

BIOLOGÍA 6

duodécimo grado

BIOLOGÍA 6

duodécimo grado

Dra. C. Raquel Rodríguez Artau

Dr. C. Luis Roberto Jardinot Mustelier

M. Sc. Otmara Caridad Morejón Sánchez

M. Sc. Jordany García Soberón

M. Sc. Anais Villafaña Rivero

Dr. C. Vicente Berovides Álvarez

Dr. C. Ismael Santos Abreu

M. Sc. Yelena Beltrán Zamora

M. Sc. Leonardo Díaz Graverán

Este material forma parte del conjunto de trabajos dirigidos al Tercer Perfeccionamiento Continuo del Sistema Nacional de la Educación General. En su elaboración participaron docentes, metodólogos y especialistas a partir de concepciones teóricas y metodológicas precedentes, adecuadas y enriquecidas en correspondencia con el fin y los objetivos propios de cada nivel educativo, de las exigencias de la sociedad cubana actual y sus perspectivas.

Ha sido revisado por la subcomisión responsable de la asignatura perteneciente a la Comisión Nacional Permanente para la revisión de planes, programas y textos de estudio del Instituto Central de Ciencias Pedagógicas del Ministerio de Educación.

Queda rigurosamente prohibida, sin la autorización previa y por escrito de los titulares del *copyright* y bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, así como su incorporación a un sistema informático.

Material de distribución gratuita. Prohibida su venta

Edición y corrección:

- Dra. Nereyda Contreras Hernández

Diseño de cubierta, interior e ilustración:

- Instituto Superior de Diseño

Instituto Superior de Diseño:

Anelís Simón Sosa • María Paula Lista Jorge • Amanda Serrano Hernández • Ana Laura Seco Abreu • Arianna Ruenes Torres • Celia Carolina Céspedes Pupo • Elizabeth Diana Fajardo Céspedes • Laura Rosa Almero Fong • Elizabeth Blanco Galbán • Daniela Arteaga Martínez • Daniela Alpízar Céspedes • Camila Noa Clavero • Daniel Fabelos Rodríguez • M. Sc. Maité Fundora Iglesias • Dr. C. Ernesto Fernández Sánchez • D.I. Eric Cuesta Machado • D.I. Julio Montesino Carmona

Emplane:

- María Pacheco Gola

© Ministerio de Educación, Cuba, 2025

© Editorial Pueblo y Educación, 2025

ISBN 978-959-13-4942-2 (Versión impresa)

ISBN 978-959-13-5015-2 (Versión digital)

EDITORIAL PUEBLO Y EDUCACIÓN

Av. 3.^a A No. 4601 entre 46 y 60,

Playa, La Habana, Cuba. CP 11300.

epueblo@epe.gemined.cu



ÍNDICE

Palabras a los estudiantes de la Educación Media Superior / VII

PRÓLOGO / IX

1

Introducción al estudio de la Biología 6 1

1.1	La salud de los organismos está vinculada con su integridad biótica	2
1.2	El fenotipo de los organismos es resultado de la interacción genotipo-ambiente	8
1.3	El ciclo celular incluye la interfase y la división por mitosis o meiosis	15
1.4	Las plantas y los animales muestran adaptaciones a las diversas condiciones ambientales	19

2

El desarrollo ontogenético de los organismos vivos 26

2.1	El desarrollo ontogenético es resultado de la interacción de factores genéticos y ambientales	29
2.2	El desarrollo ontogenético se manifiesta en los procesos del ciclo celular	39
2.3	El desarrollo embrionario es una etapa fundamental de la ontogénesis	50
2.4	El desarrollo de un ser humano pasa por diferentes etapas desde su nacimiento hasta la muerte	73

3

Evolución: adaptación y diversificación de los sistemas vivientes 97

- 3.1 Existen diversas concepciones sobre el origen de la biodiversidad 98**
- 3.2 La teoría sintética de la evolución es la explicación más acertada del origen de la biodiversidad 115**
- 3.3 La diversificación y la adaptación de los diferentes grupos sistemáticos son resultados de la evolución 144**
- 3.4 La evolución se ha podido demostrar mediante numerosas evidencias científicas 162**
- 3.5 La especie *Homo sapiens sapiens* es única y diversa, debido a la interacción entre factores bióticos y socioculturales durante su origen y evolución 178**

4

La conducta animal como resultado de su interacción con el ambiente 207

- 4.1 Las diversas conductas de los animales son el resultado de la interacción genotipo-ambiente-fenotipo 208**
- 4.2 Los estilos de vida están muy relacionados con la salud humana 231**

5

La biodiversidad y el desarrollo sostenible 275

- 5.1 Existe una estrecha relación entre el desarrollo sostenible, la protección y el uso de los recursos, en los diferentes niveles de la biodiversidad 277**
- 5.2 La estrecha relación que existe entre los problemas ambientales influye en la pérdida de la biodiversidad 322**

5.3	La protección, conservación y el uso sostenible de la biodiversidad son indispensables para mantener el equilibrio de la naturaleza	341
------------	---	-----

6

Conclusiones 381

6.1	La conservación de la vida en el planeta y la salud humana dependen de la integridad biótica que se manifiesta en los diferentes niveles de organización de la vida	382
6.2	El conocimiento de la unidad y diversidad del mundo vivo es esencial para su protección, conservación y uso sostenible	386

Glosario	391
-----------------------	--

Bibliografía	403
---------------------------	--

Anexos	407
---------------------	--

Palabras a los estudiantes de la Educación Media Superior

Este libro es el resultado del trabajo conjunto de los autores, en colaboración con otros colegas de la Subcomisión de Biología, de la Comisión Nacional de Planes y Programas del Instituto Central de Ciencias Pedagógicas. Se ha basado en la concepción de la disciplina elaborada por la Subcomisión y en el valioso trabajo realizado por los autores del libro de texto de décimo grado durante la etapa de perfeccionamiento anterior.

Queremos agradecer la colaboración de muchos docentes, metodólogos e investigadores del MINED, ICCP, CINESOFT; de la Universidad de Oriente, Universidad Central Martha Abreu, Universidad de La Habana, Universidad de Camagüey; del Departamento Provincial de Educación (DPE) de Santiago de Cuba, La Habana, Granma, Villa Clara, así como de los centros de investigación y numerosos institutos preuniversitarios a lo largo del país, especialmente las escuelas militares Camilo Cienfuegos y el IPVCE Ernesto Che Guevara, que han aportado sus valoraciones para la elaboración de esta obra.

PRÓLOGO

El presente libro constituye el texto básico de la asignatura *Biología 6*, correspondiente al currículo básico obligatorio para todos los estudiantes de duodécimo grado, tercer año del preuniversitario cubano. En este se exponen las concepciones y experiencias aportadas por profesores y metodólogos de la educación preuniversitaria y universitaria, basadas en otros procesos de perfeccionamiento de los planes de estudio de la Educación General. Es el resultado del trabajo conjunto de los autores, y de otros especialistas de la Subcomisión de Biología, adjunta a la Comisión Nacional de Planes y Programas del Instituto Central de Ciencias Pedagógicas, y otros colaboradores que han aportado sus valiosas sugerencias al perfeccionamiento del programa de estudio y a la redacción de los capítulos del texto.

Con él honramos la memoria del Dr. C. Vicente Berovides Álvarez, Profesor Emérito de la Universidad de La Habana, portador de una amplia obra docente, ecólogo, evolucionista, conservador y estudioso de la biodiversidad, cuya colaboración como asesor y miembro del colectivo de autores de este texto y de otros elaborados desde la primera etapa de perfeccionamiento de la disciplina, ha sido inestimable.

En este libro se profundizan y actualizan los contenidos desarrollados en otros niveles, a la luz de los avances de las ciencias biológicas hasta inicios de este siglo XXI, así como los enfoques didácticos actuales en correspondencia con los logros de la pedagogía cubana, lo cual quedó contextualizado en la concepción de la disciplina Biología del subsistema de Educación General.

Su contenido responde a las exigencias para la formación integral del bachiller planteadas en el Fin de esta enseñanza; y sus objetivos precisados en el Plan de estudio de preuniversitario (Cuza y Jardinot, 2022), en la tercera etapa de perfeccionamiento continuo del Sistema Nacional de Educación en Cuba.

Teniendo en cuenta lo antes expuesto, el libro quedó estructurado en seis capítulos que siguen la lógica deductiva iniciada en décimo grado, con



las generalizaciones de esencia acerca de las características de los sistemas vivientes y la alta complejidad en cada uno de los niveles de organización de la vida. Así, en este grado se continúa profundizando en el desarrollo ontogenético y filogenético, aplicando los contenidos sobre la célula, el organismo, la transmisión hereditaria de los caracteres y la dinámica de los ecosistemas, aprendidos en grados anteriores. Además, se da continuidad a los contenidos sobre conservación de la biodiversidad, estudiados desde secundaria básica y se inician contenidos relacionados con la etología animal y humana, estos últimos de alto valor educativo.

El capítulo 1 tiene un carácter introductorio para la nivelación de contenidos impartidos en grados anteriores, que será importante recordar antes de introducir los nuevos de este grado.

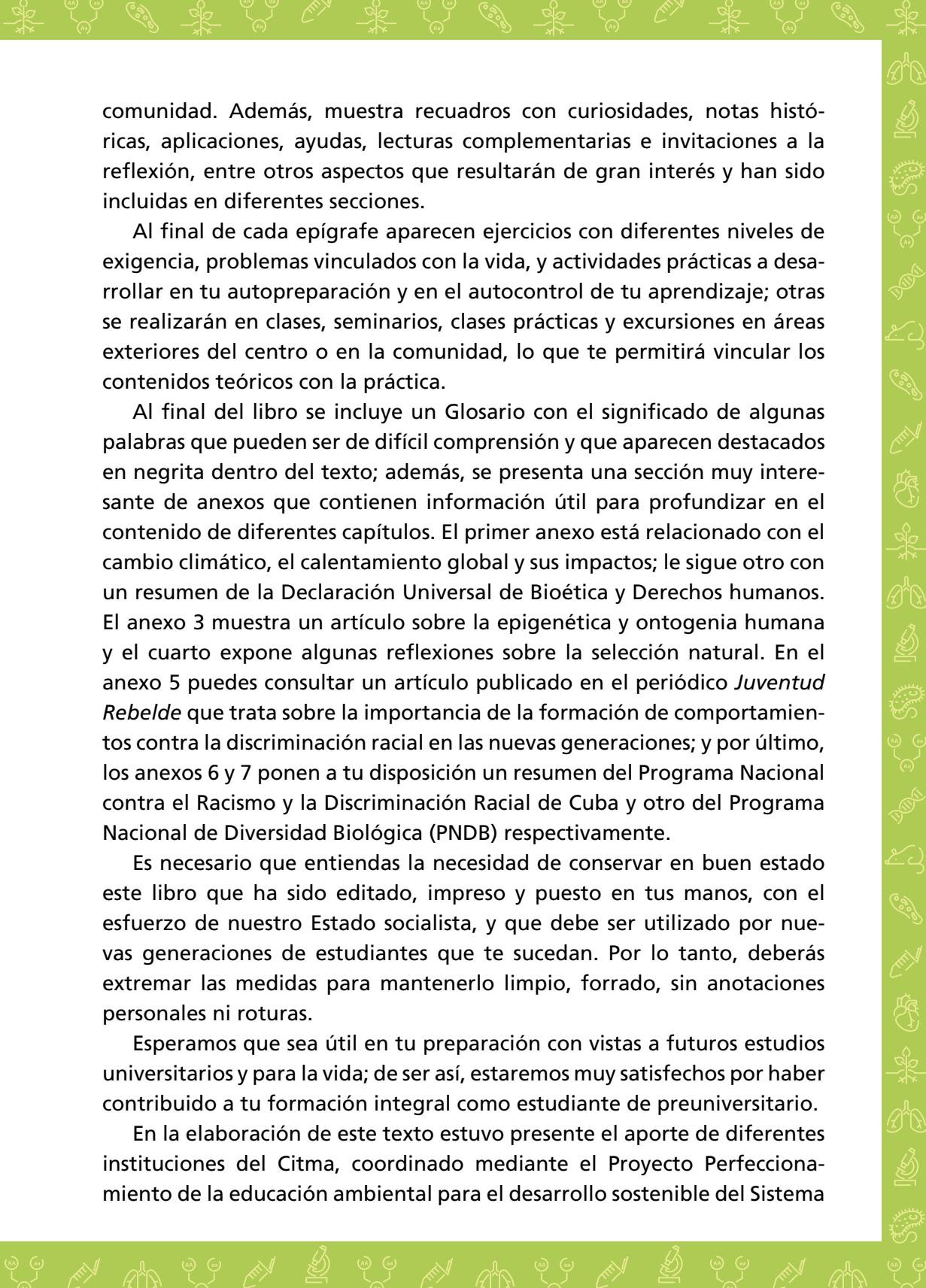
En el capítulo 2 se tratan temas relacionados con la ontogénesis y su importancia, como proceso que permite el desarrollo de todos los organismos desde el punto de vista individual. Posteriormente, en el capítulo 3 se profundiza en la concepción científica del proceso de evolución, como causa de la unidad y diversidad de la vida en el planeta Tierra.

El capítulo 4 presenta las bases de la conducta de los animales, y en él se fundamenta cómo el comportamiento humano es el resultado de la interacción entre los factores bióticos y socioculturales; con su estudio conocerás habilidades que te ayudarán a desarrollar un estilo de vida saludable sobre la base del rechazo a las adicciones y la violencia, y sobre todo, a asumir una sexualidad responsable con enfoque de género.

