manifestarse el intercambio con el medio ambiente; absorben sustancias y las incorporan a sus estructuras. En su interior ocurren reacciones de síntesis y degradación que antes ocurrían en los mares abiertos. Al incorporar nuevas sustancias y sintetizar otras, crecen y se fragmentan (fig. 81).

Es posible que algunos coacervados tuvieran ácidos nucleicos, por lo que pudieron manifestar propiedades hereditarias, producirse mutaciones y, por consiguiente, variaciones en las características de los coacervados resultantes de su división.

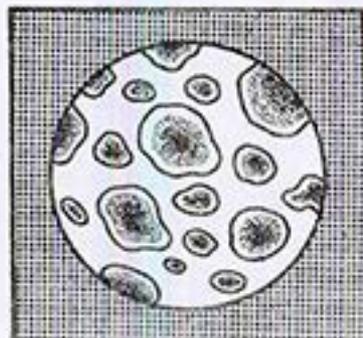


Fig. 81 Coacervados.

Si se compara a un coacervado con una célula, pueden apreciarse diferencias entre ellos. Las reacciones que ocurren en el interior del coacervado y el intercambio de energía y materiales con el medio ambiente, se realizan de una forma desorganizada, no se autorregulan, por lo que, a pesar de la existencia de una forma primitiva de metabolismo en los coacervados, estos no pueden considerarse formas vivientes.



Tarea

1. Ubica, en el esquema iniciado acerca de la teoría de A.I. Oparin, los resultados de la coacervación.
2. "La polimerización y la coacervación están íntimamente relacionadas en el proceso de evolución." Argumenta este planteamiento.
3. ¿Por qué podemos afirmar que los coacervados pueden ser considerados sistemas prebiológicos?
4. Los coacervados tienen muchas propiedades en común con la célula; sin embargo, estos no pueden considerarse materia viva. ¿A qué se debe esto?

Origen y evolución de la célula primitiva

La naturaleza de los procesos que dieron lugar a la formación de las primeras células, como una forma nueva y más compleja de organización de la materia, puede deducirse de manera general, pero no ha podido aún ser probada.

Se supone que los coacervados y, posteriormente, las primeras células, se formaron en las costas de los mares primitivos, debido a la acción condensante y adsorbente de los minerales arcillosos.

En algunos coacervados, es posible que los procesos de síntesis y degradación se fueran haciendo más complejos y estables. Las proteínas pudieron haber propiciado la existencia de reacciones aceleradas enzimáticamente y la formación de membranas estructurales.

La posible incorporación de ácidos nucleicos al coacervado permitió la manifestación de variaciones y la acción de la selección natural. Aquellos que presentaban variaciones favorables, fueron seleccionados y dieron lugar a las primeras células. Este proceso debió ocurrir en diversos lugares de la Tierra, en todos aquellos donde existieran las condiciones.

Probablemente las primeras células fueron heterótrofas; obtenían la materia orgánica de los mares primitivos, por lo que, al pasar el tiempo, se produjo una disminución en las reservas de alimento. Entre estas células debieron existir algunas con variaciones que le permitían sintetizar la materia orgánica y, por tanto, podrían sobrevivir al escasear el alimento, lo cual constituyó una adaptación a las nuevas condiciones. Esta variación se transmitió a la descendencia y, con el transcurso del tiempo, por la acción de la selección natural, este tipo de células, las autótrofas, fueron las que prevalecieron, constituyendo la fuente básica de alimentación de los heterótrofos; de aquí la importancia evolutiva de la nutrición autótrofa y, en particular, de la fotosíntesis.

El proceso de fotosíntesis permitió, además, la liberación de oxígeno que, al aumentar su concentración en la atmósfera primitiva, provocó lo que se conoce como "revolución de oxígeno"; esto trajo como consecuencia que se transformara la atmósfera primitiva en la moderna, que

carece, en condiciones normales, de metano, amoníaco y cianuro de hidrógeno, y está formada principalmente por vapor de agua, dióxido de carbono, nitrógeno molecular y grandes cantidades de oxígeno molecular libre.

La presencia de oxígeno libre en la atmósfera permitió, por la acción de la selección natural, el surgimiento de la respiración aerobia en los organismos que tenían variaciones favorables en relación con este medio ambiente.

Bajo la acción de las radiaciones de alta energía procedentes del espacio cósmico, las moléculas de oxígeno se combinaron entre sí, formando el ozono o trioxígeno (O_3) y, con ello, se fue constituyendo alrededor del planeta una capa muy eficaz contra la penetración de las radiaciones de alta energía que podían afectar a los organismos.

SABÍAS QUE...

El grosor de la capa de ozono ha experimentado una disminución, lo cual puede provocar un aumento de la temperatura en el planeta y permitir el paso de radiaciones ultravioletas, lo que es altamente nocivo para los seres vivos.

Todo lo analizado hasta aquí y las pruebas experimentales, demuestran la validez de los planteamientos de la teoría de A.I. Oparin acerca del origen de la vida como resultado de los procesos de evolución ocurridos en la Tierra primitiva, y no de un acto especial de creación, ni de la casualidad.



Tarea

1. Completa el esquema de la teoría de A.I. Oparin que se orientó en tareas anteriores, con los resultados del proceso estudiado en este epígrafe.
2. Elabora un cuadro resumen donde ordenes los diferentes procesos de la teoría de Oparin, y establece la relación entre ellos.
3. Valora las diferentes explicaciones del origen de la vida, sobre la base del conocimiento de la teoría de Oparin.
4. ¿Qué relación puede establecerse entre el proceso de coacervación y el origen de las primeras células?
5. "La fotosíntesis fue la causa de muchas transformaciones que tuvieron lugar en la Tierra primitiva y que repercutieron favorablemente en el desarrollo del mundo orgánico." Argumenta el planteamiento anterior.
6. Elabora una hipótesis que te permita explicar el origen de las primeras células.

Pruebas de la evolución

Los cambios evolutivos no son observables de modo inmediato, sino que requieren de cientos y miles de años para hacerse evidentes, por lo que la experimentación se ve limitada. No obstante, la mayoría de las investigaciones biológicas aportan pruebas de lo innegable del proceso evolutivo.

una tendencia natural a la expansión, y al separarse en segmentos de poblaciones experimentan cambios que afectan caracteres morfológicos, fisiológicos y conductuales. Como consecuencia de la interacción de los organismos con un medio ambiente diferente, se altera la composición genética en estas poblaciones, pero no se diferencian totalmente, porque se lo impide el flujo genético. Como resultado del surgimiento de una barrera física, como un río o una cadena montañosa, estos segmentos de poblaciones pueden quedar aislados y se interrumpe el flujo genético. Por esta última causa, la población aislada pierde la semejanza genética con el resto de la especie, y se reorganiza su sistema genético, en concordancia con las nuevas condiciones ambientales. Esta reorganización conduce al desarrollo de mecanismos de aislamiento reproductivo, y con el tiempo, las diferencias que se acumulan son tan significativas que llegan a formarse dos nuevas especies.

En resumen, el proceso de especiación comprende las etapas siguientes:

- diferenciación de la población en razas o subespecies (procesos microevolutivos), que provoca alteraciones de la composición genética de la población como resultado de cambios adaptativos en correspondencia con el medio ambiente;
- cese del flujo genético por el surgimiento de una barrera física, quedando aislada la población;
- diferenciación genética acentuada;
- aislamiento reproductivo (condición imprescindible en la formación de nuevas especies), que se debe a la diferenciación genética como resultado del aislamiento físico.



Fig. 93 Especiación de las cotorras. A partir de la cotorra de Centroamérica y Yucatán (1), se origina, por especiación, la cotorra de Cuba (2); posteriormente ocurren otros procesos de especiación, los cuales se indican con flechas discontinuas.

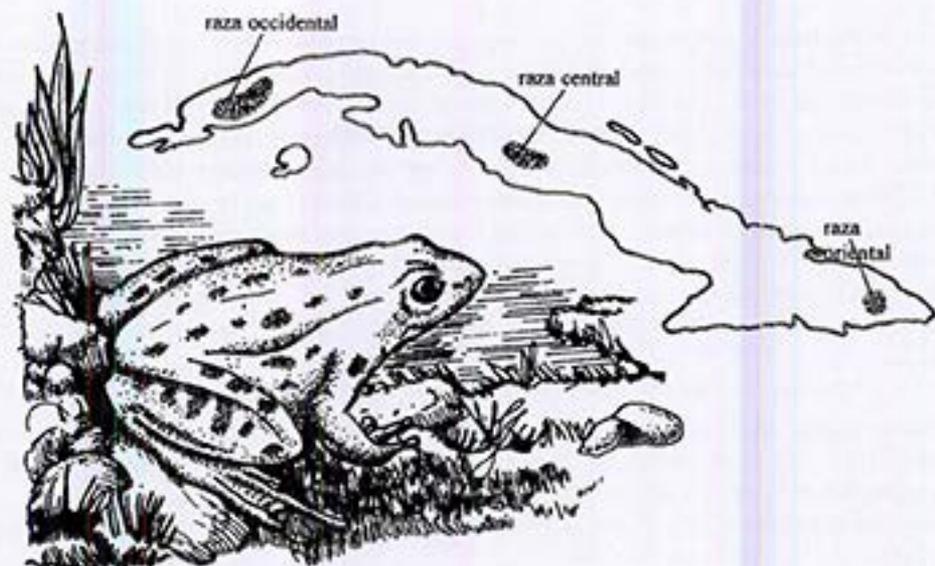


Fig. 92 Distribución geográfica de las tres razas del sapo *Peltophryne longinasus*.

Especiación

El proceso microevolutivo que acabamos de estudiar, permite la formación de razas o subespecies; pero él, por sí solo, no es suficiente para que se originen nuevas especies. ¿Cuándo y cómo se forma una nueva especie?, ¿qué condiciones son necesarias?

La especiación es el proceso evolutivo mediante el cual se originan nuevas especies.

La microevolución, como patrón evolutivo básico, siempre está ocurriendo, pero si a esto se une el **aislamiento reproductivo**, en un período de tiempo relativamente grande, ocurre la especiación.

Una de las condiciones necesarias en este proceso es el aislamiento reproductivo entre las especies, por lo que, antes de estudiar cómo ocurre la especiación, debemos analizar qué son los mecanismos de aislamiento reproductivo.

Los mecanismos de aislamiento reproductivo son las propiedades biológicas de los organismos que impiden el intercambio genético entre las poblaciones de diferentes especies.

Constituyen mecanismos de aislamiento las diferencias en los requerimientos ecológicos entre las especies, en el cortejo y en la época de floración, entre otros. Por ejemplo, el cabo de hacha (*Trichillia hirta*), árbol maderable de nuestra flora que florece de abril a agosto, es muy frecuente verlo junto a una especie afín, la ciguaraya (*Trichillia havanensis*), que florece de enero a marzo, por lo que no pueden ocurrir polinizaciones híbridas.

SABÍAS QUE...

En ocasiones pueden formarse híbridos entre dos especies, pero su fertilidad es muy reducida o son totalmente estériles, como es el caso del mulo, que es un híbrido de caballo y asno.

Analícemos a continuación cómo ocurre la especiación.

En las poblaciones de una especie, bajo la acción de las fuerzas evolutivas ocurre una diferenciación genética incipiente que permite la formación de subespecies. Existe en los organismos

de plantas que presentaban colores más opacos; ambos grupos de plantas se entrecruzaban entre sí. Las plantas con flores de colores más claros no eran polinizadas por insectos, como las otras, sino por el viento, al no ser llamativas. Al cabo del tiempo se observó un predominio de plantas con flores de colores más claros y la población se fue tornando uniforme en este sentido. ¿Qué fuerzas evolutivas se ponen de manifiesto en este ejemplo? Fundamenta tu respuesta.