Adentrarte en el capítulo 5, te permitirá comprender cómo se aplican los conocimientos biológicos en la protección, conservación y uso sostenible de la biodiversidad, así como en la solución de los problemas relacionados con la adaptación y mitigación ante el cambio climático. En el capítulo 6 y final, se exponen las conclusiones acerca de la importancia que tiene el comprender la unidad y diversidad del mundo vivo, así como la integridad biótica en los niveles de organización de la vida, por su aplicación en el mantenimiento integral de la salud y la conservación de la vida en el planeta.

Cada capítulo contiene los textos básicos de los epígrafes y las ilustraciones que facilitan su comprensión durante el estudio independiente, el cual deberá ser la vía fundamental para tus estudios junto a otros recursos como los softwares educativos, materiales de internet y bibliografías complementarias, que existen en bibliotecas y otras instituciones de tu





comunidad. Además, muestra recuadros con curiosidades, notas históricas, aplicaciones, ayudas, lecturas complementarias e invitaciones a la reflexión, entre otros aspectos que resultarán de gran interés y han sido incluidas en diferentes secciones.

Al final de cada epígrafe aparecen ejercicios con diferentes niveles de exigencia, problemas vinculados con la vida, y actividades prácticas a desarrollar en tu autopreparación y en el autocontrol de tu aprendizaje; otras se realizarán en clases, seminarios, clases prácticas y excursiones en áreas exteriores del centro o en la comunidad, lo que te permitirá vincular los contenidos teóricos con la práctica.

Al final del libro se incluye un Glosario con el significado de algunas palabras que pueden ser de difícil comprensión y que aparecen destacados en negrita dentro del texto; además, se presenta una sección muy interesante de anexos que contienen información útil para profundizar en el contenido de diferentes capítulos. El primer anexo está relacionado con el cambio climático, el calentamiento global y sus impactos; le sigue otro con un resumen de la Declaración Universal de Bioética y Derechos humanos. El anexo 3 muestra un artículo sobre la epigenética y ontogenia humana y el cuarto expone algunas reflexiones sobre la selección natural. En el anexo 5 puedes consultar un artículo publicado en el periódico *Juventud Rebelde* que trata sobre la importancia de la formación de comportamientos contra la discriminación racial en las nuevas generaciones; y por último, los anexos 6 y 7 ponen a tu disposición un resumen del Programa Nacional contra el Racismo y la Discriminación Racial de Cuba y otro del Programa Nacional de Diversidad Biológica (PNDB) respectivamente.

Es necesario que entiendas la necesidad de conservar en buen estado este libro que ha sido editado, impreso y puesto en tus manos, con el esfuerzo de nuestro Estado socialista, y que debe ser utilizado por nuevas generaciones de estudiantes que te sucedan. Por lo tanto, deberás extremar las medidas para mantenerlo limpio, forrado, sin anotaciones personales ni roturas.

Esperamos que sea útil en tu preparación con vistas a futuros estudios universitarios y para la vida; de ser así, estaremos muy satisfechos por haber contribuido a tu formación integral como estudiante de preuniversitario.

En la elaboración de este texto estuvo presente el aporte de diferentes instituciones del Citma, coordinado mediante el Proyecto Perfeccionamiento de la educación ambiental para el desarrollo sostenible del Sistema

Nacional de Educación. Gracias a esta colaboración, pudimos contar con la literatura actualizada y con el acceso a documentos nacionales e internacionales vigentes, en temas relacionados con el cambio climático y la biodiversidad, entre otros. Especial colaboración recibimos del Dr. C. Giraldo Alayón García del Museo Nacional de Historia Natural en temas de evolución.

Por último, queremos agradecer la cooperación de muchos profesores y metodólogos del Ministerio de Educación (MINED), de la Empresa de Informática y Medios Audiovisuales (CINESOFT), Universidad de Oriente, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Universidad de La Habana, Universidad de Ciencias Pedagógicas Enrique José Varona, la Universidad de Camagüey, las escuelas militares Camilo Cienfuegos (EMCC), los institutos preuniversitarios experimentales de todo el país, las direcciones municipales y provinciales de educación, que han aportado sus acertadas valoraciones y sugerencias en la creación de esta obra, desde una concepción metodológica de la disciplina.

Los autores



CAPÍTULO 01

Introducción al estudio de la Biología 6

[...] La naturaleza inspira, cura, consuela, fortalece y prepara para la virtud al hombre. Y el hombre, no se halla completo, ni se revela a sí mismo, ni ve lo invisible, sino en su íntima relación con la naturaleza [...]¹

De continuar el ascenso de la temperatura a consecuencia del calentamiento global, tanto la anidación como el **comportamiento reproductivo** de las tortugas sufrirán severas afectaciones con peligro en la supervivencia de la **especie**. Este problema —consecuencia del **cambio climático**— afecta la producción de huevos de las tortugas y la proporción de sexos de los recién nacidos; también ocasiona cambios del hábitat costero y oceánico, que alteran la distribución de tortugas juveniles y adultas (figura 1.1) así como de sus fuentes de alimentación, por lo que estas especies pudieran extinguirse en aguas cubanas.

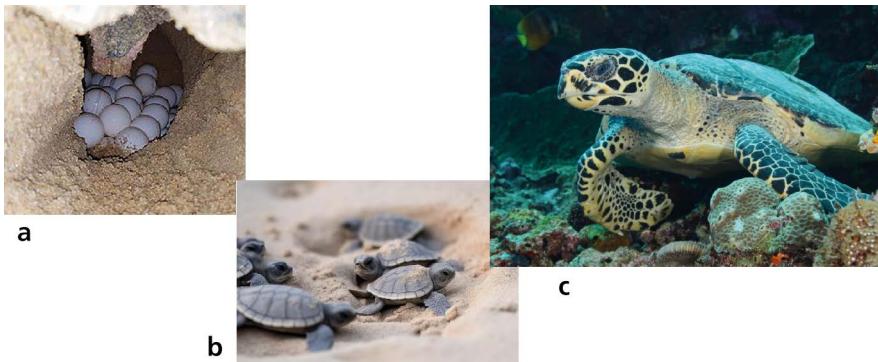


Fig. 1.1 Tortuga marina (*Eretmochelys imbricata*):
a) huevos, b) tortugas recién nacidas, c) ejemplar adulto

¹ J. Martí: "Emerson", Martí en la Universidad, t. IV, Ed. Félix Varela, La Habana, 1997, p. 129.

La concepción de **integridad biótica** es una importante generalización, que posibilita analizar cualquier fenómeno vinculado con la vida y explicar su origen, desarrollo e impacto en la **salud** y el medio ambiente.

Dicho intercambio con el medio ambiente se logra por las funciones de **autorregulación** y vegetativas, entre las cuales se manifiestan relaciones que hacen posible el mantenimiento de la vida y la reproducción de los organismos.



Reflexiona

- ¿Podrán las tortugas sobrevivir ante el cambio, en las condiciones del medio ambiente donde viven?
- ¿Existe algún vínculo entre las relaciones **genotipo-ambiente-fenotipo**, y la **adaptación** de las tortugas a los hábitats donde se desarrollan?
- ¿Cómo el cambio climático puede afectar el desarrollo individual y el comportamiento de estos animales?
- ¿Qué podemos hacer para evitar la pérdida de esta y otras especies?

Para comprender estos y otros problemas que afectan a los sistemas vivientes en la actualidad y tomar una actitud responsable ante ellos, es necesario que completes tus aprendizajes acerca de los **procesos** de desarrollo de estos sistemas, las causas de la evolución, la conducta animal y la **conservación de la biodiversidad**.

Antes de adentrarnos en los nuevos contenidos te invitamos a recordar algunos de los más importantes, con los que estarás en mejores condiciones de comprender y aplicar en la vida lo que aprendas en el resto de las unidades.

Entre las temáticas seleccionadas para esta sistematización se encuentran la integridad biótica, la relación genotipo-ambiente-fenotipo, el ciclo celular y la adaptación de los organismos al medio ambiente.

1.1 La salud de los organismos está vinculada con su integridad biótica

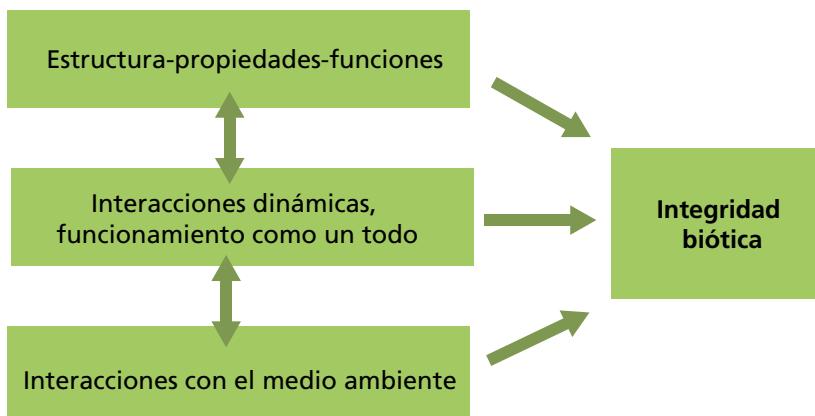
La tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) puede presentar dificultades en la búsqueda de determinados corales que son su principal sustento,

CAPÍTULO 1

pues estos quizás estén dañados por el fenómeno conocido como blanqueamiento. Se conoce que la elevación de la temperatura provoca la disminución del pH de los océanos; esto afecta la relación simbiótica de los corales con ciertas zoozantelas y conduce a su muerte. ¿Cómo incide la disponibilidad de alimento en la integridad biótica y por tanto en la salud de la tortuga carey?

Como recordarás de tus estudios en décimo grado, la integridad biótica no es más que la manifestación del entramado de relaciones, interacciones o nexos existentes en, y entre cada uno de los componentes de los sistemas vivientes, que posibilita su **funcionamiento** como un todo, en interrelación con el medio ambiente.

¿Cómo explicar las causas de afectaciones a las poblaciones de tortugas y de cualquier otro fenómeno de nuestra cotidianidad, a partir de este entramado de interacciones? Para ello debes tener en cuenta que la integridad biótica incluye tres aspectos que interactúan entre sí (esquema 1.1).



Esquema 1.1 Dimensiones contenidas en el concepto integridad biótica

Desde décimo y oncenio grados venimos analizando la relación **estructura-propiedades-funciones** a nivel molecular, celular, de organismo, población y comunidad, esto te posibilitó explicar científicamente los fenómenos y procesos a esos niveles.

Para comprender la afectación que provoca el cambio climático a la integridad biótica de las tortugas marinas y otras situaciones relacionadas con la salud de los organismos y los **ecosistemas**, es necesario que analices la relación estructura-propiedades-funciones.

La explicación del porqué de las funciones, se basa en las propiedades emergentes de las relaciones estructurales entre sus componentes (biomoléculas, tipos de células, tejidos, órganos). La disposición y organización estructural de dichos componentes en el organismo, determina las propiedades físicas, químicas o bióticas que cada uno de ellos aporta al todo.

La interrelación de los organismos vivos con el medio ambiente es una condición importante en el mantenimiento de su integridad biótica, pues con él intercambian **sustancias**, energía e información, que son utilizados por las células, tejidos, órganos y sistemas, tanto en sus propias funciones como en el funcionamiento integral del organismo (esquema 1.2). De esta manera los sistemas vivientes se autorregulan, realizan las **funciones vegetativas**, se reproducen y llevan a cabo su desarrollo individual.

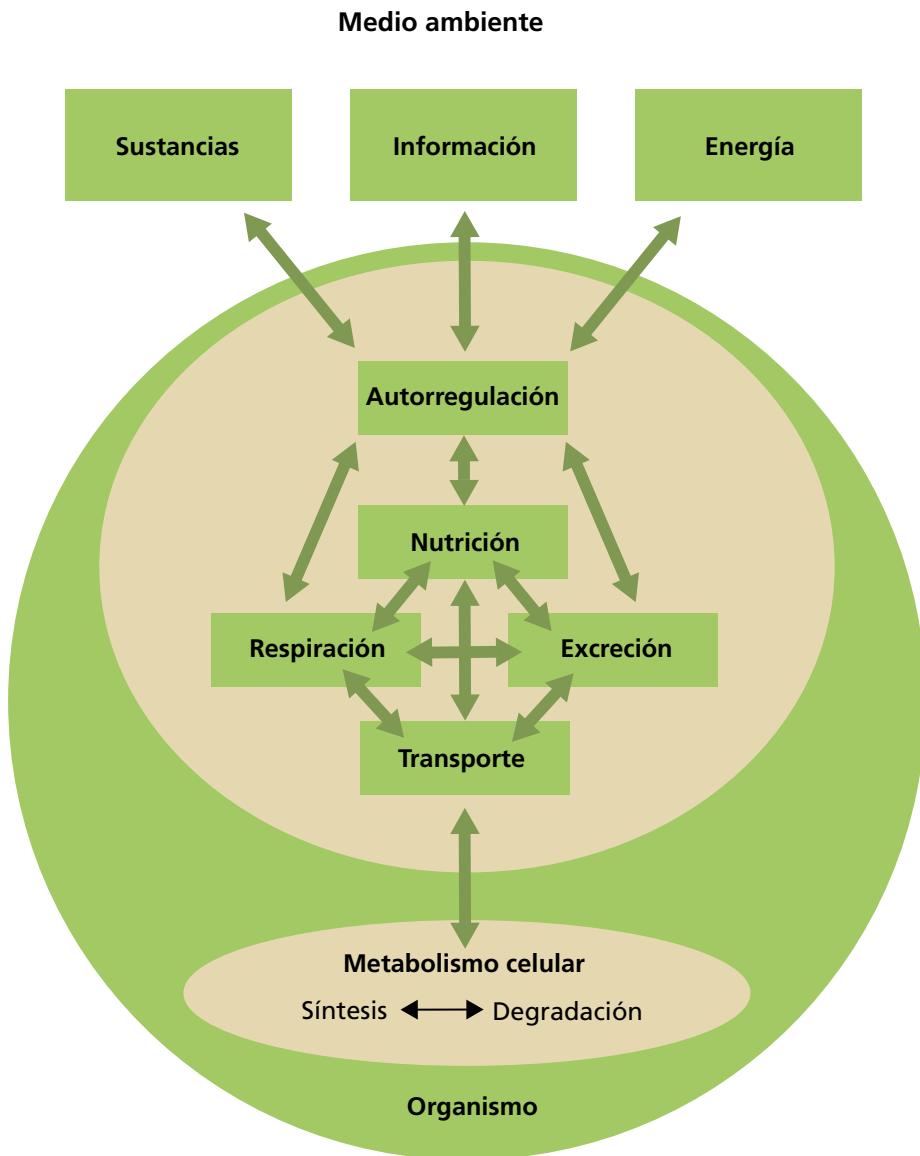
El intercambio de sustancias se manifiesta claramente en la nutrición con la incorporación —mediante los alimentos— de los nutrientes necesarios en el **metabolismo**, en la ventilación al incorporar dioxígeno y liberar dióxido de carbono, y en la excreción con la expulsión de sustancias de desecho que resultan tóxicas al organismo.

Las tortugas marinas son organismos heterótrofos, por lo que ingieren alimentos orgánicos; de los cuales obtienen la glucosa como fuente de energía. Este compuesto es transformado mediante el proceso de respiración celular, en el que se obtienen moléculas de trifosfato de adenosina (ATP), que como ya conoces son fundamentales en otros procesos del metabolismo celular y permiten mantener el funcionamiento de las células, tejidos, órganos y sistemas de órganos. En este caso, una afectación en la nutrición de las tortugas incidiría en su movilidad en búsqueda de refugio, alimentos, pareja, y en dar respuesta a estímulos ambientales, ya que la contracción muscular depende del consumo de energía, además se alterarían otras funciones y con ellas la integridad biótica.

El intercambio de información entre un organismo y su ambiente ocurre fundamentalmente durante su autorregulación, que se realiza de acuerdo a las variaciones ambientales que rodean a los organismos. Estas constituyen estímulos con información acerca de cualquier fenómeno del medio ambiente; dichos estímulos son identificados por determinados receptores (biomoléculas presentes en las membranas de los órganos sensoriales) que detectan la señal mediante cambios en el potencial de membrana (despolarización) o mediante transformaciones de ciertas

CAPÍTULO 1

biomoléculas, como proteínas que promueven procesos enzimáticos y de transporte intracelular.



Esquema 1.2 Sistema de relaciones a nivel de organismo y con el nivel celular

De esta manera la información llega al núcleo de la célula, donde se movilizan los procesos genéticos de regulación y se desencadena una respuesta que dependerá del tipo de célula, tejido, órgano o glándula: secreción de una enzima, una hormona, un neurotransmisor, un anticuerpo

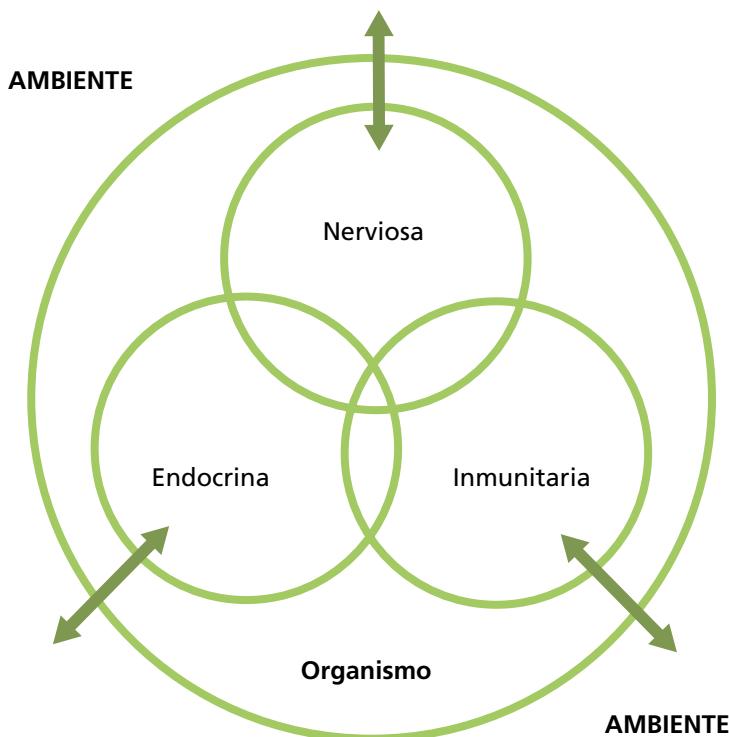
o moléculas de citoquinas. El desencadenamiento de la respuesta involucra procesos de expresión genética, como la **transcripción** de ARN mensajero (ARNm) en el núcleo y la biosíntesis de proteínas en los ribosomas.

Los organismos vivos presentan interacciones dinámicas entre sus componentes, basadas tanto en sus funciones como en las interrelaciones entre sus niveles de organización, lo que demuestra cómo unas funciones dependen de otras; esto unido al hecho de que las de un nivel parten de las de los niveles precedentes, establece una red de relaciones —principalmente funcionales— cuya integración constituye la dinámica de su funcionamiento como un sistema.

Para ejemplificar estas interacciones analicemos el caso de las tortugas marinas, animales constituidos por sistemas de órganos con funciones especializadas. En la regulación de las funciones vegetativas y de la reproducción interviene la regulación neuroendocrina. El sistema nervioso central de las tortugas marinas tiene gran importancia en el control de la reproducción porque permite integrar las señales externas: luz, temperatura, fotoperiodo, entre otras, y modular el funcionamiento de glándulas endocrinas mediante la glándula hipófisis. Las variaciones ambientales provocadas por el cambio climático —como la elevación de la temperatura y del nivel del mar, o la pérdida de la vegetación del área de anidamiento— pueden alterar la sincronización entre estos factores, afectando la reproducción de esta especie.

Esto también se evidencia en otros fenómenos cotidianos relacionados con la salud humana: el hambre, la diabetes, el asma bronquial, la hipertensión arterial, las arritmias cardiacas, entre otras alteraciones vinculadas con las funciones vegetativas. Entre sus causas se involucran trastornos en el funcionamiento de determinados órganos de los sistemas vegetativos, y/o en la regulación neuroinmunoendocrina en interacción con factores ambientales y del comportamiento humano (esquema 1.3).

De la misma forma, los procesos y las conductas vinculadas con la reproducción están también íntimamente relacionados con las funciones vegetativas y la autorregulación. Por ejemplo, el encuentro con el ser amado puede provocar falta de apetito, taquicardia, falta de aire, entre otros efectos generados por la regulación nerviosa (sistema nervioso vegetativo) y la regulación endocrina (liberación de hormonas por las glándulas suprarrenales) incluso, hasta puede estimular la producción de anticuerpos por el sistema inmunitario.



Esquema 1.3 Relaciones entre las tres funciones de regulación desarrolladas en los vertebrados

Tomando como base esta concepción de integridad biótica, podemos explicar las posibles causas de enfermedades como la diabetes, en la que se identifican fallas en la integridad a nivel molecular, celular y de organismo, que provocan deficiencias del metabolismo y la regulación de la concentración, en sustancias nutritivas como la glucosa. Determinadas formas de intercambio con el medio ambiente —como la mala alimentación, el sedentarismo, etcétera— pueden ser otras de las causas de la enfermedad; por eso, para preservar la salud debemos preguntarnos qué acciones nos permiten mantener la integridad biótica de nuestro organismo.

Comprueba lo aprendido

- De las siguientes adaptaciones en células, tejidos y órganos de animales y plantas, analiza la relación estructura-propiedades-funciones que se evidencia entre sus componentes, según el caso.

- núcleo celular
- tejido muscular
- hoja

a) Elabora un texto explicativo donde se pongan de manifiesto las relaciones entre los componentes de la hoja y cómo la integración de todos contribuye a su **función** como órgano vegetal.

2. Tomando como base las siguientes adaptaciones, analiza cómo se establecen las relaciones entre los organismos y el medio ambiente, y redacta un párrafo en cada caso explicándolo de manera esencial.

- cloroplastos de una célula del parénquima clorofílico de las hojas
- piel desnuda de una rana
- sistema nervioso humano
- tallo de una planta herbácea

3. Explica el funcionamiento dinámico de un ecosistema seleccionado por ti.

- a) Indica diferentes tipos de relaciones inter e intraespecíficas.
- b) Representa una red alimentaria, indicando los niveles tróficos que la constituyen.
- c) ¿Cómo se manifiestan las diferentes relaciones de la integridad biótica a nivel de ecosistema?

4. Selecciona una enfermedad conocida por ti, y auxiliándote de información de diferentes fuentes y soportes que amplíen las características de la enfermedad seleccionada, demuestra el siguiente planteamiento: "entre los niveles molecular, celular y de organismo, así como con el medio ambiente, se manifiestan relaciones que explican las causas de diferentes enfermedades".

5. Argumenta y exemplifica el siguiente planteamiento: "la **protección** y conservación de la biodiversidad no es posible sin el estudio profundo de la integridad biótica".

1.2 El fenotipo de los organismos es resultado de la interacción genotipo-ambiente

Como ya has analizado, el medio ambiente influye sobre la integridad del organismo, por lo que los cambios que ocurran en este pueden afectar su estructura, propiedades y funcionamiento integral.

CAPÍTULO 1

En un muestreo de la cantidad de eritrocitos en sangre efectuado en poblaciones humanas que viven a diferentes altitudes geográficas, se encontraron diferencias significativas que se muestran en la tabla 1.1.

Tabla 1.1 Variación de la cantidad de eritrocitos en sangre según altura

Altura (m)	Eritrocitos (millones)
0	4,2
1 300	5,2
2 400	6,0
3 100	6,6
3 700	6,8
4 100	7,5
4 800	7,8
5 600	8,3

- ¿Qué regularidad identificas en la distribución de la cantidad de eritrocitos según la altura?
- ¿Esto se deberá a diferencias genéticas en estas poblaciones o a influencias ambientales?
- ¿Estos resultados responderán a la adaptación o a la evolución?

En noveno y oncenio grados estudiaste el fenómeno de la herencia, cuya definición se presenta a continuación:

La **herencia** es la transmisión y expresión de las características de los organismos de una generación a otra que se manifiesta durante su reproducción, teniendo como resultado la estabilidad y el cambio o variación de sus características estructurales, funcionales y conductuales.

En la herencia se manifiestan un conjunto de características perceptibles en los organismos, a las que se les denomina **fenotipo**.

El fenotipo de una planta incluye las características de sus diversos componentes (raíz, tallo, hojas, flores, frutos), su color y altura, la conformación de su follaje, el tamaño de sus hojas, el sabor de sus frutos, y los procesos fotosintéticos, entre otras. De igual manera, el fenotipo de un animal incluye las características de sus diferentes órganos; el color de

su pelaje, plumas o piel; el tamaño del cuerpo; los procesos que hacen posible la respiración, la nutrición, la excreción; su conducta (nidificación, búsqueda de pareja reproductiva, migración, formas de comunicación, orientación sexual) entre otras.

Estas características fenotípicas son el resultado de la información genética que poseen en su **genoma** y de la interacción con el medio ambiente en que se desarrollan.



Recuerda que ...

El **gen** es la unidad de la herencia compuesto por ácido nucleico que porta información genética en su secuencia de bases nitrogenadas, la cual se transmite a las siguientes generaciones y se expresa en interacción con el medio ambiente, aunque esta puede cambiar.

El conjunto de genes que poseen las células es el que determina la existencia de la gran diversidad de rasgos estructurales, funcionales y conductuales característicos de los organismos, los cuales constituyen su fenotipo.

Al conjunto de las características de los genes de un organismo se le denomina genotipo.

Ya conoces que las condiciones ambientales en que se desarrolla el organismo influyen en la herencia y en los procesos de reproducción y desarrollo. Analicemos algunos ejemplos en los seres humanos:

- La exposición a determinadas radiaciones puede provocar anomalías en el feto y afectar su desarrollo normal, de ahí que durante determinada etapa del embarazo se eviten las radiografías.
- Una insuficiente alimentación de la madre durante la gestación, origina déficit de determinados nutrientes, lo que puede provocar bajo peso en el recién nacido, y hacerlo más susceptible a las infecciones.

El genotipo se expresa en diferentes fenotipos en dependencia de las condiciones ambientales, debido a una **propiedad** denominada **norma de reacción** del genotipo. Por ejemplo, el color de la piel y la estatura en los seres humanos son determinados por poligenes pero también influídos por el medio ambiente: la exposición a los rayos solares puede ocasionar mayor bronceado de la piel, y la calidad de la nutrición puede modificar la estatura.

CAPÍTULO 1

Por otra parte, las facultades intelectuales que permiten resolver problemas complejos, la capacidad física necesaria en la práctica de un deporte y las habilidades musicales —entre otros complejos caracteres fenotípicos humanos— reciben una gran influencia ambiental, esta incluye el estilo y contenido de la comunicación que se establece en las relaciones sociales, y las condiciones de vida en que se desarrollan los individuos, tanto en la familia como en la sociedad en general. Con estos ejemplos se demuestra que el fenotipo es el resultado de la interacción entre factores genéticos y ambientales.

La dinámica de la transmisión y expresión de los genes durante la reproducción y el desarrollo de los organismos, hace posible la estabilidad de la información genética —al mismo tiempo que se producen cambios— de generación en generación, esto trae como resultado una gran diversidad de características en dichos organismos. Por todo ello se puede concluir que la herencia incluye a la vez estabilidad y cambio: en ella se establece la relación genotipo-ambiente-fenotipo (esquema 1.4), de la que dependen la estabilidad o los cambios en las características de los sistemas vivientes de una generación a otra.