7. En un bosque se soltaron 200 individuos de una especie de mariposa; unos tenían coloración oscura similar a los troncos de los árboles, y otros no. Se observó que las aves picaban a estos últimos. Al cabo de unos años, solo se encontraban en el bosque mariposas de coloración oscura.
- Elabora una hipótesis que te permita explicar este hecho.
 - ¿Podrías probar experimentalmente esta hipótesis? Explica.

Patrones de la evolución

Un aspecto de gran interés para el hombre es la gran diversidad de organismos que existen en la Naturaleza; por ejemplo, en un país tan pequeño como Cuba, existen aproximadamente 25 000 especies de insectos, 80 de palmas, 300 de crustáceos y 270 de aves, entre otras.

Para comprender cómo se ha formado esta enorme diversidad de especies y cómo surgen organismos que se incluyen en grupos sistemáticos superiores a la especie, no basta con el conocimiento de la acción de las fuerzas evolutivas en la población; es necesario estudiar los patrones de la evolución: microevolución, especiación y macroevolución.

Microevolución

Es el proceso evolutivo elemental que explica los pequeños cambios evolutivos dentro de las poblaciones de una misma especie, en un plazo de tiempo relativamente corto, originando razas o subespecies.

Este proceso consiste en cambios en las frecuencias de los genes de generación en generación dentro de una población, por la acción de las fuerzas evolutivas. Esta es precisamente la transformación mínima requerida en el proceso evolutivo, de ahí que la microevolución sea la base del resto de los procesos evolutivos, y se considera el patrón elemental de la evolución.

En una población, como resultado de las variaciones hereditarias, se originan nuevos genotipos que, en condiciones normales, constituyen una reserva genética, pero si cambian las condiciones ambientales pueden ofrecer ventajas adaptativas; estos genotipos serán favorecidos por la selección natural, irá aumentando su frecuencia en la población y, con el paso del tiempo, en dicha población, predominarán estos genotipos más adaptados, formándose razas o subespecies.

Este proceso evolutivo permite explicar la adaptación de las poblaciones a los cambios ambientales. Pero es bueno aclarar que en él no se originan nuevas especies, o sea, las poblaciones no dejan de pertenecer a la especie en cuestión.

Veamos un ejemplo. En Cuba encontramos tres grupos poblacionales del sapo *Peltophryne longinasas*: uno en la región oriental otro en la central, y otro en la occidental (fig. 92). Debido a las diferencias ambientales y por medio de un proceso microevolutivo, estas poblaciones se han diferenciado, constituyendo tres razas o subespecies que difieren principalmente en tamaño, coloración, morfología, hábitos y forma de croar.

SABÍAS QUE...

La resistencia a la penicilina en el estafilococo, y al DDT en la mosca doméstica, se deben a procesos microevolutivos.

y pastizales, aumenta la frecuencia de individuos de color blanco o amarillo. Este fenómeno se explica fundamentalmente por la acción de la selección natural.

Las maniguas y pastizales reciben con mayor intensidad los rayos del Sol, y el color blanco refleja mejor la luz solar, por lo que los individuos con conchas claras, al no sobrecalentarse, tienen posibilidades de sobrevivir en mayor número, de reproducirse y dejar más descendientes, a los que transmiten los genes que determinan el color blanco de la concha que favorece la adaptación a las nuevas condiciones del medio ambiente, por eso aumenta la frecuencia de este genotipo y se rompe el equilibrio génico de la población. Al cabo del tiempo, la población tiende a ser de individuos con conchas claras.

Las variaciones hereditarias y la selección natural no actúan en la población de forma aislada, sino en mutua interacción. La variación introducida en la población por mutación y flujo genético, puede ser incrementada por recombinación genética y mantenida y perfeccionada por selección natural, si tiene valor adaptativo.

Un ejemplo de la interacción entre estas fuerzas lo encontramos en los pinzones de las Islas Galápagos. Las diferentes especies de este grupo se originan en islas separadas, donde comen todo tipo de semillas y poseen un pico de grosor medio. En estas especies ocurren variaciones hereditarias para el grosor de pico (fino, medio, grueso) y, en ausencia de competidores de otras especies, la selección favorece el pico de grosor medio. Sin embargo, si dos especies se encuentran en una misma isla, compiten por las semillas, y la selección natural favorece entonces, en una especie, las variaciones hereditarias para pico fino y, en otra, las variaciones hereditarias para pico grueso. De esta forma las especies evolucionan y pueden coexistir, al mismo tiempo que se reducen los efectos perjudiciales de la competencia.

En la evolución, como en todo proceso, interviene la casualidad o azar, que puede ser considerada también una fuerza evolutiva. Su efecto solo se aprecia en poblaciones pequeñas.



Tarea

1. Elabora un cuadro en el que resumas las fuerzas evolutivas estudiadas y su importancia.
2. ¿Qué importancia tiene la recombinación genética en la evolución de poblaciones que se reproducen sexualmente?
3. Analiza las situaciones que te presentamos a continuación:

origen del alelo que determina el albinismo;
dispersión de los frutos de una planta de guizaco de caballo mutada, a otra población de estas plantas, adheridos a los pelos de los mamíferos.

Identifica qué fuerza evolutiva se evidencia en los planteamientos anteriores. Explica su importancia en la evolución de los organismos.

4. Valora el planteamiento siguiente: "La selección natural es un proceso que tiene como resultado la sobrevivencia y reproducción en mayor número de los individuos con variaciones hereditarias favorables en unas condiciones dadas."
5. Sobre la base de un ejemplo hipotético de una población, explica la acción de la selección natural.
6. En un jardín botánico se sembró un grupo de plantas con flores de colores llamativos que se adaptaron a este medio ambiente, pero, al cabo del tiempo, surgieron variantes del mismo tipo

En presencia de variaciones hereditarias, la competencia por los recursos limitados esenciales en la vida, como el alimento y la luz, entre otros, conduce necesariamente a la selección natural.

Analicemos cómo ocurre la selección natural en la especie de moluscos cubano *Polymita picta*, de la región de Maisí (fig. 91).

En esta especie de *Polymita* existen individuos con conchas de color blanco, amarillo o pardo, controlados genéticamente. Este último color es abundante en las zonas naturales donde habita la especie, que son los bosques, pero cuando estos son destruidos y convertidos en maniguas

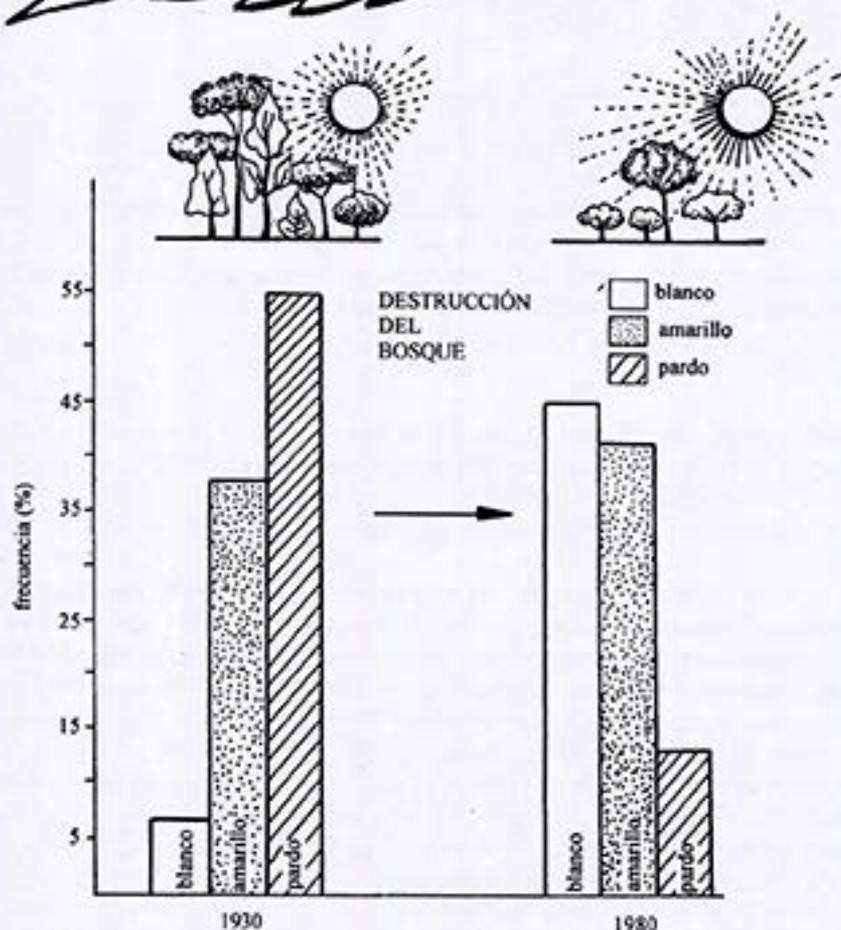
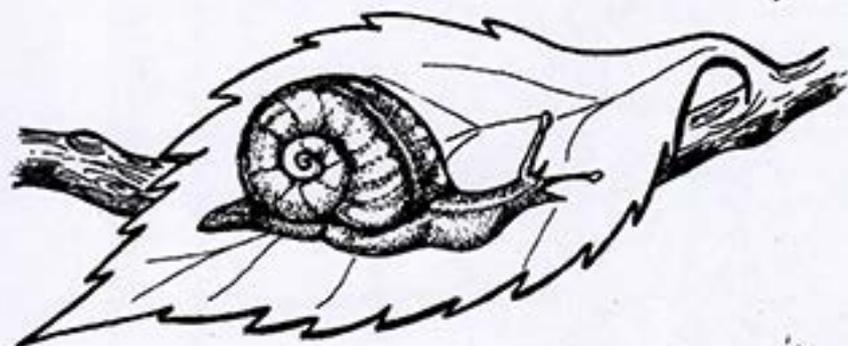


Fig. 91 Selección natural en *Polymita*. Observa el aumento de la frecuencia de individuos de conchas blancas y amarillas y la disminución de las pardas, al ser destruidos los bosques.

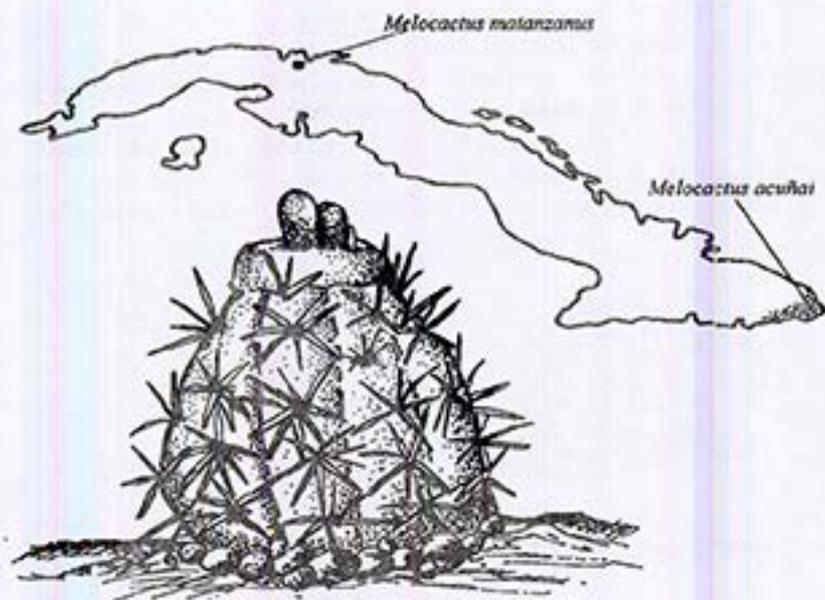


Fig. 90 Distribución geográfica de *Melocactus matanzanus* y *Melocactus aculeatus*.

serán muy similares genéticamente, por lo que dicho flujo no provoca grandes alteraciones, sino que actúa manteniendo el equilibrio genético.