Esquema 1.4 Modelación de la expresión del genotipo por el medio ambiente

Como resultado de esta relación, la transmisión de la información genética puede mantenerse estable de una generación a otra, o puede cambiar produciéndose variaciones en el genotipo o en el fenotipo. Así tenemos, que la estabilidad (mantenimiento de las características) y el cambio (variación de las características) son dos aspectos contrarios que integran el fenómeno de la herencia.

Tanto la estabilidad como el cambio se manifiestan en los procesos de replicación, transcripción y expresión de la información genética.

Debes recordar que los ácidos nucleicos (ácido desoxirribonucleico o ADN y ácido ribonucleico o ARN) están formados por largas cadenas de polinucleótidos en secuencias específicas, lo que les confiere propiedades informativas y su función esencial como portadores de la información genética.

La información genética que poseen las moléculas de ADN es copiada fielmente, al duplicarse mediante la replicación, en dos moléculas hijas de manera semiconservativa, esto es posible por la propiedad de complementariedad entre las bases nitrogenadas que posee esta especial molécula.

Esta propiedad es fundamental en la estabilidad porque hace posible la transmisión de la información genética del ADN a las células hijas, la cual transcurre durante los procesos de división celular. Durante el proceso de replicación pueden ocurrir cambios en la secuencia de nucleótidos, y provocar mutaciones causantes de cambios en los organismos.

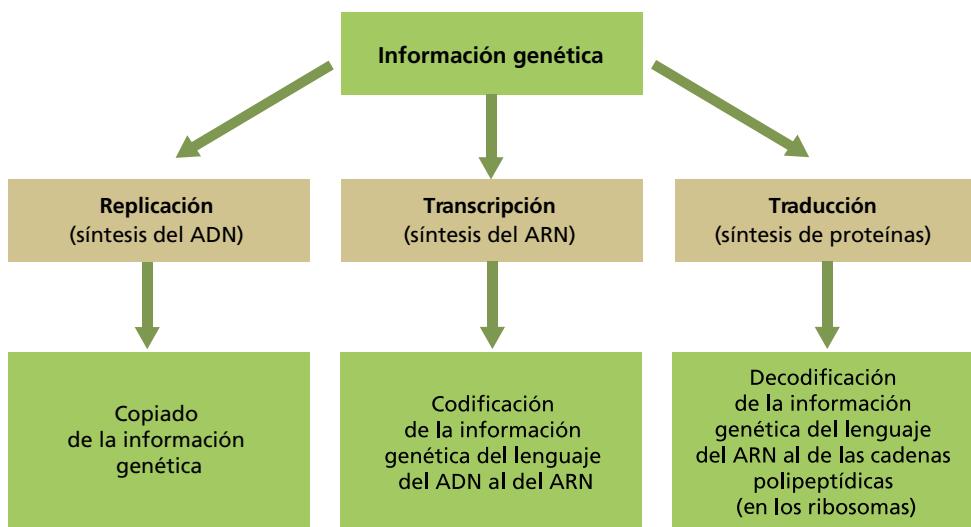
La complementariedad entre bases nitrogenadas permite también codificar la información contenida en el ADN a otro “lenguaje” bastante similar, el del ARN. En este caso varía una de las unidades informativas: la base nitrogenada uracilo sustituye a la timina del ADN. La transferencia de información del ADN al ARN se realiza mediante un proceso molecular llamado transcripción; esto explica por qué la codificación de la estructura de las proteínas es otra función del ADN.

Una vez codificada la información genética al lenguaje del ARN, es trasladada con dicha molécula de un sitio a otro de la célula, por ejemplo, desde el núcleo hasta los ribosomas del citoplasma; allí se decodifica o traduce al “lenguaje” de las cadenas polipeptídicas, secuencia de aminoácidos que conforman la estructura primaria de las proteínas. En este caso las “letras del alfabeto” son los aminoácidos, cuyo orden en la cadena lineal lleva una información específica —de ahí su propiedad de especificidad—; esta es una de las razones que explica las múltiples funciones de las proteínas en la célula.

La conservación y la expresión de la información genética en el fenotipo son ajustadas mediante procesos de regulación genética, que modulan qué genes se expresarán y en qué momento de la vida de la célula. Además, intervienen mecanismos de regulación **epigenética** en los que participan moléculas presentes en el medio. En los procesos de regulación intervienen factores ambientales, lo que corrobora la relación genotipo-ambiente-fenotipo.

En la regulación genética intervienen genes reguladores en interacción con factores ambientales. Estos genes ejercen una función moduladora al codificar la síntesis de proteínas activadoras o represoras, que actúan en el promotor estimulando la transcripción (control positivo) o inhibiéndola (control negativo).

CAPÍTULO 1



Esquema 1.5 Procesos moleculares implicados en la herencia

En las células eucariotas la regulación es mucho más compleja que en las procariotas y se puede efectuar en diferentes momentos del proceso de expresión: durante la transcripción, en la maduración del ARN, durante el transporte del ARNm al citoplasma a través de los poros nucleares, y durante la traducción en los ribosomas.

La regulación de la transcripción en estas células está vinculada a la estructura del promotor; en este se encuentran secuencias reguladoras especiales de cuya cantidad depende su expresión más débil o más activa. También existen otras secuencias de ADN llamadas intensificadoras, que incrementan con diferente magnitud la rapidez de la síntesis de ARN después de la iniciación. En estas células también existen proteínas reguladoras llamadas activadores, capaces de reconocer secuencias específicas de ADN, con lo cual estimulan la transcripción.

Las hormonas esteroideas (corticoides, estrógenos, testosterona, vitamina D) participan en la activación de la transcripción al unirse a una molécula de proteína receptora específica, cuando se unen al promotor se activa la transcripción. Como ves, este constituye un ejemplo de control positivo.

Otras señales del medio ambiente como la temperatura y la longitud del día, son percibidas por los sistemas neurosensoriales del organismo, llegando a activar o desactivar la secreción de hormonas por el sistema endocrino. Las hormonas también pueden regular la expresión génica al

activar factores de transcripción. Esta es la base genética a nivel molecular, de los procesos de regulación que estudiaste en onceno grado, y del desarrollo individual de los organismos que estudiarás en el capítulo 2 de este grado.

Un ejemplo de la interacción genotipo-ambiente en la determinación del fenotipo de las tortugas marinas, es que la temperatura de incubación de los huevos es lo que determina el sexo de los individuos. Algunos de los efectos más preocupantes del cambio climático sobre esta especie se han producido en la tasa del sexo de los recién nacidos, la eclosión de los huevos, y la salud y tamaño de los nuevos individuos, lo que ha provocado su reducción, impactando así en la dinámica de las poblaciones.

A pesar de la estabilidad que posee la estructura de las moléculas de ácido nucleico —fundamentalmente del ADN—, en cualquiera de estos procesos pueden ocurrir cambios en la información genética de forma espontánea por incidencia de factores del medio que lo rodea o del medio ambiente externo a la célula o al organismo. Estos cambios son denominados mutaciones, las cuales pueden o no, provocar cambios en las funciones de los genes.

También pueden producirse modificaciones epigenéticas, que sin provocar cambios en el ADN producen variaciones fenotípicas. Estas son algunas de las causas de las variaciones estructurales, funcionales y conductuales que acontecen en los organismos, y por lo tanto de la gran biodiversidad que ha existido y existe en nuestro planeta.

Los mecanismos epigenéticos que actúan regulando la transcripción incluyen principalmente la metilación del ADN, las modificaciones en la configuración de las histonas que conforman la **cromatina**, y la interferencia en la traducción por unión de los ARNm con pequeños ARN interferentes o micro ARN, los cuales son ARN no codificadores que impiden la traducción o propician la degradación de los ARNm.

La relación genotipo-ambiente-fenotipo es una importante generalización biológica que nos permite comprender las causas de muchos de los fenómenos que se presentan en el mundo biótico. La expresión de los genes es regulada por factores internos de la propia célula y por otros factores externos, ambientales. Estos últimos pueden provocar que en diferentes condiciones del medio ambiente (sustancias químicas, temperatura, radiaciones, etcétera) los genes se expresen de una manera o de otra, dando por resultado diversos fenotipos.

CAPÍTULO 1

Por ejemplo, esa es la causa de que en regiones de mayor altitud geográfica se produzcan más glóbulos rojos que en otras, lo cual es una adaptación resultante del proceso evolutivo que ha hecho posible la supervivencia de los individuos a estas alturas, al propiciar un mayor suministro del dioxígeno necesario en la respiración celular.

Comprueba lo aprendido

1. En los siguientes ejemplos explica cómo se manifiesta la relación genotipo-ambiente-fenotipo:
 - color de la piel de los humanos
 - peso de los frutos de una planta
2. Elabora una tabla en la que compares los procesos moleculares implicados en la herencia: replicación, transcripción, traducción, **mutación**.
3. Establece semejanzas y diferencias entre la regulación genética y la regulación epigenética de la herencia. Ejemplifica en cada caso.

1.3 El ciclo celular incluye la interfase y la división por mitosis o meiosis

Yohana es una estudiante de preuniversitario que mantuvo relaciones sexuales no protegidas durante la ovulación y quedó embarazada. Cuando notó la falta de menstruación se lo ocultó a sus padres por temor a su reacción, por lo que el embarazo continuó; al nacer el bebé, tuvo que dejar los estudios, lo que la hizo infeliz.

Reflexiona

Si Yohana hubiera aplicado de manera consciente y responsable los conocimientos estudiados en noveno y oncenio grados acerca del ciclo celular en la reproducción sexual, ¿habría salido embarazada en esta complicada etapa de su vida?

Ya conoces que todos los organismos están formados por células, y que uno de los postulados de la Teoría celular es que “toda célula procede, por división, de otra célula preexistente”. Para responder la pregunta anterior es necesario que recuerdes cómo ocurren los procesos de división celular en los que se basa la reproducción y el desarrollo de los organismos.

El desarrollo de la vida de las células atraviesa por diferentes etapas: nacimiento como resultado de la división de una célula madre, crecimiento por aumento de volumen y complejidad, reproducción resultante de la división celular, y muerte por acción de factores ambientales o internos de cada célula.

A partir de una célula madre se trasmite a las células hijas la información genética que determina sus características bioquímicas, estructurales, y metabólicas, así como sus relaciones con otras células y con el medio ambiente. Por eso el proceso de división celular posibilita que cada una de las células hijas reciba una copia exacta de la información genética que poseía la célula madre, es decir una dotación cromosómica completa.

Recuerda que las células procariotas poseen un único cromosoma circular. Los organismos procariotas como las bacterias y las arqueas se dividen mediante una forma de división denominada fisión binaria; en esta el cromosoma se duplica y las dos copias se separan a ambos lados de la célula; a continuación se forma un tabique separador del citoplasma que rodea a ambas copias del cromosoma, quedando así la célula dividida en dos nuevas células hijas con cromosomas de idéntica información genética, de ahí que las células hijas también sean idénticas. Esto constituye su forma de reproducción asexual.

Los procesos que recordaremos en lo adelante se corresponden con las células eucariotas. Ya conoces que el ciclo celular es una sucesión de dos etapas fundamentales: la interfase y la división celular (figura 1.2). La comprensión de ambos procesos es fundamental para explicar de las causas de la reproducción y el desarrollo, tanto en los organismos unicelulares como en los pluricelulares.

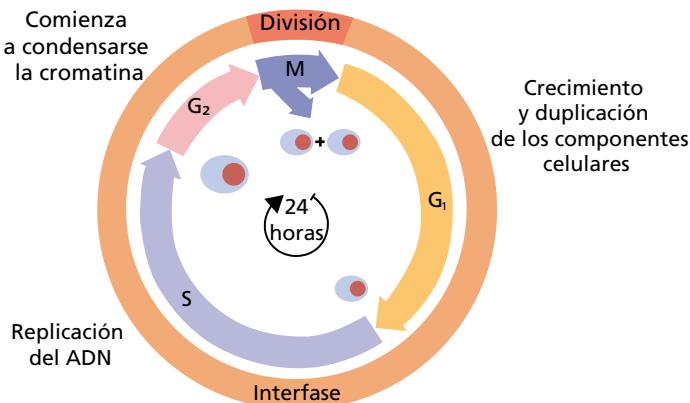


Fig. 1.2 Procesos del ciclo celular en células eucariotas

CAPÍTULO 1

El ciclo celular es la secuencia de estadios o eventos por los que atraviesa una célula desde que nace hasta que se divide o muere.

La interfase es la etapa que media entre dos divisiones celulares sucesivas, durante la cual el ADN se encuentra en forma de cromatina y no es posible distinguir los cromosomas como entidades individuales. Cuando en esta etapa se observa el núcleo celular al microscopio, no se aprecian grandes cambios; sin embargo el núcleo interfásico lejos de encontrarse en reposo, es el escenario de una intensa actividad metabólica, pues es durante esta etapa que tiene lugar la replicación del material genético previa a todo el proceso ulterior de división celular.

Una vez finalizada la interfase, la célula con su material genético ya duplicado, entra en la etapa de división. Este es un proceso donde se desencadenan una serie de eventos complejos que hacen posible que cada una de las células hijas resultantes reciba una dotación cromosómica completa. La división celular es la etapa en la que la célula se multiplica en dos o cuatro nuevas células, según el tipo de división, y los cromosomas se distribuyen de manera equitativa hacia las células hijas. Esto se logra por la elevada compactación que adquiere la molécula de ADN al formar parte de los cromosomas. En este estado, altamente compactado, se puede mover a las células hijas sin que se rompan sus delicados filamentos, repartiéndose equitativamente en estas células.

Recuerda que las células experimentan procesos de división celular, entre los que se encuentran la mitosis y la meiosis. Observa en la figura 1.3 que durante la mitosis se produce una sola división después de la interfase, originando dos células hijas iguales entre sí, y se mantiene el mismo número de cromosomas que posee la célula madre; en la meiosis se producen dos divisiones sucesivas, en la primera acontece el entrecruzamiento genético donde se recombinan genes maternos y paternos, lo cual trae como consecuencia una gran variabilidad genética entre las células resultantes.

En la meiosis se obtienen cuatro gametos que son células hijas **haploides** (n), pues contienen la mitad de la información genética: su número de cromosomas se reduce a la mitad, lo cual es propio de este tipo de división y es lo que hace posible que los gametos femeninos y masculinos formados durante la fecundación fusionen los pronúcleos, restituyéndose el número **diploide** ($2n$) de la especie.

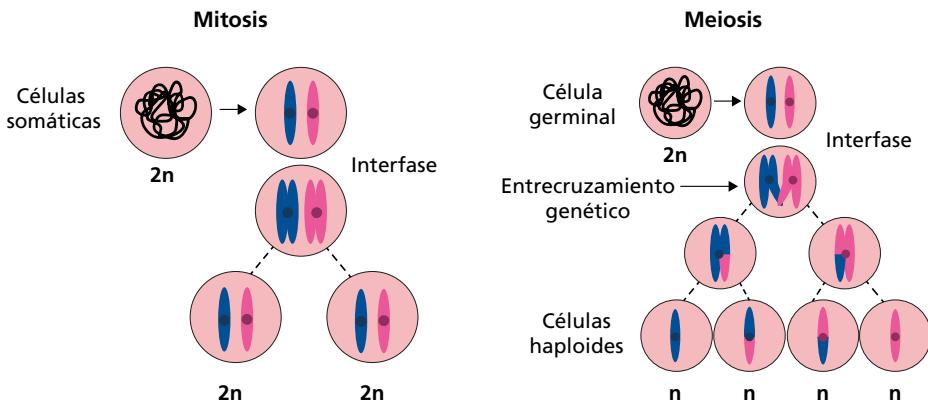


Fig. 1.3 Modelos generales de mitosis y meiosis

La mitosis constituye el proceso que explica fenómenos vitales como la reproducción asexual de los organismos, el crecimiento del cuerpo a través del incremento del número de células, la cicatrización de las heridas, el re-cambio constante de células viejas por nuevas. En todos estos fenómenos las nuevas células son idénticas a la célula madre.

Aplicación práctica

La tecnología moderna ha aplicado los conocimientos sobre el ciclo celular y la mitosis en el desarrollo de vías de cultivo y propagación *in vitro* de células, tejidos, órganos, así como la clonación de organismos, la realización de trasplantes, y la lucha contra el cáncer, entre otras aplicaciones.

El ciclo celular que involucra la meiosis constituyó un hito evolutivo pues hizo posible el desarrollo de formas de reproducción sexual, lo que propició el incremento de la biodiversidad. El entrecruzamiento entre genes presentes en cromosomas homólogos de origen materno y paterno, incrementó la variabilidad en las poblaciones de estos organismos, lo que provocó un impacto en su evolución.

Aplicación práctica

Los conocimientos acerca del ciclo celular sexual han permitido el desarrollo de métodos de planificación familiar, de procedimientos de control de la ovulación y técnicas de fertilización *in vitro*, con las que se ha propiciado la maternidad a parejas infériles a partir de la reproducción asistida, o se ha logrado rescatar especies en peligro de extinción.

CAPÍTULO 1

El conocimiento de las particularidades del ciclo celular te ha permitido comprender la dinámica de la vida de las células, en la cual se producen constantes procesos que hacen posible su crecimiento y reproducción. La interfase es una etapa de larga duración y alta actividad metabólica que permite la preparación de la célula antes de su división, en la que se sintetizan nuevas moléculas de proteínas y ADN. Esta última molécula —que forma parte de la cromatina— se duplica, y con esto se podrá transmitir la información genética a las células hijas. En la etapa de división el material genético de la cromatina se compacta y se transforma en cromosomas, posibilitando con ello una distribución equitativa a las células hijas.

En la primera división de la meiosis se distribuyen los cromosomas homólogos, y en la segunda las cromátidas hermanas. Como ya conocen, en la mitosis se mantiene constante el número de cromosomas en las células hijas —idéntico al de la célula madre— con lo cual se logra el crecimiento, y la cicatrización de heridas. De manera diferente, en la meiosis se reduce a la mitad el número de cromosomas, lo que permite el mantenimiento del número de cromosomas de cada especie con reproducción sexual.

Es importante que los adolescentes de ambos sexos recuerden que la meiosis culmina en las muchachas con el proceso de ovulación que ocurre durante el ciclo sexual femenino. La aplicación de este conocimiento permite evitar un embarazo no deseado en esta etapa, que pudiera afectar su futuro.

Comprueba lo aprendido

1. Elabora una tabla comparativa entre los estadios del ciclo celular: interfase, mitosis, meiosis. Evidencia los eventos fundamentales que tienen lugar en cada uno, sus resultados, los tipos celulares en que ocurren y su importancia en la naturaleza.
2. Investiga en diferentes fuentes y argumenta mediante ejemplos, la veracidad de la siguiente expresión: “El conocimiento de las bases científicas del ciclo celular puede ayudar al desarrollo de la humanidad”.

1.4 Las plantas y los animales muestran adaptaciones a las diversas condiciones ambientales

Las estrellas de mar se desarrollan en un medio acuático; las podemos encontrar en el lecho marino, en sustratos rocosos o de grava, en las costas

rocosas y debajo de estas (figura 1.4). Su hábitat es en zonas costeras a profundidades de hasta 200 metros tanto en aguas frías como tropicales, con una salinidad de al menos un 0,8 %. Suelen alimentarse de moluscos, aunque también de cadáveres de animales marinos, contribuyendo así al saneamiento de los fondos marinos. La contaminación de las aguas por desechos plásticos y vertimientos de industrias afecta a estos organismos llegando a poner en riesgo el equilibrio ecológico.



Fig. 1.4 Estrella de mar

¿Qué factores del medio ambiente están involucrados en la vida de los organismos?

El medio ambiente fue objeto de estudio sistemático en quinto, séptimo y décimo grados; este ha sido definido de la siguiente manera:

El medio ambiente es un sistema dinámico de factores abióticos, bióticos y socioculturales, con los cuales interactúan los organismos vivos.

En décimo grado conociste que el medio ambiente está integrado por diferentes componentes que interactúan entre sí de manera dinámica: el medio, el sustrato, los seres vivos y los elementos culturales o creaciones humanas. Aprendiste también que los organismos viven en determinados hábitats en los que desarrollan su nicho o función ecológica.

Dentro de los factores ambientales que inciden en la vida de los organismos se encuentran los factores abióticos y los bióticos; los primeros

CAPÍTULO 1

pueden ser de carácter físico (iluminación, temperatura, presión, viento, características del suelo, entre otros) o químico (humedad, pH, concentración de dioxígeno y dióxido de carbono, salinidad, nutrientes, etcétera); entre los factores bióticos tenemos la flora, la fauna y los microorganismos.

Los factores socioculturales —que también influyen en la vida de los organismos— están integrados por los conocimientos científicos, los mitos, las creencias, las innovaciones tecnológicas, los elementos socioeconómicos, las diferentes instituciones y organizaciones político-administrativas, la **memoria** histórica, los principios éticos, las ideas estéticas, las creaciones artísticas, así como toda la actividad social del hombre que de una manera directa o indirecta influye transformando el medio ambiente.

En el medio ambiente se producen constantemente cambios generados por eventos cósmicos, geológicos, meteorológicos y por la acción de los propios organismos vivos, entre los cuales destacan los provocados por el ser humano —que actualmente han superado al resto—; dichos cambios ambientales repercuten en la vida de los organismos que deben adaptarse o perecer ante ellos, esta es la causa de que muchos organismos mueran e incluso se extingan y desaparezcan de la faz de la Tierra, mientras otros se perpetúan y expanden por todo el planeta.

¿Cómo ha ocurrido la adaptación de los organismos a las más variadas condiciones de vida existentes en el planeta?

El fenómeno de la adaptación es la correspondencia entre las estructuras y las funciones de los seres vivos con un ambiente determinado. Es el resultado del largo proceso evolutivo que hace que los organismos y las especies varíen y en ellos actúe la selección natural, produciendo como resultado una amplia diversidad de organismos adaptados a las nuevas condiciones ambientales, o que otros que no manifiesten las características adaptativas, tengan menos probabilidades de sobrevivir y reproducirse.

A continuación recordaremos algunos ejemplos que evidencian este fenómeno.

Algunos organismos presentan adaptaciones como la utilización de la energía radiante del sol en la fotosíntesis, los movimientos de orientación hacia la luz —conocido como fototropismo— y la presencia de órganos como los ojos, que permiten la transformación de estímulos luminosos en imágenes visuales (figura 1.5). Algunos animales presentan melanóforos de la piel como adaptaciones que protegen de los rayos dañinos.

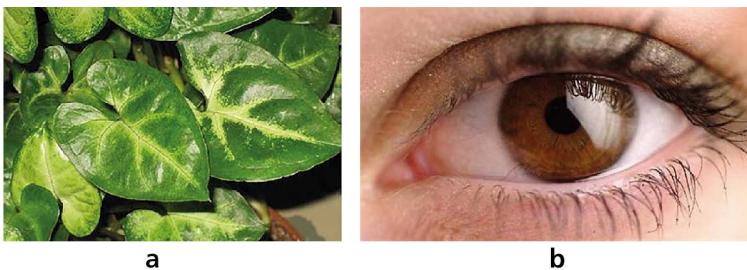


Fig. 1.5 Adaptaciones de los organismos a la luz:
a) hojas de plantas, b) ojo humano

En los grupos de organismos se desarrollaron adaptaciones estructurales, funcionales y conductuales durante la evolución, que les permiten sobrevivir a determinadas temperaturas por debajo de las cuales ocurre la muerte. Por ejemplo: en aves y mamíferos la presencia de abundante agua en las células actúa como termorregulador, estos invierten una gran cantidad de su energía en la conservación de una temperatura constante y óptima, de modo que las reacciones químicas —vitales en su supervivencia— se realicen eficientemente.

Existen organismos como los reptiles que no presentan estos procesos de regulación de la temperatura corporal y deben exponerse al sol cuando necesitan elevar su temperatura, o evitar la radiación en caso contrario (figura 1.6). La resistencia de otros animales a las altas temperaturas ha sido posible mediante adaptaciones como colas, orejas y patas más largas, que permiten disipar mejor el calor.



Fig. 1.6 Adaptación favorecedora de la disipación del calor en el cocodrilo

CAPÍTULO 1

Entre las adaptaciones con que cuentan los organismos ante la disponibilidad de agua se encuentra la inactividad durante la mayor parte del tiempo, presente en las algas que viven en las grietas de las rocas del desierto. Ciertas plantas como los cactus (figura 1.7) y las euforbias poseen un sistema radicular extenso, cutículas impermeables, estomas deprimidos, transpiración limitada, hojas reducidas, espinas y pelos, que les permiten reducir la pérdida de agua por transpiración.



Fig. 1.7 Hojas de cactus, en forma de espinas

El retardo del crecimiento de la salvia y la artemisa, así como el desarrollo en los curujeyes de dispositivos que posibilitan retener agua, también son adaptaciones a la falta de disponibilidad de este elemento.

El agua puede perderse por evaporación desde la superficie corporal en los animales, por lo que estos organismos presentan adaptaciones que les permiten limitar este proceso. Entre estas se observan la impermeabilización mediante cutículas quitinosas, como ocurre en ácaros e insectos; los revestimientos higroscópicos, como la mucosa de caracoles y anfibios; y la presencia de adaptaciones como pelos y plumas, que limitan la turbulencia del aire junto al cuerpo (figura 1.8).



a



b

Fig. 1.8 Adaptaciones al ambiente terrestre: a) insectos con exoesqueleto quitinoso, b) plumas de las aves

Algunos organismos muestran diferentes adaptaciones que les permiten mantener el pH en valores compatibles con la vida, como los amortiguadores, la regulación pulmonar del CO₂, la reabsorción y eliminación renal de bicarbonato, y la excreción de ácidos.

Las tortugas marinas poseen adaptaciones anatómicas y fisiológicas a la vida marina: su forma es hidrodinámica y a diferencia de otras tortugas, su cuello es más corto y su cabeza y extremidades no son retráctiles; las aletas delanteras aplanadas permiten la natación; poseen narinas que se cierran bajo el agua evitando que entre agua en la boca y el sistema respiratorio; en los buceos superficiales la mayor parte del dioxígeno se obtiene mediante los pulmones. La gran cantidad de hemoglobina, de glóbulos rojos en sangre y de mioglobina en músculo, constituyen adaptaciones que les permiten almacenar mucho dioxígeno en el cuerpo, lo que facilita la oxigenación de los tejidos durante el buceo profundo.

Otras adaptaciones que permiten la utilización del dioxígeno de organismos aerobios son las branquias, presentes en los peces que absorben el dioxígeno del agua, las tráqueas de los insectos que lo absorben del aire, los alveolos pulmonares que lo toman del aire inspirado, la molécula de hemoglobina que captura el dioxígeno una vez libre en la sangre, y a nivel celular las mitocondrias, entre otras (figura 1.9).