En las poblaciones de la misma especie que se encuentran aisladas geográficamente, el flujo genético es mucho menor, por lo que genéticamente presentan grandes diferencias. En estas poblaciones el flujo genético no es frecuente, pero cuando ocurre tiene un gran significado, pues altera las frecuencias alélicas y provoca un mayor grado de variación.

Selección natural

En su teoría evolutiva, Darwin desarrolló el concepto selección natural como la supervivencia de los individuos más aptos en la lucha por la existencia, y analizó este proceso a nivel de individuo; no lo hizo extensivo a la población.

Actualmente, el desarrollo de la genética y la ecología permite un análisis más completo de la selección natural.

En su interpretación moderna, *la selección natural puede definirse como la reproducción diferencial de genotipos individuales dentro de la población, en interacción con el medio ambiente.*

Los individuos con genotipos que posean variaciones hereditarias favorables en relación con el medio ambiente, estarán mejor adaptados, podrán sobrevivir mejor, tendrán más posibilidades de encontrar pareja y dejarán más descendientes que porten esos genes; se produce así una diferencia en la capacidad reproductiva entre los diferentes genotipos de los individuos de esa población.

Como consecuencia de esta reproducción diferencial, la frecuencia de los genes y genotipos no permanecerá constante de generación en generación, sino que gradualmente aumentarán los alelos que determinan variaciones favorables con respecto al medio ambiente, lo cual provoca la ruptura del equilibrio genético y la evolución de la población.

Los factores que condicionan la reproducción diferencial de genotipos pueden ser abióticos, como la luz, el alimento y la salinidad, entre otros, o bióticos, como la competencia, la depredación y el comensalismo.

Fuerzas evolutivas

En grados anteriores se han estudiado los factores causales de la evolución. Estos actúan como verdaderas fuerzas que impulsan el proceso evolutivo, de ahí que se les denomine **fuerzas evolutivas**.

Las fuerzas evolutivas son los procesos que rompen el equilibrio génico de la población y provocan, por tanto, la evolución. Ahora bien, ¿cómo se manifiesta su acción?, ¿cuál es su significado evolutivo?

Analizaremos a continuación el modo de acción de cada una de ellas y su importancia en la evolución.

Variaciones hereditarias

Ya es conocido que las mutaciones y la recombinación genética constituyen fuentes de variación hereditaria. Existe, además, otra fuente, el **flujo genético**.

Mutaciones

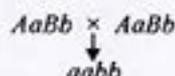
Recordemos que cualquier cambio que ocurra en el material genético y altere la información hereditaria, constituye una mutación. Estas son de gran importancia en el proceso evolutivo, ya que provocan el surgimiento de nuevas variaciones de origen genético, aportando nuevos alelos al conjunto de genes de la población, sobre los cuales actúa fundamentalmente la selección natural.

Las mutaciones surgen al azar y no como respuesta adaptativa de los organismos a cambios ambientales específicos.

Recombinación genética

Como resultado de la recombinación es posible la formación de nuevos genotipos a partir de otros preexistentes y, por tanto, pueden aparecer fenotipos diferentes a los de los progenitores.

Por ejemplo, en un grupo de plantas con flores rojas (genotipo $AaBb$) pueden aparecer individuos con flores blancas; este nuevo color se debe a la recombinación de los genes, la cual produce el genotipo ($aabb$) que determina el color blanco:



La recombinación contribuye a la distribución de la mutación en la población, ya que los diferentes genes mutados que se encuentran en las células reproductoras, se recombinan y, por consiguiente, forman nuevas combinaciones, con lo que aumenta la variabilidad genética y la posibilidad de adaptación de los organismos y la población.

En una población de reproducción asexual, en la que la recombinación no ocurre, la única causa de la variación hereditaria es la mutación.

Flujo genético

Se denomina así el intercambio de individuos o gametos entre poblaciones de una misma especie.

Las especies se pueden presentar en la Naturaleza en una o varias poblaciones; así, por ejemplo, *Melocactus matanzanus* forma una sola y pequeña población en la zona de Tres Ceibas, provincia de Matanzas; en cambio, *Melocactus acuñaí* posee varias poblaciones dispersas por todo el extremo oriental de Cuba, y estas no se encuentran aisladas; las semillas de una población pueden dispersarse a otra, lo que es más frecuente en las más cercanas (fig. 90).

El flujo genético tiene significado evolutivo cuando el alelo o los alelos que fluyen de una población a otra, experimentan una mutación, y contribuyen a propagar las mutaciones. En poblaciones cercanas, el flujo genético es más intenso y, como consecuencia, estas poblaciones



Ya sabemos que la población constituye la unidad básica del proceso evolutivo, pues contiene el conjunto de la información genética de todos sus miembros que, al alterarse, rompe el equilibrio y ocurren los cambios evolutivos.

La reproducción ocurre en las poblaciones, y es precisamente mediante este proceso que se manifiesta la herencia y la variación. Las variaciones hereditarias se producen en determinados individuos y, como resultado de la reproducción, se extienden y se manifiestan en la población. El efecto de estas variaciones en organismos aislados no tiene valor evolutivo. Es también en las poblaciones donde tiene efecto la selección natural.

En la población actúan simultáneamente fuerzas evolutivas y conservadoras que constituyen una unidad dialéctica; están siempre presentes, pero su acción es opuesta. Las fuerzas conservadoras, como su nombre lo indica, mantienen el estado de equilibrio genético de la población, mientras que las fuerzas evolutivas lo alteran. Los cambios evolutivos se evidencian en los grupos poblacionales que se suceden en determinados períodos de tiempo, y son el resultado de la interacción de estas fuerzas.



Tarea

1. Elabora un resumen que contenga los aspectos básicos que considera la Teoría sintética de la evolución en la explicación del proceso evolutivo.
2. En la población actúan fuerzas conservadoras y evolutivas. ¿Por qué podemos afirmar que estas constituyen una unidad dialéctica?
3. ¿Por qué la población es la unidad básica de la evolución?
4. "El estado de equilibrio de una población es relativo, y la evolución es constante." Argumenta el planteamiento anterior.

De la teoría de Lamarck retoma sus planteamientos acerca de la influencia del medio ambiente sobre los organismos y su análisis de la adaptación, aunque descarta la herencia de los caracteres adquiridos.

Los aportes de Darwin en relación con las fuerzas de la evolución, constituyeron una sólida base para la Teoría sintética de la evolución, en particular, su teoría de la selección natural, aunque llevándola a un enfoque más amplio, a nivel de población.

La otra teoría que sirvió de base a la sintética fue la de las mutaciones de Hugo de Vries.

La Teoría sintética de la evolución, además de reelaborar creadoramente los aportes de las teorías precedentes, incorpora nuevos elementos en la explicación del proceso evolutivo:

1. Con el avance de los conocimientos genéticos se pudieron diferenciar dos tipos de variaciones: las no hereditarias y las hereditarias; estas últimas pueden acumularse gradualmente por selección natural, produciendo los cambios evolutivos.
2. Se demostró que el genotipo de cada individuo es un sistema íntegro y regulado de genes, por lo que no se seleccionan genes aislados, sino el genotipo en su conjunto.
3. Se determinó la población como unidad básica de la evolución.
4. El estudio de las poblaciones de especies silvestres, comenzó a hacerse desde el punto de vista genético, ecológico y fisiológico, superando el método clásico que era puramente morfológico.

La Teoría sintética de la evolución constituye la explicación más completa del proceso evolutivo, y se basa en la reelaboración de los aspectos positivos de las teorías precedentes y la unificación de los nuevos descubrimientos científicos, fundamentalmente de los campos de la genética, la ecología y la paleontología.

Esta teoría, en esencia, considera que el proceso evolutivo tiene lugar a nivel de población, en la cual actúan las fuerzas conservadoras, como son la duplicación de los genes paternos en los descendientes, la ocurrencia de cruzamientos al azar y el tamaño grande de la población, entre otras, y las evolutivas, como la selección natural y las variaciones hereditarias fundamentalmente. Estas últimas pueden alterar el equilibrio génico de la población, modificar su genofondo y, por tanto, provocar los cambios evolutivos que tienen como resultado la adaptación y la gran diversidad de organismos existentes.

¿En qué consiste el equilibrio génico de la población?

En una población cualquiera podemos encontrar una gran variación en diferentes caracteres, como son: forma, tamaño, color, etc. Los genes contienen la información hereditaria acerca de estos caracteres, y pueden expresarse en diferentes formas.

Recordemos qué es un gen alelo; pues, la cantidad de un alelo determinado en relación con el número total de alelos de la población para ese carácter, constituye la frecuencia génica o alélica.

La frecuencia genotípica es la cantidad de un genotipo determinado en relación con el número total de genotipos de la población, para un determinado carácter.

Cuando se mantienen constantes, de generación en generación, las frecuencias génicas y genotípica, la población está en equilibrio y las fuerzas evolutivas han sido anuladas o equilibradas.

Este equilibrio es relativo, pues en la población existen caracteres controlados por genes que están en equilibrio génico y otros que están sometidos a la acción de las fuerzas evolutivas, por lo que las poblaciones siempre están evolucionando.

El hecho de que un carácter se encuentre en equilibrio, no significa que sobre él no actúen las fuerzas evolutivas; lo que sucede es que su efecto es menor: dichas fuerzas son contrarrestadas por las conservadoras, por lo que se mantienen constantes las frecuencias génica y genotípica, lográndose el equilibrio. Mientras que, al actuar con más intensidad las fuerzas evolutivas, estas superan a las conservadoras, se producen con el tiempo alteraciones en estas frecuencias y, por tanto, cambios evolutivos:

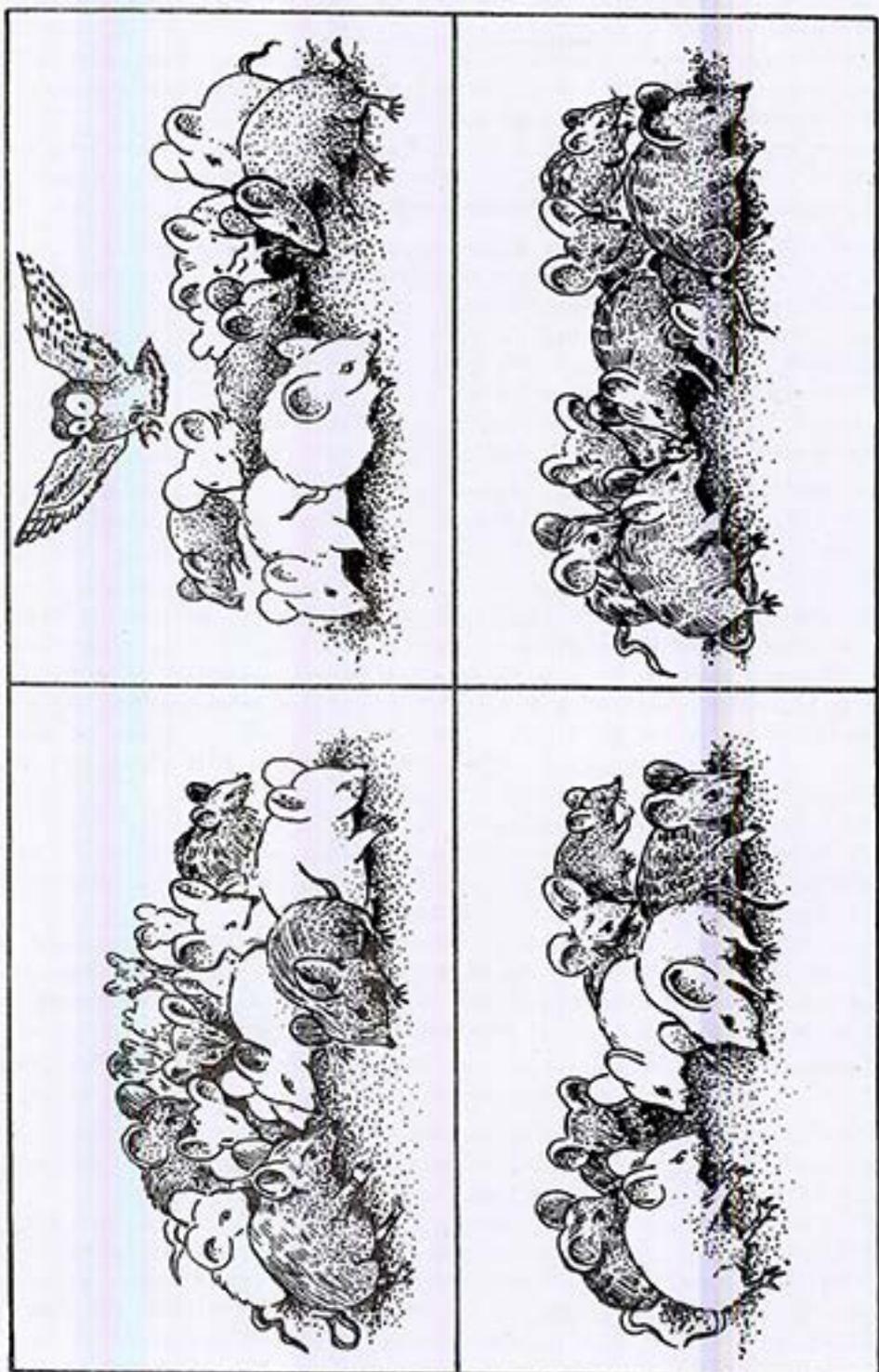


Fig. 89 Observa que finalmente la población es sólo de ratones grises.

La teoría de Darwin destruyó totalmente las ideas metafísicas acerca de la inmutabilidad de las especies y de su creación por un dios.

Las principales limitaciones de su obra se deben al desconocimiento de las leyes que rigen la herencia; él consideraba que las variaciones de mayor incidencia en la evolución, eran las hereditarias, pero no conocía sus causas. El análisis de la selección natural se limita al nivel de individuo, como sobrevivencia y mayores posibilidades de reproducción de los más aptos. No analiza este fenómeno a nivel poblacional.

En el transcurso de este capítulo, al profundizar en el estudio del proceso evolutivo, se podrán analizar con más elementos las limitaciones de la obra de Darwin.

Teoría de Hugo de Vries

En sus estudios botánicos, H. de Vries descubrió cambios súbitos de considerable magnitud que afectaban a los organismos y eran transmitidos a las generaciones siguientes. De acuerdo con los principios mendelianos, llamó a tales cambios súbitos **mutaciones**, y creyó que algunos de sus mutantes eran realmente nuevas especies, producidas de un solo paso.

Entonces se pensó que la evolución se debía a una serie de mutaciones ocurridas en los organismos, sin la intervención de la selección natural.

El conocimiento de que los genes pueden experimentar mutaciones, permitió esclarecer las causas de las variaciones hereditarias, pero en el proceso evolutivo es necesario considerar otros factores. La mutación, por sí sola, puede alterar determinados caracteres en algunos organismos, pero no puede provocar el surgimiento de una nueva especie.



Tarea

1. Elabora un resumen con los aspectos positivos y las limitaciones de las teorías de Lamarck y de Darwin.
2. Valora la importancia de la teoría de la evolución planteada por Lamarck.
3. Una pareja de ratones puede dar seis camadas por año, de seis crías cada una; a las seis semanas de nacidos, estos pueden reproducirse. Sin embargo, ¿por qué la Tierra no está llena de ratones? Explica este fenómeno, según la teoría de Darwin. Auxíliate de la figura 89.
4. ¿Por qué la teoría de Darwin tuvo una repercusión tan grande sobre el pensamiento científico?

La Teoría sintética de la evolución como explicación actual del proceso evolutivo. La población como unidad evolutiva

Los estudios evolutivos actuales han permitido esclarecer muchos aspectos de la teoría de Darwin. ¿Cómo explicar actualmente el fenómeno de la evolución?

Con el caudal de conocimientos aportados por las ciencias biológicas y sobre la base de las teorías evolutivas anteriores, se formuló la **Teoría sintética de la evolución**. ¿Qué postulados de las teorías precedentes le sirvieron de base?

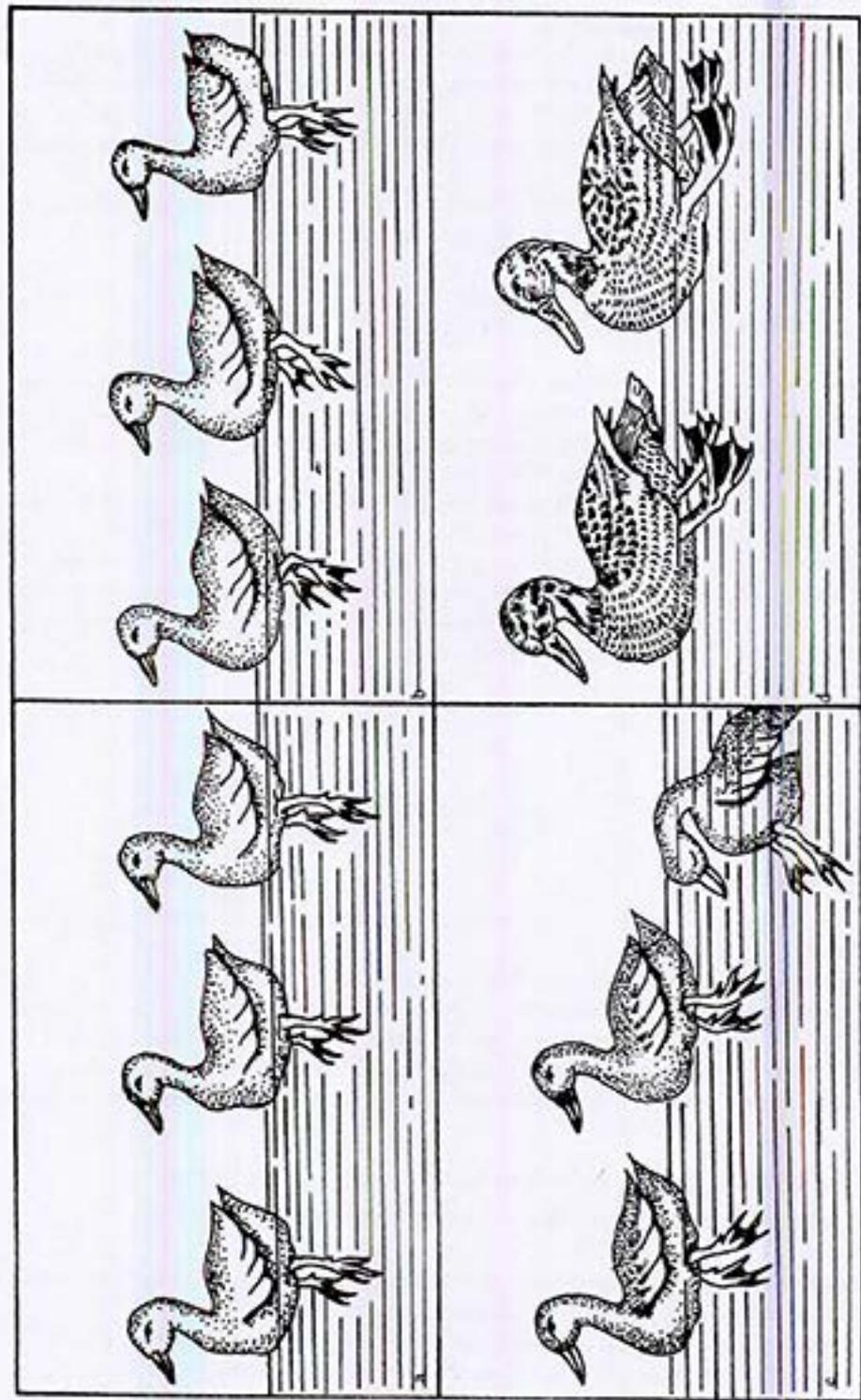


Fig. 88 Evolución de un organismo según la teoría de Darwin. a) población de organismos con patas sin membrana interdigital, que pasa a vivir en el agua; b) las patas varían con los diferentes organismos; c) los que presentan variaciones favorables, tienen ventajas en relación con el resto; d) con el transcurso del tiempo se originan algunas de las especies actuales de patos.

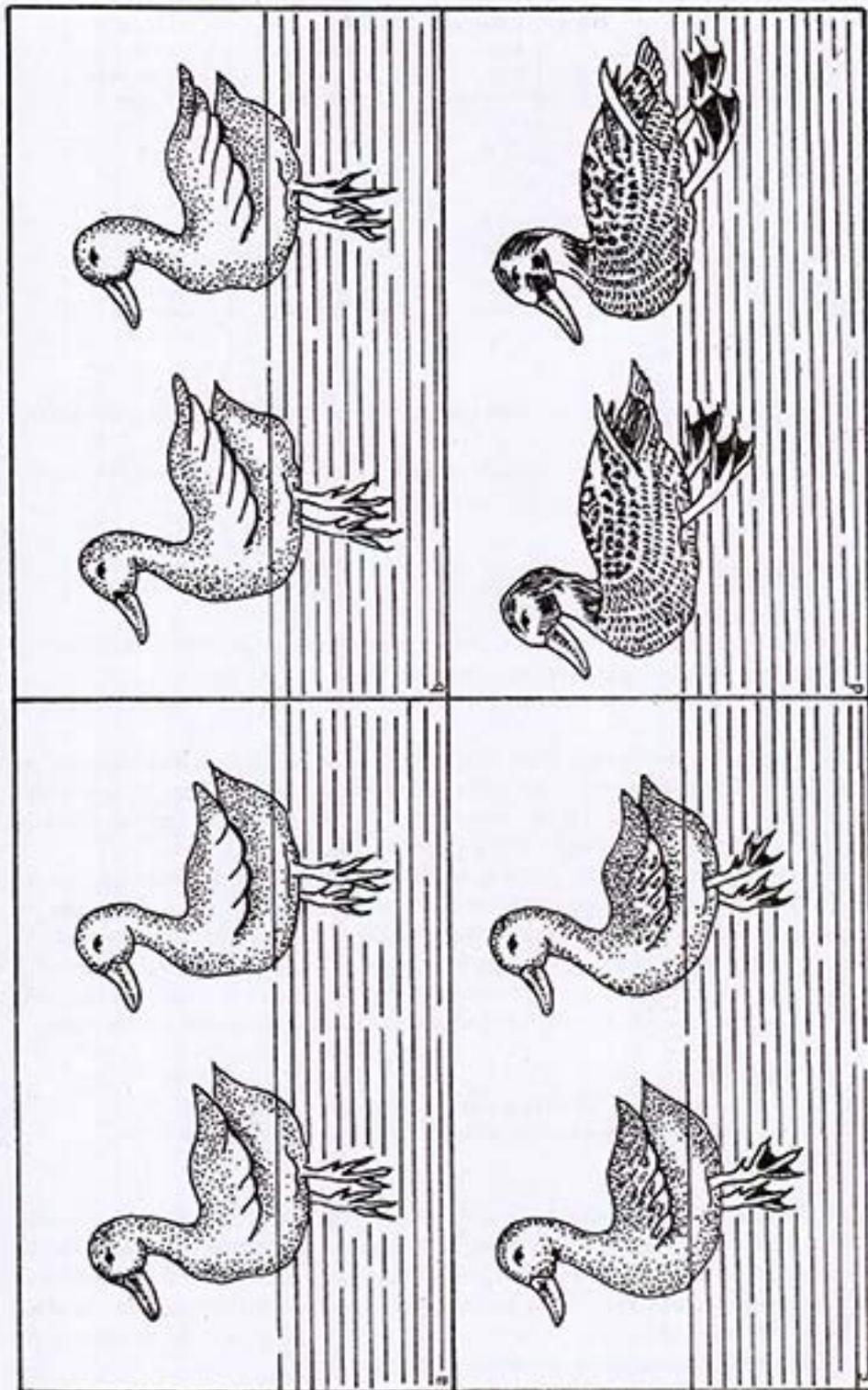
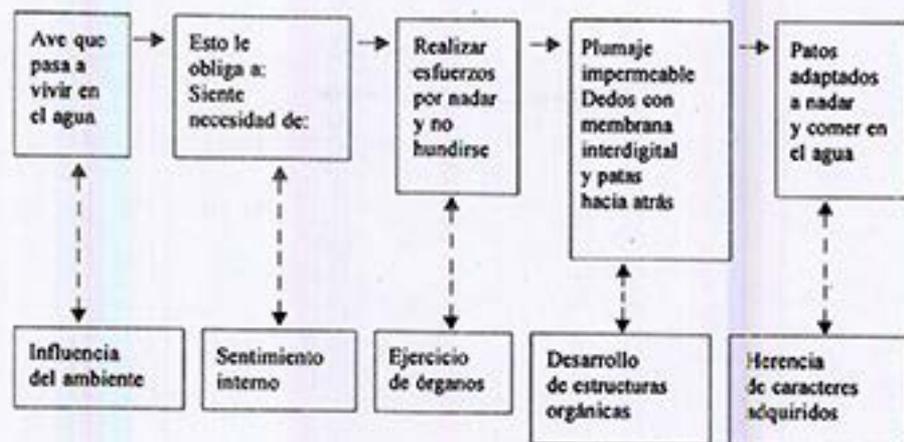