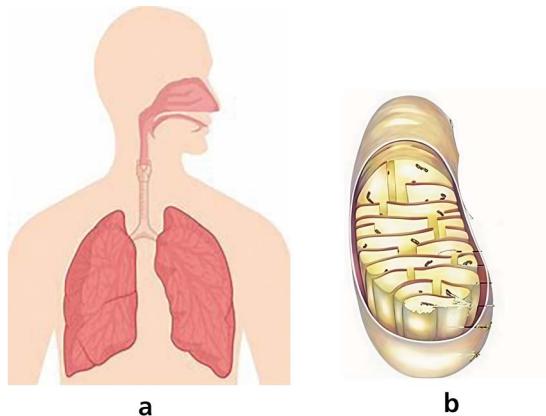


Fig. 1.9 Adaptaciones a la respiración: a) sistema respiratorio humano,
b) mitocondria

Las plantas y los microorganismos autótrofos utilizan el dióxido de carbono en la elaboración de materia orgánica. Esto se realiza mediante dos tipos de procesos metabólicos: la fotosíntesis y la quimiosíntesis. Entre

CAPÍTULO 1

las adaptaciones que permiten a estos organismos la utilización de dicha molécula se encuentran los cloroplastos, los tejidos parenquimatosos, los vasos conductores, las hojas, y los estomas, entre otras. Las plantas terrestres desarrollaron adaptaciones relacionadas con su nutrición autótrofa, como los pelos absorbentes, que les permiten tomar el agua y los minerales necesarios.

Ciertas adaptaciones desarrolladas en los animales de nutrición heterótrofa (cilios, flagelos, tentáculos, sistemas digestivos, vacuolas fagocíticas y digestivas, proteínas transportadoras de la membrana citoplasmática, etcétera) les permiten la captura, digestión y asimilación de los alimentos.

El equilibrio del medio ambiente en nuestro planeta depende de la interacción armónica entre factores bióticos, abióticos y socioculturales. Estos últimos han adquirido cada vez más preponderancia debido a la repercusión negativa del desarrollo tecnológico.

Las adaptaciones estructurales, funcionales y conductuales de los organismos a las más disímiles condiciones ambientales de las diferentes partes del planeta, son resultado del largo proceso evolutivo. Estas adaptaciones les posibilitan la utilización de los recursos del medio ambiente en función de su mantenimiento y reproducción, lo que ha posibilitado su supervivencia.

Comprueba lo aprendido

1. En cada uno de los ejemplos de organismos siguientes, se presentan características que constituyen adaptaciones a las condiciones ambientales en que habitan. Para cada caso redacta un párrafo donde lo demuestres.
 - cactus de un desierto
 - especies de plantas de un manglar
 - mamíferos de las regiones árticas.
2. Demuestra a través de ejemplos, por qué se plantea que en los momentos actuales diversos factores socioculturales del medio ambiente están provocando cada vez mayor impacto en la vida de los organismos, al punto de amenazar su supervivencia.

CAPÍTULO 2

El desarrollo ontogenético de los organismos vivos

[...] la mente ha de ser bien nutrida, pero se ha de ver de dar, con el desarrollo del cuerpo, buena casa a la mente.²

Al iniciar el estudio de la Biología 6 conociste cómo el cambio climático ha afectado el ciclo de desove de las tortugas marinas. Una vez que las tortugas adultas dejan enterrados sus nidos en la playa (figura 2.1) se corre el riesgo de que las crías no nazcan, tanto por la presencia de animales depredadores como por actividades humanas como el robo de los huevos para su comercialización. Los que se mantienen a salvo eclosionan en determinado momento y se inicia el viaje de las pequeñas tortuguitas hacia el mar, donde comienzan a ganar peso y tamaño, pero pueden ser presas de cientos de animales marinos.



Fig. 2.1 Estudio del desove de una tortuga marina

² J. Martí: *Obras completas*, t. 9, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 1975, p. 463.

CAPÍTULO 2

¿Qué necesitamos conocer de las características de estas especies para que nuestras acciones de conservación sean efectivas y evitemos su extinción y la de otras especies?

No es suficiente conocer sus características morfofisiológicas, adaptaciones, modos de alimentación y cómo se relacionan con otros componentes de los ecosistemas. Cualquier acción que se quiera emprender para proteger y conservar alguna especie, debe tomar en cuenta también cómo ocurre su desarrollo desde el momento de la fecundación hasta que se alcanza la adultez.

En este capítulo te invitamos a explicar las causas del proceso de desarrollo **ontogenético** desde el nivel celular hasta el nivel de organismo, con lo que podrás responder algunas preguntas que seguramente te has hecho en algún momento.



Reflexiona

¿Cómo es posible que a partir de una célula se desarrolle un organismo completo con diferenciación estructural y funcional?

¿Cuál es la relación entre la información genética que se encuentra en cada célula y la complejidad fenotípica que resulta de los procesos de desarrollo?

¿Qué aplicaciones tienen estos conocimientos en la solución de problemas relacionados con el mantenimiento de la salud y la conservación de la biodiversidad?

A todas estas interrogantes les daremos respuesta durante el desarrollo de este capítulo, en el que profundizaremos en el desarrollo ontogenético como una característica esencial de la vida.

Los organismos coexisten en la naturaleza con lo **no vivo**, y a pesar de su diversidad, presentan un conjunto de características que los diferencian de los objetos inanimados.

Estas características que solo poseen los organismos vivos —entre las que se encuentra la propiedad de crecer y desarrollarse— hace posible diferenciar una lagartija del género *Anolis*, de la piedra donde está situada (figura 2.2). En ocasiones los objetos inanimados aparentemente crecen, como ocurre con una estalactita que se forma por la acumulación de los

depósitos minerales transportados por el agua filtrada en una cueva, sin embargo, a esto no se le considera una propiedad de la vida, ya que el desarrollo implica desde el punto de vista biológico el aumento en número y tamaño de las células que provoca cambios en la estructura y las dimensiones corporales, y anatómicamente se manifiesta por el incremento en la talla. Los cambios son también funcionales y de comportamiento, pues los tejidos, órganos y sistemas de órganos se diferencian progresivamente, adquieren y perfeccionan sus funciones, y dan respuestas ante las variaciones del ambiente, en dependencia del nivel de complejidad alcanzado por el organismo.



Fig. 2.2 *Anolis guafe*

El desarrollo ontogenético es el conjunto de transformaciones que ocurren en los organismos durante toda su vida hasta su muerte, como expresión de la interacción de la información genética heredada con los factores del medio ambiente.

El desarrollo ontogenético permite que las células se especialicen y se estructuren en un organismo complejo, su estudio abarca uno de los problemas científicos más fascinantes y difíciles de la biología actual.

La ciencia que estudia este proceso se llama Biología del desarrollo e investiga la progresión de todos los estados vitales hasta la muerte. Sus principales problemas de estudio son: la regulación genética del crecimiento celular y la diferenciación celular, el proceso de morfogénesis, y el crecimiento por diferentes etapas de la vida, incluyendo el envejecimiento y la muerte; por lo que para comprender el desarrollo ontogénico debemos conocer los procesos que se manifiestan desde el nivel celular hasta el de organismo, tomando en cuenta las interacciones con el medio ambiente que determinan la expresión de las características genéticas en el fenotipo de cada organismo a lo largo de la vida.

2.1 El desarrollo ontogenético es resultado de la interacción de factores genéticos y ambientales

Se conoce que el consumo de alcohol durante el embarazo afecta gravemente el desarrollo embrionario y fetal por ser causa de abortos y hemorragias; también provoca el llamado feto alcohólico, con un notable subdesarrollo del peso y la talla al nacer, anomalías craneales graves y deficiencias cardíacas valvulares y vasculares. Su fenotipo se caracteriza por separación marcada entre las fosas nasales y el labio superior, y retardo mental notable. Las afectaciones en el desarrollo del sistema nervioso también se manifiestan en alteraciones del temperamento que predisponen hacia conductas antisociales y **adicciones**.



Reflexiona

- ¿Cómo explicar esta situación?
- ¿Cómo se interrelacionan las influencias genéticas y ambientales durante el desarrollo ontogenético?
- ¿Cómo evitar defectos del desarrollo durante el embarazo?
- ¿Cómo aplicar las respuestas a estas preguntas en el mantenimiento de nuestra salud y en otras esferas de la vida?

Para responder estas preguntas es importante que conozcas que existen dos grandes grupos de factores reguladores del desarrollo ontogenético: los endógenos y exógenos. Dentro de estos factores podemos encontrar un conjunto de elementos que participan en la expresión de la información genética del organismo —desde los genes hasta los procesos de regulación del funcionamiento del organismo— en respuesta a las variaciones del medio ambiente.

Los genes son considerados factores endógenos que se expresan en el fenotipo del ser vivo en diferentes momentos de los estadios de desarrollo; a pesar de la progresiva diferenciación que presentan las células, todas presentan la misma información genética. Como los genes determinan la síntesis de proteínas, muchos de ellos se activan o inactivan durante el desarrollo ontogenético mediante mecanismos de regulación genética en los que intervienen tanto factores endógenos como exógenos. Ya conoces que la regulación de la expresión de los genes depende de los tipos y la

cantidad de ARNm que se transcriben, la rapidez con que se produce su traducción y la actividad de la proteína producida. El medio ambiente ejerce una gran influencia en este proceso de regulación.



Recuerda que ...

La epigenética es el estudio de cambios heredables en la función génica, que se producen sin un cambio en la secuencia del ADN, lo que permite explicar cómo el medio ambiente influye en el funcionamiento y la expresión de los genes en un organismo. Los mecanismos epigenéticos que actúan regulando la transcripción lo hacen a tres niveles diferentes: de genes, de cromatina o de ARNm.

El proceso de transformación que ocurre desde el huevo o cigoto —que es una célula totipotente— hasta la formación del conjunto de células especializadas diferentes en el organismo, tiene una regulación fundamentalmente epigenética. De manera que los factores epigenéticos que regulan la actividad de los genes son ciertas moléculas que se unen al ADN y a las proteínas de la cromatina y los cromosomas, ejerciendo su acción reguladora por inhibición o por estimulación.

Algunas de estas moléculas son factores endógenos del desarrollo ontogenético, como las hormonas, las neurohormonas, los factores de crecimiento, las moléculas señales y otros productos metabólicos. A su vez, la síntesis de estas moléculas está determinada genéticamente, ya sea porque son proteínas, o por los mecanismos de regulación enzimática.

Las hormonas tienen un papel relevante sobre el control del crecimiento y el desarrollo; un ejemplo en la especie humana y otros mamíferos es la hormona de crecimiento (GH, del inglés *growth hormone*) o somatotropa, que como ya conoces es producida por el lóbulo anterior de la hipófisis y no solo estimula el aumento de la talla, interviene además en el metabolismo de proteínas, hidratos de carbono, lípidos y minerales; en el metabolismo celular, y en el crecimiento de órganos. Existen neurohormonas producidas por el hipotálamo, que a su vez estimulan o inhiben la producción de GH. De todo lo anterior se deduce que cualquier trastorno en el hipotálamo o la hipófisis que altere la producción de la GH, puede provocar trastornos en el desarrollo: si es por defecto, el enanismo o la baja talla y si es por exceso, el gigantismo o acromegalia.

CAPÍTULO 2

Has estudiado también que las hormonas tiroideas estimulan el crecimiento fetal y posnatal al asegurar el metabolismo energético celular. El hipotiroidismo en el recién nacido, suele conllevar a severos daños en el desarrollo de su sistema nervioso.

Las concentraciones de andrógenos y estrógenos maternos tienen una alta influencia en la formación de los genitales en determinado periodo del desarrollo fetal; luego los cambios en las concentraciones de estas hormonas influyen en la aparición de los caracteres sexuales secundarios y en los ciclos sexuales, según la especie.

Aplicación práctica

La insulina ejerce una acción importante y precoz sobre el control del crecimiento porque estimula el transporte de la glucosa a cada célula. En los recién nacidos de madres diabéticas, la hiperglicemia materna y la hipertrofia pancreática fetal se correlacionan estrechamente con el peso del feto. Por otra parte, los niños con diabetes mellitus insulinodependiente sin un adecuado control metabólico, tendrán afectaciones en su crecimiento y desarrollo; de ahí que este sea uno de los parámetros que se tienen en cuenta para evaluar el control metabólico en estos niños.

Esto explica la importancia que el Programa Materno Infantil da a una correcta alimentación y al control del peso y la glicemia en embarazadas y recién nacidos.

Entre los factores específicos de crecimiento se encuentran las somatomedinas, sustancias sintetizadas en el hígado, músculos y riñones, que se consideran factores específicos del crecimiento porque actúan directamente en cartílagos, fibroblastos y músculos, regulando el incremento del tamaño celular y el ritmo de proliferación. Su interés radica no solo en conocer a profundidad sus mecanismos fisiológicos, también su posible uso como procedimientos terapéuticos en niños con desórdenes del crecimiento.

Estos son solo algunos ejemplos que muestran que la interdependencia entre el genotipo y el fenotipo, está mediada por complejas relaciones entre diferentes moléculas y componentes internos que actúan en el metabolismo celular durante el desarrollo de los organismos.

El intercambio con el medio ambiente permite el metabolismo de síntesis y energético, que depende del aporte de nutrientes esenciales en el crecimiento.

Entre los factores exógenos del desarrollo podemos mencionar la nutrición, el estado de salud, el clima, la temperatura y en general todos los factores ambientales de los que depende la vida de un organismo. En el caso de los seres humanos es indispensable incluir los factores psicológicos y socioculturales.

La nutrición es quizás la más relevante dentro de este grupo. Los nutrientes son las moléculas que un organismo requiere incorporar en su metabolismo, de lo que se deduce que los organismos privados de una nutrición adecuada no contarán con un crecimiento y desarrollo normales.



Reflexiona

El desarrollo de los organismos está influenciado por factores del medio ambiente que rodea al embrión o a las larvas, por ejemplo: algunas mariposas heredan la potencialidad de producir alas de distintos colores, según la influencia de la temperatura o la luz sobre la oruga antes de pasar por su metamorfosis; sin embargo, algunos químicos que se encuentran en el medio ambiente pueden interrumpir el desarrollo normal, provocando malformaciones en el adulto.