Fig. 87 Evolución de un organismo según la teoría de Lamarck: a) población de aves que pasa a vivir en el agua; los dedos no tienen membrana interdigital, ni las patas se inclinan hacia atrás; b) y c) ejercitan las patas, nadan abriendo los dedos y desarrollan membranas interdigitales, lo cual se transmite a la descendencia; d) con el transcurso del tiempo se originan organismos con plumaje impermeable y patas adaptadas a nadar como algunas de las especies actuales de patos.



evolución este planteamiento carece de valor, ya que no influye directamente en las generaciones siguientes.

Los trabajos experimentales no han logrado descubrir evidencias que demuestren convincentemente la herencia de los caracteres adquiridos.

Teoría de Charles Darwin

En su obra *El origen de las especies*, Charles Darwin expuso una teoría evolutiva fundamentada científicamente, en relación con la evolución de las especies.

¿Cómo explicar la evolución de las especies en el ejemplo de los patos, según la teoría de Darwin?

Según Darwin, los organismos se reproducen en progresión geométrica, pero todos no llegan al estado adulto. Entre ellos existe una lucha por la existencia, en la cual los que tienen variaciones favorables en relación con el medio ambiente (fig. 88), tienen más ventajas sobre los demás de la misma especie, al poder nadar mejor y obtener más fácil el alimento.

Como consecuencia de esta lucha por la existencia, ocurre la **selección natural**, que era considerada por Darwin como el proceso mediante el cual sobreviven y se reproducen más los individuos con variaciones hereditarias favorables en unas condiciones dadas. En la evolución de los patos, sobrevivirán y se reproducirán más aquellos que tengan dedos con membrana interdigital y patas más hacia atrás, por lo que estos caracteres son perfeccionados en generaciones sucesivas y favorecidos por la selección natural, originándose alguna de las especies actuales de patos.

SABÍAS QUE...

La obra de Darwin fue considerada, por los clásicos del marxismo, entre los tres grandes descubrimientos de las ciencias naturales del siglo XIX.

El mérito principal de la teoría de Darwin consiste en que descubrió las fuerzas de la evolución del mundo orgánico que, según él, son: la **selección natural** y la **variación hereditaria**. En particular, desarrolló la teoría de la selección natural como principal fuente de la evolución; explicó, desde el punto de vista materialista, las causas del desarrollo del mundo orgánico desde las formas inferiores a las superiores, de la diversidad de especies y de la adaptación de los organismos a las condiciones concretas del medio ambiente.

3. Elabora un cuadro resumen con las ciencias estudiadas y las pruebas de la evolución que aporta cada una.
4. Identifica cuáles ciencias aportan las pruebas siguientes de la evolución, y explica su importancia:
La comparación de la sangre permite establecer relaciones de parentesco entre diferentes especies.
Los músculos del pabellón de la oreja en el hombre constituyen un vestigio de sus antepasados, en los cuales eran desarrollados y funcionales.

Teorías que explican la evolución de los organismos. Aspectos positivos y limitaciones

Los hombres de ciencias, una vez que comenzaron a aceptar la evolución, trataron de explicar la forma en que esta ocurre; con tal finalidad se han formulado diferentes teorías, entre las que tenemos la de Jean Baptiste Lamarck (1744-1829), la de Charles Darwin (1809-1882) y la de Hugo de Vries (1848-1935).

Teoría de J.B. Lamarck

Esta teoría, formulada en 1809, contribuyó considerablemente al desarrollo del pensamiento científico. Enfrentándose a la idea de la inmutabilidad de las especies, explicó por primera vez, de forma integral, la evolución de los organismos, incluyendo al hombre.

J.B. Lamarck consideraba que los organismos debían disponerse de forma escalonada, y que existía una complicación de su organización desde el escalón inferior hasta el superior en el proceso de la evolución, a la que denominó gradación.

De esta forma se refleja correctamente la vía del desarrollo histórico de la naturaleza viva de lo simple a lo complejo, de lo inferior a lo superior; este es uno de los principales aportes de su teoría.

¿Cuáles son, según Lamarck, las causas de este aumento de complejidad?

Él suponía que los organismos poseían un "sentimiento interno" o aspiración innata a la complejidad y el perfeccionamiento, lo que constituía la principal causa de la evolución. La otra causa era la influencia del medio ambiente; ante sus variaciones, los individuos se adaptan, creando nuevas estructuras orgánicas y adquiriendo nuevas costumbres en su conducta; en este proceso, unos órganos se ejercitan más y, por tanto, se desarrollan, y los que son poco usados durante largo tiempo, se van atrofiando.

A partir del ejemplo de la figura 87, veamos la forma en que Lamarck explicó la evolución de las especies.

El planteamiento acerca del "sentimiento interno" por el que los organismos eligen conducir sus vidas de un cierto modo, fue rechazado por la mayoría de los biólogos; ante la imposibilidad de ser verificado, trae como consecuencia el reconocimiento de fuerzas sobrenaturales, de un dios.

Uno de los aportes principales de la teoría de Lamarck es su postulado acerca de la influencia que tiene el medio ambiente sobre los organismos, como resultado de la cual se producen las adaptaciones, cuestión esta de gran valor en el proceso evolutivo.

El planteamiento acerca del desarrollo de los órganos, su ejercicio, uso y desuso, es correcto. Los órganos que se usan se desarrollan y los que no se atrofian, aunque a los efectos de la

Las extremidades anteriores de algunos mamíferos que se observan en la figura 84 constituyen un ejemplo de órganos homólogos; se formaron a partir de una estructura antepasada común mediante los mismos procesos embrionarios, y durante el proceso evolutivo se han diferenciado, en correspondencia con el medio ambiente y la función que realizan.

¿Qué otras pruebas aporta la anatomía comparada?

Los órganos vestigiales son órganos atrofiados de pequeño tamaño, que se encuentran en muchas plantas y animales, cuyos parientes más próximos tienen el mismo órgano completamente desarrollado y funcional (fig. 85).

La existencia de estos órganos permite concluir que unas especies se han derivado de otras, y que con el transcurso del proceso evolutivo, estos órganos han perdido su función, haciéndose rudimentarios en la especie en cuestión.

Embriología comparada

La embriología ofrece pruebas de la evolución por medio de la comparación de embriones y larvas.

Las pruebas embriológicas confirman que, durante su desarrollo, diferentes tipos de embriones presentan formas y estructuras parecidas entre sí, que no persisten en el adulto, lo cual se debe a que estos pasan por fases similares a las formas embrionarias de sus antepasados, y demuestran la relación evolutiva existente entre los organismos estudiados (fig. 86).

Bioquímica comparada

La bioquímica compara moléculas orgánicas tales como enzimas y hormonas, entre otras, mediante el estudio de su estructura y actividad en diferentes organismos.

Esta ciencia aporta las pruebas indirectas más exactas de la evolución; contribuye a la determinación del grado de parentesco entre diferentes especies, lo cual favorece el establecimiento de las relaciones filogenéticas.

Por ejemplo, las moléculas de hemoglobina de todos los vertebrados derivan de una molécula primitiva muy simple que se halla en los músculos; por ello, en las cadenas de hemoglobina de diferentes especies de vertebrados existen grandes semejanzas y, al mismo tiempo, diferencias específicas, que son mayores o menores en correspondencia con el grado de parentesco entre ellos.

El análisis comparativo de la velocidad de reacción de algunas enzimas ofrece resultados interesantes desde el punto de vista evolutivo.



Tarea

1. "Los fósiles constituyen una prueba directa de la evolución." Argumenta y busca ejemplos que corroboren el planteamiento anterior.
2. Selecciona la respuesta correcta al planteamiento siguiente: "Las pruebas de la evolución demuestran:
cómo ha ocurrido el proceso evolutivo,
que existe la evolución,
la dirección del proceso evolutivo."

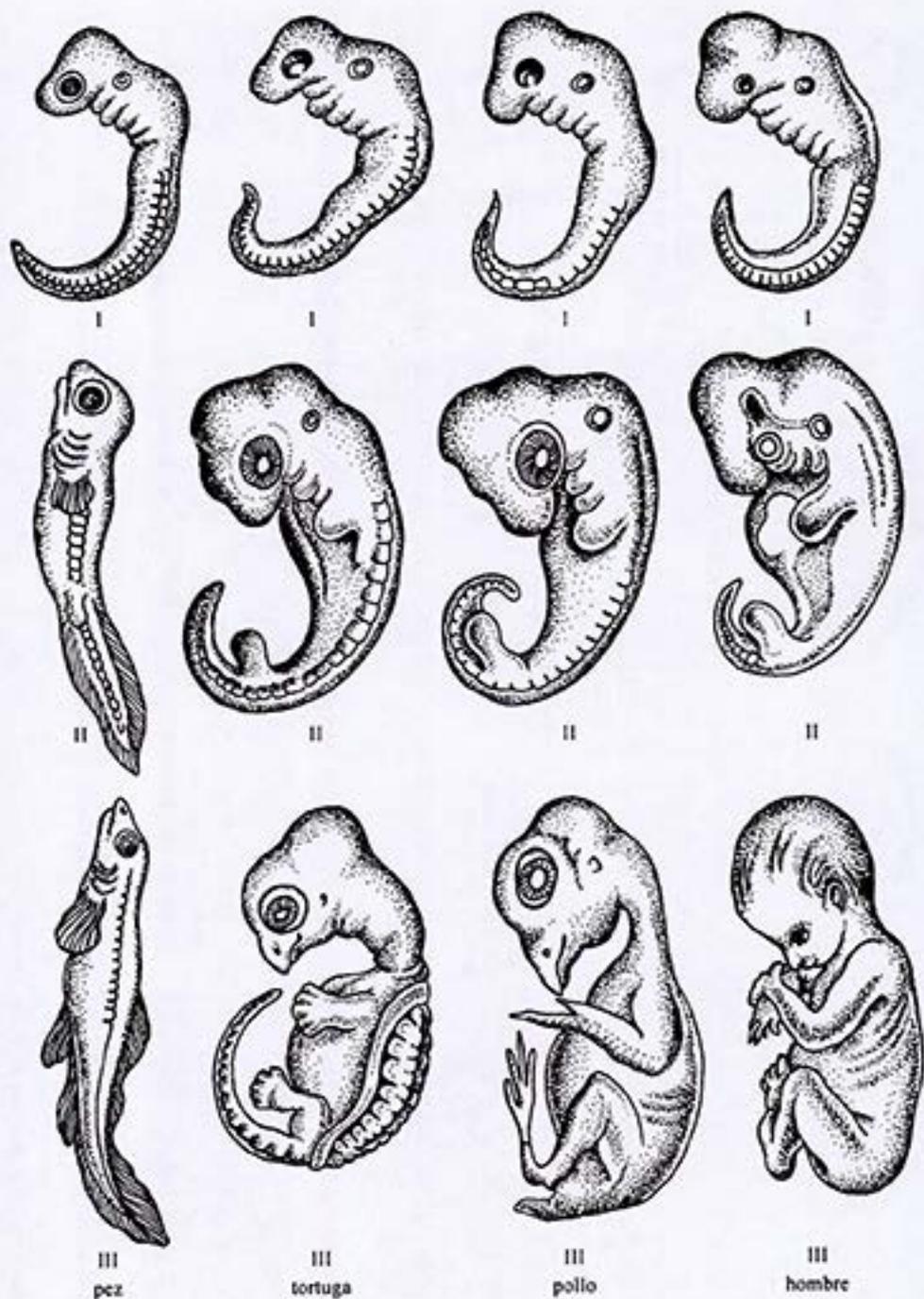


Fig. 86 Comparación de embriones en diferentes etapas de desarrollo. Observa la similitud en las primeras fases del desarrollo embrionario.

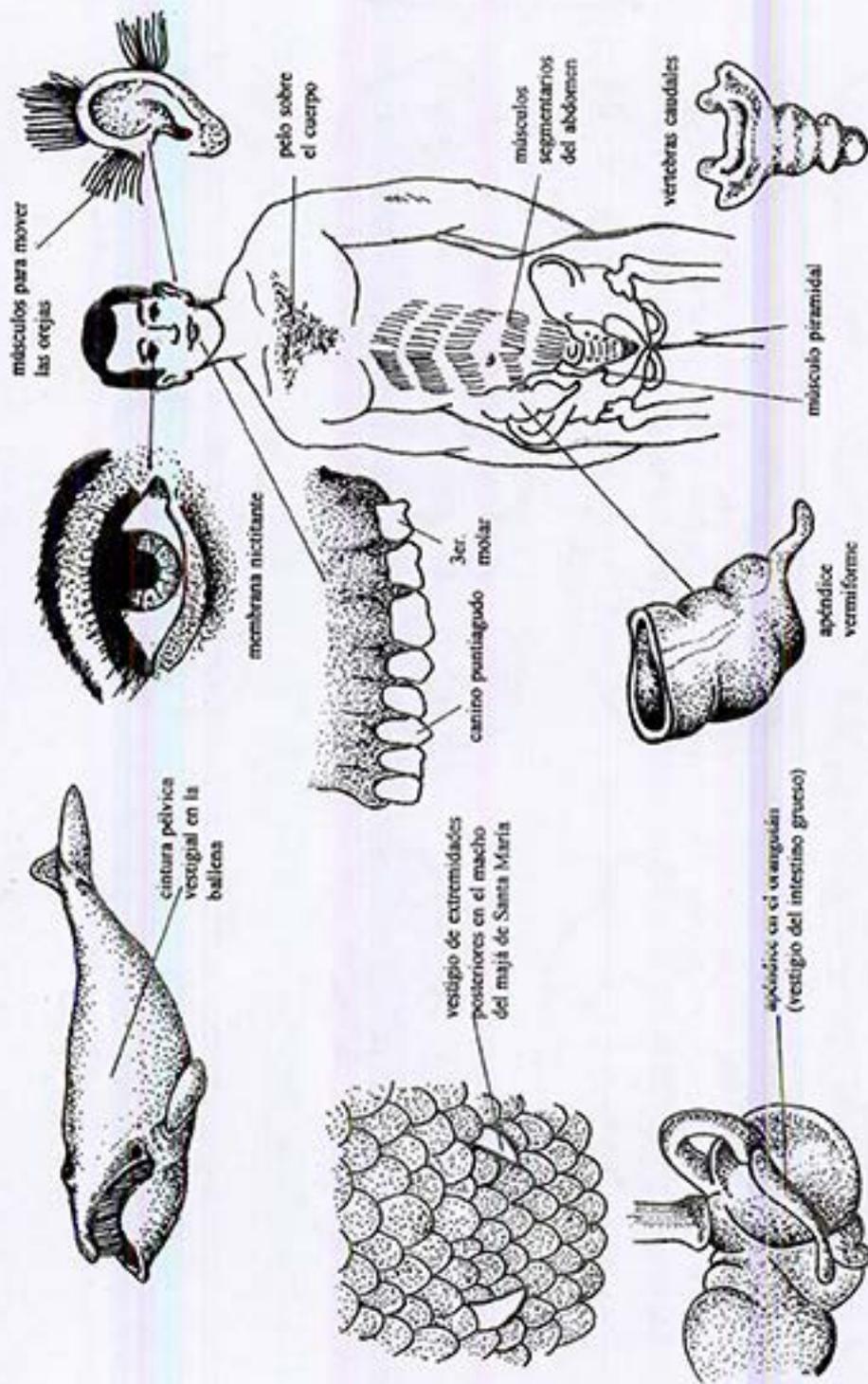


Fig. 85 Órganos vestigiales en el hombre y otros animales.

una salamandra, con extremidades pentadáctilas, pero con algunos rasgos de peces, como aleta caudal y línea lateral (fig. 83).



Fig. 83 Reconstrucción de *Ichthyostegia* a partir de restos fósiles encontrados.

SABÍAS QUE...

Con la ayuda de diferentes técnicas, como es el uso de isótopos radiactivos, se ha podido determinar cuán antiguos son los fósiles objeto de estudio, lo cual permite ubicar sucesivamente las diferentes especies en su tiempo geológico.

Anatomía comparada

Estudia los diferentes órganos, establece semejanzas y diferencias entre distintos organismos y llega así, a conclusiones que aportan pruebas de la evolución.

La comparación de órganos homólogos de diferentes especies, es decir, de aquellos que poseen un origen embrionario similar, pero que realizan distintas funciones, nos muestra la existencia de un antepasado común.

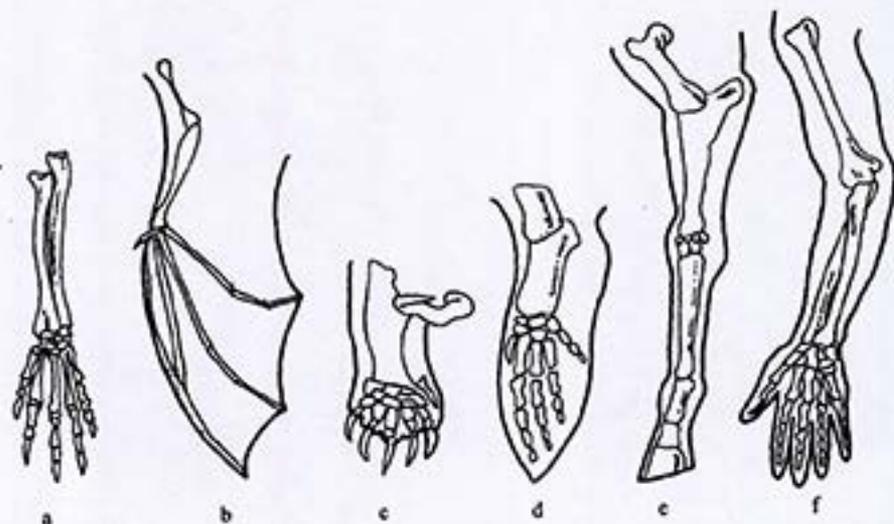


Fig. 84 Extremidades anteriores de diferentes mamíferos: a) mamífero primitivo (antepasado común); b) murciélago; c) topo; d) delfín; e) caballo; f) hombre.

Las relaciones de parentesco entre los organismos van unidas, en cierta forma a la similitud debida a la existencia de elementos comunes en el genotipo, que se transmiten a las generaciones siguientes. Las investigaciones acerca de estas relaciones evolutivas no pueden realizarse sobre la base del estudio de caracteres aislados, sino que es necesario el análisis y la comparación del mayor número de caracteres posibles.

Las pruebas de la evolución se pueden agrupar en dos grandes categorías: **directas e indirectas.**

Las pruebas directas son aquellas que estudian directamente los restos fósiles de organismos que existieron en el pasado; estos pueden observarse, analizarse y compararse con organismos actuales, estableciendo relaciones evolutivas. Estas pruebas son aportadas por la paleontología.

Las pruebas indirectas son las que se basan en el establecimiento de inferencias evolutivas, a partir del estudio del producto final de la evolución, es decir, los organismos actuales. Estas son aportadas por ciencias tales como la anatomía, la embriología, la bioquímica, la fisiología, la genética, la zoología y la botánica, entre otras.

Paleontología

Es la ciencia que estudia los fósiles.

Si se recuerda lo que es un fósil, se puede comprender que estos pueden ser desde un animal completo congelado, como es el caso de los mamuts encontrados en Siberia, hasta la huella de una hoja petrificada, la pisada de un animal, huesos, dientes, tejidos duros, conchas, etcétera (fig. 82).

La mejor evidencia de que los anfibios se originaron a partir de los peces, la constituye la existencia de un ejemplar con características intermedias de pez y anfibio, considerado como una forma de transición. El fósil de *Ichthyostegus* reúne esos requisitos: tenía una forma parecida a

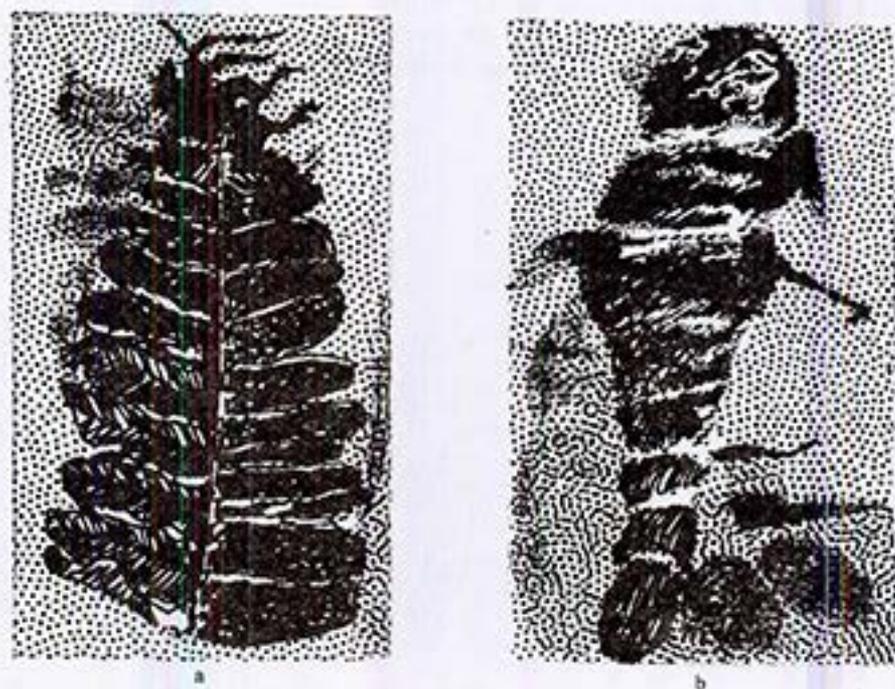


Fig. 82 Fósiles: a) hoja de helecho; b) escorpión de mar.