La elevación de la temperatura producto del cambio climático, afecta la determinación del sexo de las tortugas marinas durante el desarrollo embrionario alterando la proporción de hembras y machos, lo que hace más vulnerables a estas especies.

¿Qué opinas de esta situación? ¿Qué pudiéramos hacer para revertirla?

Las fluctuaciones del clima también inciden en el crecimiento y desarrollo, los cambios de la temperatura y en la duración del día o la noche pueden influir en la regulación de estos procesos: en muchas especies de plantas y animales se observa mayor velocidad de crecimiento en primavera y verano. En países tropicales este fenómeno está ligado con frecuencia a épocas de sequía o lluvia, o a la mayor o menor disponibilidad de alimentos. La presencia de determinados nutrientes en el suelo también puede influir decisivamente en el crecimiento y desarrollo de cualquier planta, particularmente en las de cultivo.

CAPÍTULO 2

Estos son aspectos que debemos considerar y aplicar si queremos lograr una agricultura sostenible en las condiciones actuales.



Recuerda que ...

El crecimiento de las plantas en dirección a la luz solar —conocido como fototropismo positivo— es resultado de la influencia de determinadas **fitohormonas** (auxinas) en el alargamiento de las células, como respuesta a la luz. Este es un ejemplo que nos demuestra la interrelación entre factores endógenos y exógenos en el desarrollo de los organismos (figura 2.3).



Fig. 2.3 Fototropismo positivo en plantas de girasol

El estado de salud también es resultado de la interacción entre factores endógenos y exógenos, que inciden en todos los organismos y reflejan su integridad biótica, así como la relación genotipo-ambiente-fenotipo. Es indispensable considerar estas interrelaciones en la conservación de todas las especies y de la calidad de vida de los seres humanos. La atención médica sistemática, sobre todo de las enfermedades crónicas, la práctica de acciones de prevención en la atención al individuo —incluyendo las inmunizaciones— y otras actividades, favorecen el crecimiento y desarrollo saludables.

Se ha demostrado la importancia de los factores exógenos psicológicos y socioculturales en el desarrollo de los seres humanos; numerosos estudios demuestran que experiencias adversas como el estrés, el abuso, la negligencia y otros eventos traumáticos en la infancia temprana, están relacionadas con el desarrollo de algunos desórdenes mentales, incluyendo la esquizofrenia. Por el contrario, ambientes familiares y sociales positivos, favorecen un adecuado crecimiento y desarrollo. Para comprender la interacción entre los genes y el medio ambiente en el desarrollo ontogenético

humano en particular, deben tenerse en cuenta los efectos epigenéticos de factores psicosociales, e interpretar el desarrollo humano como resultado de la interacción entre lo biótico, lo psíquico, lo social y lo cultural.

Aplicación práctica

Los mecanismos epigenéticos explican cómo es posible que el medio ambiente pueda modificar las funciones neurales y psíquicas, por ejemplo: en las personas alcohólicas existe un déficit de las vitaminas que aportan grupos metilo, como consecuencia su ADN se encuentra hipometilado y por esta razón son más proclives a padecer enfermedades como el cáncer. En la actualidad se sabe que el hecho de que un padre sea alcohólico puede repercutir en el desarrollo ontogenético de su descendencia, pues es posible que los efectos epigenéticos se transmitan a las siguientes generaciones.

Durante el desarrollo de un organismo, sus genes interactúan con el ambiente y esa interacción es lo que determina el conjunto de características estructurales, funcionales y conductuales que conforman su fenotipo; desafortunadamente no todas las personas valoran la importancia que tiene este conocimiento en diferentes esferas de la vida. Tener hijos sanos, ser saludables, llegar a la edad adulta y envejecer con calidad de vida, lograr buenos resultados productivos en la agricultura o la ganadería, son entre muchos otros, problemas y aspiraciones de nuestra vida que dependen en gran medida de la interacción entre los factores genéticos y ambientales durante el desarrollo de los seres humanos y de cualquier otro organismo.



Recuerda que ...

Existen organismos con reproducción asexual, sexual, o con ambas formas en las diferentes etapas de su vida. De acuerdo con el número de dotaciones cromosómicas, los organismos pueden presentar estadios haploides —cuando tienen una sola dotación cromosómica (n)— o diploides cuando tienen dos dotaciones ($2n$). Estos estadios y su duración dependen del momento en que ocurren los procesos de división celular por mitosis o meiosis, pues en la mitosis se mantiene el número de cromosomas en las células hijas y en la meiosis se reduce a la mitad.

CAPÍTULO 2

Teniendo en cuenta lo antes planteado y partiendo de la extraordinaria biodiversidad que existe entre los organismos vivos, es evidente que el desarrollo ontogenético no es análogo en los diferentes grupos de organismos; la diversidad de formas de desarrollo depende de cómo se reproducen, así como de las adaptaciones al medio ambiente y la complejidad alcanzada a lo largo del proceso evolutivo.

Todo organismo durante su desarrollo ontogenético pasa por una secuencia de procesos y eventos que se llama ciclo de vida.

A veces estas fases no son regulares y dependen de las condiciones ambientales, pero generalmente están sincronizadas con las variaciones del medio ambiente, como ocurre con los cambios estacionales o la alternancia de sequía y humedad.

De manera general se pueden establecer tres tipos de ciclos de vida de los organismos: haplóntico, haplodiplántico y diplántico. Esta clasificación se establece en dependencia de la presencia de estadios haploides o diploides durante el desarrollo de los organismos, que a su vez dependen de los momentos en que ocurren los procesos de fecundación, mitosis y meiosis y del tipo de reproducción de los organismos.



Recuerda que ...

Cada especie tiene un número característico de cromosomas. En cada ciclo de vida de los organismos con reproducción sexual, la reducción del número cromosómico que ocurre durante la meiosis se compensa durante la fecundación.

En el ciclo de vida haplántico el organismo adulto es haploide y puede reproducirse de forma asexual. En formas sexuales de reproducción, los individuos haploides producen gametos por mitosis, que luego de una fecundación dan lugar a un cigoto como fase diploide. En el cigoto diploide ocurre la meiosis, dando origen a individuos haploides que pueden reproducirse asexualmente por mitosis (figura 2.4). Entre los organismos que presentan este ciclo de vida podemos encontrar a la mayoría de los hongos y muchos protistas.

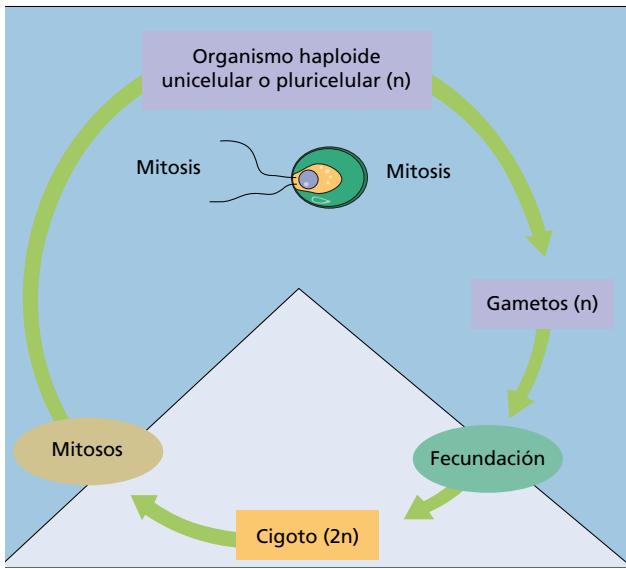


Fig. 2.4 Ciclo de vida haplontico

El ciclo de vida haplodiplántico se caracteriza por la alternancia de las generaciones haploide y diploide. La meiosis ocurre en la formación de esporas haploides que al germinar dan origen a un adulto haploide. Estos adultos producen gametos por mitosis que, al fecundarse, dan origen a otro adulto diploide que es el que produce las esporas por meiosis (figura 2.5). Este tipo de ciclo es común en plantas, musgos, helechos y algunos hongos.

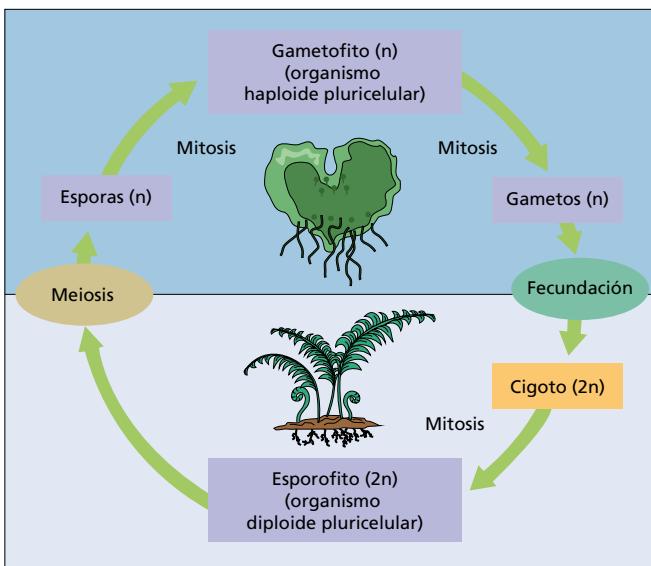


Fig. 2.5 Ciclo de vida haplodiplántico

CAPÍTULO 2

En las plantas, al individuo haploide pluricelular se le llama gametofito y al diploide esporofito. Cuando el gametofito o el esporofito son observables a simple vista —como pasa en musgos y helechos— se dice que la alternancia de generaciones es evidente. En las plantas con semilla la fase diploide pluricelular es la planta que observamos a simple vista. Los gametofitos femenino y masculino están situados dentro de órganos especializados en la reproducción: los conos de las gimnospermas y las flores de las angiospermas.

El ciclo de vida diplántico se manifiesta en los animales y se caracteriza por el organismo diploide cuyas células se dividen por mitosis durante su desarrollo. La meiosis tiene lugar durante la formación de los gametos, que se unen y como resultado de la fecundación dan origen a un cigoto diploide, con lo que se reinicia este ciclo (figura 2.6).

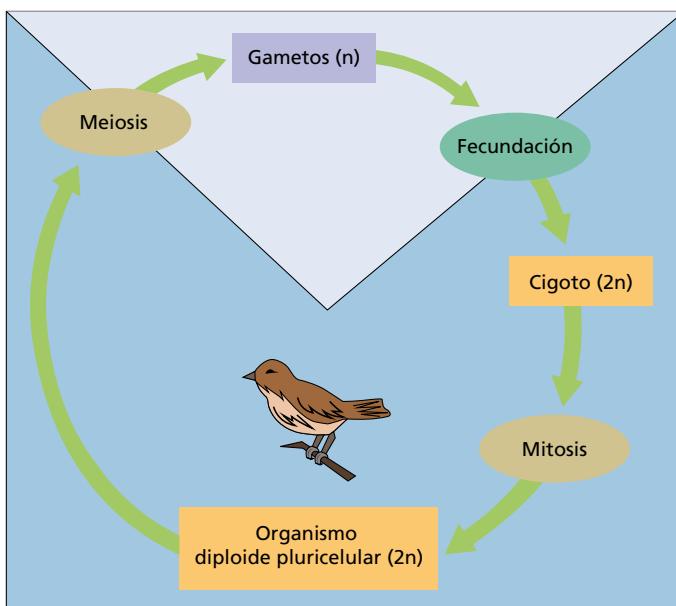


Fig. 2.6 Ciclo de vida diplántico

Después de la formación de un cigoto el desarrollo continúa con la embriogénesis, el nacimiento y el crecimiento. Mediante estos procesos el organismo llega a la etapa adulta en la que puede reproducirse, iniciándose un nuevo ciclo, envejece y muere.

Como puedes deducir del estudio de los ciclos de vida, la diversidad que se manifiesta durante el desarrollo de los organismos es muy amplia. Sin

embargo, también se manifiesta unidad en los ciclos de organismos con reproducción sexual, en que ocurren procesos como la división celular por mitosis o meiosis, y la fecundación.

El desarrollo ontogenético es una característica esencial de la vida y es el resultado de la interacción del genotipo con el medio ambiente; esa interacción determina el conjunto de características morfológicas, fisiológicas y comportamentales que conforman el fenotipo.

Existen factores endógenos y exógenos que participan en esta interacción, regulada tanto genética como epigenéticamente. Este conocimiento es de gran importancia en muchas esferas de la vida: en el mantenimiento de la salud, el desarrollo de técnicas agrícolas y ganaderas sostenibles, y en la protección, conservación y **uso sostenible** de la diversidad biológica.

El desarrollo en los organismos pluricelulares es también el proceso por el cual una sola célula se convierte en un organismo compuesto por una infinidad de células con diferentes funciones. Estas células pueden estar organizadas en tejidos y órganos funcionales de cuerpos adultos o juveniles. En la base de todos estos procesos se encuentran las transformaciones que ocurren a nivel celular, que estudiaremos en el próximo epígrafe.

Comprueba lo aprendido

1. Fundamenta la siguiente afirmación: “el desarrollo ontogenético es una característica esencial de la vida”.
2. Argumenta por qué es indispensable el estudio del desarrollo ontogenético para proyectar acciones encaminadas a la conservación de las tortugas marinas.
3. Argumenta la siguiente afirmación: “el desarrollo de los organismos es el resultado de la interacción entre el genotipo y el medio ambiente”.
4. Algunas personas piensan que el consumo de alcohol por los padres no afectará a sus futuros hijos. ¿Qué opinas de ese criterio? Explica tu respuesta.
5. Resume las características esenciales de cada ciclo de vida y pon ejemplos en cada caso.
6. Ejemplifica la importancia del estudio del desarrollo ontogenético en la solución de problemas relacionados con el mantenimiento de la salud y la conservación de la biodiversidad.