- HOMEOSTASIA:** Fenómeno que se manifiesta en los organismos que consiste en la constancia y estabilidad dinámica del medio interno.
- HORMONA:** Sustancia de naturaleza química compleja y variada, producida por una glándula de origen epitelial, que ejerce su acción a determinadas concentraciones sobre células, tejidos u órganos que constituyen su "blanco" o "diana".
- INGENIERÍA GENÉTICA:** Práctica que consiste en insertar genes de una célula a otra, aunque pertenezcan a organismos de especies diferentes.
- MEDIO INTERNO:** Medio en que están inmersas las células, constituido por la sustancia intercelular y demás fluidos que las rodean, con el cual están en constante intercambio.
- MEIOSIS:** Tipo de división celular donde se producen dos divisiones consecutivas y tiene como resultado la formación de células con la mitad del número de cromosomas de la especie.
- METABOLISMO:** Propiedad inherente a la materia viva que consiste en un conjunto de reacciones bien acopladas, en las que se degradan y sintetizan compuestos vitales en los organismos.
- MITOSIS:** Tipo de división celular que tiene como resultado la formación de células hijas con el mismo número de cromosomas que la progenitora.
- NEUROHORMONA:** Sustancia producida por neuronas especializadas en su secreción, que ejerce su acción sobre células, tejidos u órganos, incluyendo las glándulas endocrinas.
- NUCLEÓTIDO:** Estructura química formada por la unión de una base nitrogenada, un azúcar y un grupo fosfato.
- ONTOGENIA:** Conjunto de transformaciones de un organismo durante su desarrollo individual.
- PLASMIDIO:** Estructura constituida por un ADN circular que se encuentra en el citoplasma de algunos organismos como, por ejemplo, bacterias.
- POLÍMERO:** Macromolécula formada por la unión repetida de moléculas pequeñas.
- POLIPLOIDE:** Célula u organismo que posee tres o más series haploides de cromosomas.
- POLIRRIBOSOMA:** Conjunto de ribosomas que se encuentran asociados entre sí por una molécula de ARN_m durante la biosíntesis de proteínas.
- PUENTE DE HIDRÓGENO:** Enlace débil que se establece entre un átomo de hidrógeno con el nitrógeno, el oxígeno u otro muy electronegativo.
- RAZA:** Subgrupo de organismos de una especie que difiere en la frecuencia génica y se caracteriza por alguna combinación de caracteres morfológicos y fisiológicos, por ejemplo, las razas de ganado vacuno Cebú y Holstein.
- RECAMBIO CELULAR:** Proceso que consiste en la renovación constante de los componentes celulares.
- RESPIRACIÓN:** Proceso celular en el cual se produce la degradación completa del compuesto orgánico. Puede realizarse en presencia o en ausencia de oxígeno.
- RETROALIMENTACIÓN:** Mecanismo mediante el cual la respuesta condiciona una nueva información que se trasmite al centro modulador y permite que la respuesta inicial sea ratificada, variada o sostenida.
- SÍNTESIS:** Proceso mediante el cual, por una serie de reacciones sucesivas, se forman sustancias a partir de otras más simples.
- VARIEDAD:** Cada uno de los grupos en que se dividen algunas especies y que se distinguen entre sí por ciertos caracteres permanentes secundarios. Se emplea generalmente para designar una raza vegetal, por ejemplo, la variedad de lechuga Riza 15.

VOCABULARIO

- ABSORCIÓN:** Captación de una sustancia por la piel, las mucosas o el revestimiento de algunos órganos.
- ADAPTACIÓN:** Correspondencia que se establece durante el proceso evolutivo entre la estructura y la función de los organismos, y las condiciones del medio ambiente.
- ADSORCIÓN:** Incorporación de sustancias en la superficie de cuerpos sólidos o líquidos, especialmente en la de sólidos porosos como, por ejemplo, la arcilla.
- ANTICUERPO MONOCLONAL:** Anticuerpo de alta especificidad que solo reconoce a uno de los elementos que forman a un antígeno determinado.
- ANTÍGENO:** Sustancia que estimula la formación de un anticuerpo.
- BIOTECNOLOGÍA:** Utilización científica de las funciones bioquímicas y genéticas de los organismos con fines prácticos.
- BIPARTICIÓN:** Tipo de reproducción asexual que se caracteriza por la división de un individuo adulto, obteniéndose dos organismos con la misma información genética.
- DIPLOIDE:** Célula u organismo que posee dos series o juegos de cromosomas.
- ECOLOGÍA:** Ciencia que estudia las relaciones de los organismos con el medio ambiente.
- ENERGÍA DE ACTIVACIÓN:** Energía mínima necesaria para que ocurra una reacción química.
- ENLACE PEPTÍDICO:** Enlace característico de las proteínas que mantiene unido a los átomos de carbono y nitrógeno de un aminoácido con los de otro.
- ENZIMA:** Tipo de proteína que cataliza las reacciones químicas que ocurren en los sistemas vivos.
- ESPECIE:** Conjunto de individuos con características semejantes que se cruzan entre sí y obtienen descendencia. Por ejemplo: *Felis leo* (león), *Felis tigris* (tigre), *Mirabilis jalapa* (maravilla), entre otras.
- ESPORA:** Célula protegida por una cubierta resistente, originada por procesos de mitosis o meiosis.
- EVOLUCIÓN BIOLÓGICA:** Proceso mediante el cual ocurren las transformaciones graduales e irreversibles en el genotipo, en correspondencia con cambios ambientales específicos.
- FERMENTACIÓN:** Proceso celular mediante el cual se produce la degradación incompleta de un compuesto orgánico. Se realiza en ausencia de oxígeno.
- GEN REGULADOR:** Gen que controla la expresión fenotípica de otros genes.
- GENÉTICA:** Ciencia que estudia los fenómenos de la herencia y la variación en los organismos.
- GENÉTICA MOLECULAR:** Rama de la genética dedicada al estudio de las bases moleculares de la herencia y la variación.
- GENOFONDO:** Conjunto de genotipos de la población.
- GRUPO SISTEMÁTICO:** Término general que se utiliza para designar a un grupo taxonómico de cualquier categoría. Por ejemplo, *phylum*, clase, orden, familia, género.
- HAPLOIDE:** Célula u organismo que presenta una sola serie o juego de cromosomas.
- HERENCIA:** Fenómeno que consiste en la transmisión de la información genética de una generación a la siguiente, mediante la reproducción.

genotipos y fenotipos diferentes en los organismos pertenecientes a las diferentes especies; por eso la población conforma la unidad básica del proceso evolutivo.

Como planteamos anteriormente, una de las características fundamentales de los organismos es que se autorregulan como un todo independiente, sin embargo, esto no quiere decir que puedan vivir aislados en la Naturaleza. Los organismos se encuentran formando poblaciones y comunidades que interactúan entre sí y, a su vez, con los diferentes factores abióticos del medio ambiente, y constituyen los ecosistemas.

Las relaciones anteriormente mencionadas, adquieren una gran significación en los estudios actuales, ya que no podemos considerar a los organismos aislados, sino como resultado de la interacción con el medio ambiente. Sobre ellos influyen numerosos factores de naturaleza física, química y biológica que intervienen en su estado de equilibrio dinámico.

Por todo lo anterior, no podemos olvidar la importancia que tiene para el hombre el conocimiento de los sistemas y mecanismos naturales que permiten el mantenimiento de la vida en la Tierra. Esto contribuye a una mejor utilización de los recursos naturales y a evitar que se rompa el equilibrio de la biosfera por un uso inadecuado de la tecnología moderna, ya que esto trae consecuencias tan graves como la contaminación del medio ambiente, la desaparición de especies, la erosión y el desgaste de la Naturaleza en general, entre otras.



Tarea

1. Explica la importancia que tiene el conocimiento de la biología para el hombre. Ejemplifica.
2. ¿Por qué podemos afirmar que la vida es el resultado del aumento en la complejidad gradual de la materia, durante el proceso evolutivo?
3. Argumenta el planteamiento siguiente:
"La presencia de proteínas y ácidos nucleicos constituye una condición necesaria pero insuficiente de la vida."
4. Valora la afirmación siguiente:
"El desarrollo económico conduce a la utilización de tecnologías que impliquen pocos desechos y que ahorren recursos naturales."

CONCLUSIONES

La vida como resultado del desarrollo de la materia

El estudio de la biología como asignatura, durante estos años ha tenido una gran importancia, ya que nos ha permitido conocer aspectos de gran interés relacionados con la vida y su evolución. Hemos analizado que la vida es el resultado del desarrollo de la materia, pues a partir de simples átomos y como consecuencia de los numerosos cambios que se produjeron en la atmósfera, llegaron a formarse moléculas inorgánicas tan sencillas como el agua y orgánicas tan complejas como las proteínas y los ácidos nucleicos, entre otras.

El aumento en el número y la complejidad de estas moléculas, unido a la acción de fuentes de energía entre otros factores, permitió un nuevo salto cualitativo en la evolución de la materia, el surgimiento de los coacervados. Con ellos se formaron, por primera vez, estructuras que podían manifestar algunas propiedades inherentes a la vida, como realizar intercambio con el medio ambiente, crecer y dividirse, sintetizar y degradar sustancias. Todo lo anterior posiblemente permitió una mejor adaptación a las condiciones del medio ambiente.

La formación de los coacervados, considerados como estructuras prebiológicas, constituyó uno de los pasos más significativos en la evolución de la materia, ya que es posible que a partir de estos se hayan originado las primeras células y haya surgido, con ellas, la vida.

El filósofo alemán Federico Engels, en su obra *Dialéctica de la naturaleza*, consideró a la vida como una forma de existencia de los cuerpos albuminoideos (entiéndase cuerpos con proteínas y ácidos nucleicos), y planteó que su esencia consiste en el recambio con el medio natural fuera de él.

Los estudios actuales han permitido conocer que la presencia de proteínas y ácidos nucleicos constituye una condición necesaria, pero por sí sola insuficiente de la vida, y que la característica fundamental lo constituye el recambio continuo de sustancias, energía e información con el medio natural fuera de ellos: el metabolismo, el cual, al cesar, trae como consecuencia la descomposición de las proteínas y los ácidos nucleicos.

Además, conocemos que los genes, segmentos de ADN que contienen la información hereditaria de los individuos, transmiten esta información de generación en generación, conservándose así las características de las diferentes especies.

Pero si todos los organismos están constituidos por una o varias células, son sistemas autorregulados que realizan básicamente las mismas funciones, y la información hereditaria se transmite de generación en generación, ¿por qué existe tanta diversidad, aun dentro de una misma especie?

Las variaciones hereditarias y la selección natural constituyen las fuerzas del proceso evolutivo que interactúan en las poblaciones, lo cual hace posible la existencia de un sinnúmero de

7. El sijú cotunto y el sijú platanero son endémicos de nuestro país. El primero tiene el canto más fuerte y es nocturno; el segundo es frecuente por el día y al anochecer. Identifica el patrón evolutivo. Argumenta tu respuesta.
8. Existe una gran diversidad de musgos y helechos, pero todos se originaron a partir de un antepasado común: un grupo de algas verdes presentes en los océanos. Identifica el patrón evolutivo que se pone de manifiesto. Argumenta tu respuesta.
9. A partir de un ancestral común con características de anélidos y de artrópodos debió ocurrir el origen de estos dos grupos. Los artrópodos comenzaron a ocupar diferentes hábitats: el aire, la tierra firme y el mar, dando lugar a grupos tan diversos como los insectos, los arácnidos y los crustáceos, entre otros. Identifica el patrón evolutivo. Argumenta tu respuesta.

de cambios que favorecieron la adaptación al hábitat terrestre, que era muy diferente al ocupado por los anfibios.

El paso a este nuevo hábitat debió ocurrir en un tiempo geológico relativamente corto, de otra manera no habría sido posible por la intensa selección natural en este medio ambiente, al cual los organismos no estaban completamente adaptados.

El éxito adaptativo en la nueva zona debió ser favorecido por el hecho de que esta se encontraba desocupada, ya que los anfibios pasaban solo parte de su vida en la tierra, además de que las nuevas formas de organismos no tenían requerimientos ecológicos muy específicos, y en ellos se fueron desarrollando adaptaciones que constituyen características reptilianas, como son el huevo amniótico y el cuerpo cubierto de escamas, entre otras, lo cual favoreció su diversificación. Esta diversificación pudo ocurrir por la existencia de una gran variabilidad genética en los organismos y la influencia de la selección natural.

De este modo, a partir de los reptiles primitivos se formaron grupos tan diversos como los grandes dinosaurios, los reptiles acuáticos y otros parecidos a mamíferos.

SABÍAS QUE...

El reptil más primitivo que se conoce del registro fósil es *Seymouria*, con características esqueléticas de reptil y de anfibio.

Por procesos de macroevolución se han formado los grandes grupos sistemáticos, como moluscos, mamíferos, angiospermas y coníferas.

SABÍAS QUE...

El proceso de microevolución ocurre en un tiempo relativamente corto, de ahí que pueda ser estudiado por el hombre; la especiación, como mínimo, puede darse aproximadamente en unos 5 000 años, mientras que la macroevolución requiere de millones de años.

Hemos estudiado la teoría sintética de la evolución como la explicación actual del proceso evolutivo, pero es necesario señalar que el desarrollo vertiginoso de las ciencias permite la explicación de dicho proceso desde diversos ángulos, y actualmente esta teoría tiene limitaciones, pues no incorpora ningún elemento de biología molecular y su estudio sobre la genética de poblaciones es limitado. En la actualidad se trabaja en su actualización, en lo que se llama "la nueva síntesis evolutiva".



Tarea

1. Completa en tu libreta de notas el esquema de la página 135, integrando en él los patrones de la evolución.
2. Ejemplifica la integración de las fuerzas evolutivas en el proceso de microevolución.
3. El camarón blanco y el camarón rosado están aislados reproductivamente por la interacción de varios mecanismos de aislamiento; el camarón rosado vive lejos de las costas de Cuba y, el blanco, cerca de estas:
 - a) identifica el patrón evolutivo que se pone de manifiesto;

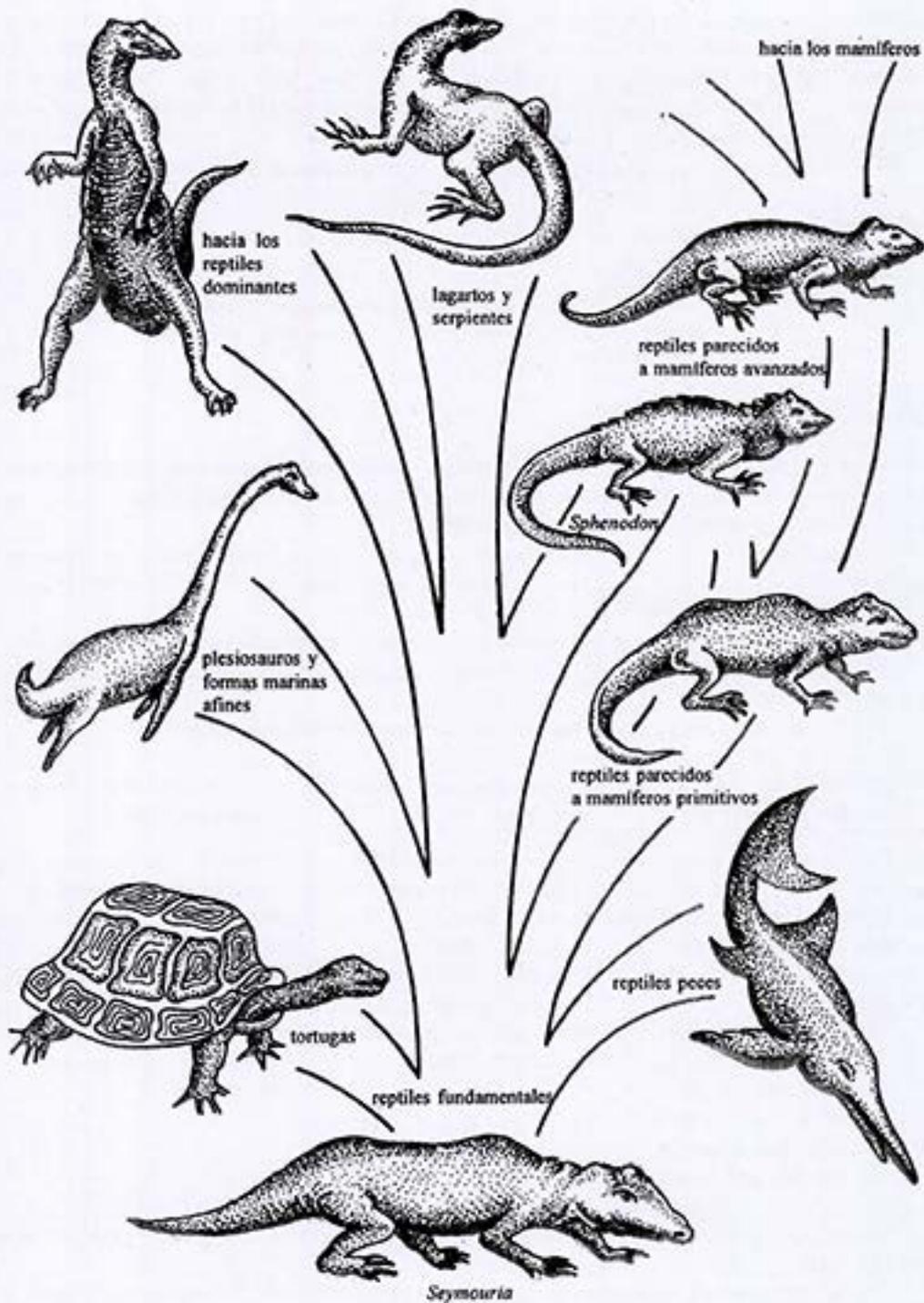


Fig. 94 Origen y diversificación de los reptiles (proceso de macroevolución).

En la figura 93 se ilustra el proceso de especiación de las cotorras. La forma originaria de las especies de cotorra de las Antillas Mayores, vive aún en Centroamérica y Yucatán. Al dispersarse de forma accidental hacia Cuba y Jamaica, quedaron aisladas geográficamente: el océano constituye una eficaz barrera física para estos animales, que no son de vuelo potente. Aquí ocurrieron procesos de especiación, y en estas nuevas especies, a su vez, se repitió el proceso, al pasar a las otras islas de las Antillas Mayores (La Española y Puerto Rico).

En la línea evolutiva hacia el hombre, que ya se ha estudiado, los diferentes pasos de un homínido a otro constituyen procesos de especiación, por ejemplo, de *Homo habilis* a *Homo erectus*, entre otros.

SABÍAS QUE...

Los aproximadamente cuatro millones y medio de especies de plantas y animales que hoy pueblan la Tierra, se han originado mediante procesos de especiación.

Macroevolución

El proceso evolutivo es muy diverso; en él ocurren desde cambios pequeños y relativamente rápidos, como los microevolutivos, hasta otros a gran escala y más lentos, como los macroevolutivos, que estudiaremos a continuación.

La macroevolución es el proceso evolutivo en el que, como consecuencia de la acción de las fuerzas evolutivas y la ocupación de nuevos hábitats, se producen grandes cambios en las especies que implican la formación de otros grupos sistemáticos.

Este proceso generalmente es provocado por mutaciones en los genes reguladores que, como ya conocemos, controlan a otros genes, por lo que ocurren grandes cambios morfológicos, fisiológicos, y conductuales.

En el proceso macroevolutivo, los eventos fundamentales son los siguientes:

<i>Eventos antes del cambio a un nuevo hábitat</i>	<i>Eventos durante el proceso de cambio</i>	<i>Eventos después del cambio al nuevo hábitat</i>
<p>Procesos de microevolución y especiación que favorecen la diferenciación genética y la gradual adaptación a las nuevas condiciones.</p> <p>Tendencia de las poblaciones a la expansión y múltiples intentos por ocupar un nuevo hábitat (radicalmente diferente del originalmente ocupado).</p>	<p>El paso al nuevo hábitat es rápido, compensándose la acción drástica de la selección natural.</p> <p>El establecimiento exitoso en la nueva zona es favorecido por la ausencia de competidores.</p>	<p>Desarrollo de adaptaciones más específicas que permiten un mayor éxito en la nueva zona.</p> <p>Diversificación y ocupación de todas las áreas disponibles en el nuevo hábitat (radiación adaptativa).</p>

Veamos como ejemplo de macroevolución, el posible origen de los reptiles y su diversificación (fig. 94).

En una población de anfibios ancestrales se fueron desarrollando algunas características de reptiles primitivos, manifestándose como una especie diferente; este fue un proceso lento, de muchos años, durante el cual, por la acción de las fuerzas evolutivas, se acumuló toda una serie



Este libro constituye la primera parte del texto *Biología 5*, correspondiente al duodécimo grado, con el cual se concluye el estudio de la Biología en el preuniversitario.

Consta de la introducción, tres capítulos, en los cuales se tratan temas relacionados con la genética, la ecología y la evolución, y las conclusiones.

En el capítulo 1 se estudian las relaciones de los organismos en su medio ambiente, se profundiza en las características de los niveles de población, de comunidad y de biosfera, y se destaca un tema de gran interés, la protección del medio ambiente.

En el capítulo 2 se detallan los contenidos relacionados con la genética, donde se tratan las leyes fundamentales de la herencia y la variación, así como su aplicación a la ganadería, la agricultura y la medicina. También se incluyen aspectos relacionados con la ingeniería genética y la biotecnología.

El capítulo 3 está dedicado al estudio de la vida, su origen y evolución, y en las conclusiones se retoman e integran elementos fundamentales en relación con el origen de la vida y las propiedades que la caracterizan.

En los diferentes temas aparecen las tareas y al final de cada capítulo las clases prácticas y las prácticas de laboratorio; todo ello identificado por una viñeta.

En el libro se incluye un vocabulario sobre términos químicos y biológicos que ayudarán a comprender los diferentes temas que se tratan.