2.2 El desarrollo ontogenético se manifiesta en los procesos del ciclo celular

En la inmensa mayoría de los organismos pluricelulares los diferentes tipos celulares derivan de una sola célula inicial o cigoto, resultante de la fecundación. En mamíferos, al quinto día después de la formación del cigoto se desarrolla un blastocisto, cuya masa celular interna está formada por células madre, llamadas así porque poseen la capacidad de dividirse y diferenciarse en células especializadas, como las musculares del corazón, los glóbulos rojos, las células epiteliales o las neuronas (figura 2.7).

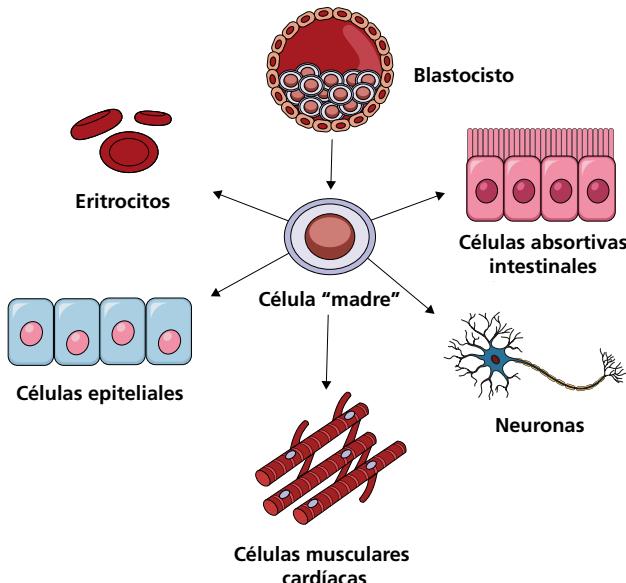


Fig. 2.7 Formación de células especializadas a partir de las células madre

El uso de las células madre humanas en la práctica médica ha abierto posibilidades terapéuticas impensadas hasta hace unos pocos años. El debate actual sobre el uso de embriones humanos para la obtención de estas células impone importantes cuestionamientos bioéticos a las investigaciones.

Reflexiona

- ¿Qué importancia y aplicaciones tiene el estudio de las células madre en la comprensión del desarrollo ontogenético?

- ¿Por qué si todas las células que resultan del desarrollo de un cigoto tienen la misma información genética, expresan diferentes características?
- ¿Es correcto el uso de embriones humanos en las investigaciones con células madre?
- ¿Qué importancia y aplicaciones tiene el estudio de las células madre en la comprensión del desarrollo ontogenético?

Los científicos no pudieron encontrar explicaciones fundamentadas a los complejos procesos del desarrollo ontogenético hasta que se elaboró la Teoría celular, de manera que las respuestas a estas preguntas están estrechamente relacionadas con el estudio del desarrollo ontogenético a nivel celular.

2.2.1 ¿Qué relación existe entre el ciclo celular y los procesos de diferenciación y especialización celular que ocurren en el desarrollo ontogenético?

Como ya sabes, las células contienen la información genética que se transmite de una célula a otra, al dividirse y originar células hijas. Toda célula pasa por un ciclo de vida en la que nace, se desarrolla, se divide, da origen a nuevas células, y muere; a este ciclo se le denomina ciclo celular.

El ciclo celular es un conjunto ordenado de sucesos que conducen al crecimiento de la célula y su división en dos células hijas; se inicia en el instante en que aparece una nueva célula descendiente de otra que se divide, y termina en el momento en que dicha célula, por división subsiguiente, origina nuevas células hijas.

El ciclo celular es una manifestación del desarrollo celular y en este ocurren los procesos de interfase, división celular y citocinesis, los que ya has estudiado en grados anteriores. La división celular, ya sea por mitosis o meiosis, está estrechamente relacionada con los procesos de desarrollo, crecimiento y reproducción de todos los organismos vivos.

La mitosis es la base de las formas de reproducción asexual de los organismos y del aumento del número de células en organismos pluricelulares y por tanto, de los procesos de crecimiento y regeneración.



Recuerda que ...

Con la meiosis se reduce a la mitad el número de cromosomas, lo que posibilita compensar el efecto de la fecundación en organismos con reproducción sexual.

Los organismos pluricelulares se caracterizan por poseer especialización celular en diferentes funciones, llegando a alcanzar diferentes grados de complejidad. Por ejemplo, el cuerpo humano —como el de la mayoría de los vertebrados— contiene más de 200 tipos celulares reconocibles. Estas células interactúan entre sí conformando tejidos, órganos y sistemas de órganos como la piel, el corazón, o el sistema nervioso, que se especializan en determinadas funciones. Sin embargo, es un hecho que las diferentes células que forman a un organismo pluricelular provienen de un mismo óvulo fecundado. Durante el desarrollo, las células embrionarias que se derivan por mitosis del óvulo fecundado se especializan en una función específica; esto conduce a la formación de células especializadas, diversos tipos de tejidos y órganos (figura 2.8).

Al hacer una comparación más profunda entre las células especializadas, sorprende comprobar las diferencias estructurales y de composición molecular. Aunque los núcleos de todas las células adultas diferenciadas de un individuo sean genéticamente idénticos entre sí y al núcleo del óvulo fecundado del cual descienden, cada tipo de célula diferenciada produce un conjunto específico de proteínas que hacen posible su funcionamiento.



Recuerda que ...

Las características fenotípicas de los organismos, son el resultado de la expresión diferenciada de los genes que ocurre durante la síntesis de proteínas, y dependen de la interacción entre el genotipo y el ambiente durante su desarrollo.

Todas las células somáticas de un organismo adulto tienen los mismos genes. Durante el desarrollo ontogenético, las células se van dividiendo por mitosis y diferenciando por grupos o linajes celulares establecidos en el momento de la formación del embrión. En este proceso se expresan los conjuntos de genes que determinan las características conque las células se especializan en una función, otros se inhiben. Así se va formando la

diversidad de tejidos, órganos y sistemas de órganos de acuerdo con la complejidad del organismo.

La diferenciación celular es el proceso por el cual las células de un linaje celular concreto, conforman la estructura y las funciones de un tipo celular específico, mediante modificaciones en la expresión de sus genes.

Durante el desarrollo embrionario las células se van diversificando, y se diferencian unas de otras y de sus precursoras. Una célula diferenciada es aquella que reúne las características propias o específicas de los tipos celulares hallados en el organismo adulto.

Como cualquier proceso celular, la diferenciación se debe a procesos metabólicos que tienen lugar en la célula y es promovida por complejas cascadas de señalización que se producen bajo regulación epigenética, de tal manera que a nivel de genoma está controlada por procesos de regulación genética, influenciados por factores ambientales como la transcripción, traducción o biosíntesis de proteínas. Este proceso de regulación génica del desarrollo se conoce como expresión génica diferencial.

Se conoce que un pequeño porcentaje del genoma se expresa durante la diferenciación en cada célula, y que una porción del ARN sintetizado en cada célula es específica de su tipo. Por lo tanto, gran parte de la regulación del desarrollo ocurre a nivel de la transcripción, mediante mecanismos moleculares de activación o represión de determinados genes.

La diferenciación celular está regulada también por las interacciones entre células de las diferentes capas que se forman durante el desarrollo embrionario: ectodermo, mesodermo y endodermo. En este proceso intervienen sustancias que funcionan como señales —reconocidas por los receptores de membranas— que desencadenan cascadas de transformaciones relacionadas con la diferenciación celular.

¿Sabías que...?

Existen sustancias denominadas morfógenos, que generalmente son proteínas cuya función es influir en el destino de las células durante la diferenciación. Están relacionadas con los procesos de señalización que regulan la expresión de unos u otros genes mediante los procesos de regulación genética.

CAPÍTULO 2

La diferenciación celular es esencial en el proceso de desarrollo ontogenético. Por ejemplo, cuando una célula (como la célula hepática) se vuelve estructural y funcionalmente reconocible, su patrón de actividad génica difiere del de una célula nerviosa, o de cualquier otro tipo celular.

Cualquier célula que presente la propiedad de diferenciación —a la que se denomina célula madre— puede proceder del embrión o del organismo adulto, de ahí que se hable de células madre embrionarias o células madre adultas. Las primeras están presentes en el embrión y son las responsables de generar los diferentes tipos celulares presentes en el organismo adulto. A lo largo del desarrollo embrionario existe una gradación en cuanto a la posible potencialidad de que estas células madres generen tipos celulares, que va de la totipotencia, la pluripotencia en diverso grado, hasta la unipotencia.



Saber más

En los mamíferos solo son **totipotentes** las células embrionarias iniciales, mientras que en las plantas y hongos, muchas células lo son. Las células del blastocisto son pluripotentes porque tienen la posibilidad de diferenciarse en cualquier tipo celular.

En los tejidos adultos es posible encontrar células madre multipotentes. Las más conocidas son las hematopoyéticas, encargadas de originar diariamente en el organismo tipos celulares diferentes, como los glóbulos rojos, los leucocitos o las plaquetas. También existen células unipotentes que solo dan origen a un tipo celular, por ejemplo las células madre musculares. Se han encontrado células madre adultas en el cerebro humano, la retina, el corazón, la pulpa dental, los intestinos y en otros sitios. Su empleo para el tratamiento de distintas afecciones humanas ha abierto posibilidades terapéuticas impensadas hasta hace unos pocos años.

Como el desarrollo de una célula se determina a lo largo de una vía de diferenciación específica, es posible que su aspecto físico no cambie significativamente; pero cuando se completa una fase dada de determinación, los cambios en las células suelen autoperpetuarse y no se revierten con facilidad.

Aplicación práctica

Las investigaciones con células madre y la manipulación genética constituyen dos pilares básicos de la medicina, pues han abierto las puertas al desarrollo de la medicina regenerativa. Se prevén posibles curas de quemaduras y lesiones de la espina dorsal, así como nuevos tratamientos de enfermedades como el Parkinson, la diabetes, cardiopatías, esclerosis múltiple, etcétera.

También existen fuentes alternativas como el empleo de células madre adultas y de tecnologías para recuperar la potencialidad de determinados grupos celulares de diferenciarse. Los últimos avances científicos están consiguiendo inducir células animales o humanas diferenciadas a ser totipotentes.

Toda célula que se produce por división celular tiene un período de vida generalmente determinado por las propiedades y funciones que adquieren durante la diferenciación celular. Por ejemplo algunas células como los eritrocitos y las células de la piel en los humanos, se renuevan con mayor periodicidad que otras.



Reflexiona

Los avances en la utilización de las células madre deberán contribuir a la mejora de la salud y la calidad de vida de las personas, pero no debemos perder de vista los riesgos del desarrollo tecnológico. ¿Es correcto el uso de embriones humanos en estas investigaciones? La respuesta debemos encontrarla en la reflexión bioética sobre la responsabilidad moral de los científicos con la vida. Estas valoraciones deben conducir a la ciencia en la búsqueda de alternativas, que permitan desarrollar la investigación con células madre sin sacrificar vidas humanas o animales.

La aplicación de los principios de prevención y de responsabilidad constituyen obligaciones morales para las instituciones, los científicos y los ciudadanos que tendrán que adoptar las decisiones sobre el desarrollo y la aplicación de estas nuevas tecnologías.

2.2.2 ¿Cómo ocurren el recambio de células, el daño y la muerte en los tejidos?

Las células madre adultas están presentes en los tejidos adultos, cumplen una importante función biológica en el recambio de las células dañadas y por tanto, en la preservación de la integridad y la función del tejido en que se encuentran.

El número de veces que las células de un tejido se han dividido durante el desarrollo ontogenético de un individuo o en el recambio, también influye en la división celular. Se ha comprobado experimentalmente que mientras mayor sea la edad del organismo de donde se toman las células, menor será el número de veces en que estas se dividan en el cultivo. A esta afectación de la propiedad de dividirse, se le denomina senescencia o envejecimiento celular.



Saber más

Se ha observado correlación entre el número de divisiones celulares y el acortamiento progresivo de los extremos de los cromosomas (telómeros) a lo largo de los sucesivos ciclos celulares, por eso su medición es una forma de evaluar el grado de envejecimiento celular. Esto no ocurre en ciertos tipos celulares como las células germinales y algunas células de la sangre; en estas siempre se encuentra activa una enzima llamada telomerasa, que agrega continuamente ADN a los extremos de los cromosomas, evitando su acortamiento.

Entre las causas del daño celular se encuentran factores bióticos y ambientales. Entre estos últimos podemos citar en primer lugar, el consumo de tabaco, alcohol y otras **drogas**, los contaminantes químicos, las radiaciones ultravioletas, y el consumo de alimentos productores de los radicales libres que se forman como subproductos del metabolismo, entre otros factores que provocan envejecimiento celular.

En el desarrollo y mantenimiento de la estructura de los organismos pluricelulares no solo se requiere del aumento numérico de células somáticas por división celular, también de la renovación de las dañadas, por células nuevas, es decir el recambio.

Aunque los procesos de división celular forman parte de un ciclo, esto no significa que las células no mueran. La muerte celular ocurre cuando cesan las funciones metabólicas celulares: como resultado de un proceso de recambio —proceso natural causado por programación genética, en el que las células nuevas reemplazan a las que mueren—, causada por alguna afectación en su interacción con el medio ambiente (falta de nutrientes, de dioxígeno, presencia de sustancias tóxicas, enfermedad o una lesión localizada), o por la muerte del organismo del cual las células forman parte.

La muerte celular debe comprenderse como un proceso inherente a la vida y al ciclo celular, que permite la renovación de tejidos en organismos pluricelulares que está muy vinculado a cambios metabólicos en los que predominan los procesos catabólicos sobre los anabólicos. Puede ser ocasionada por factores intra o extracelulares que desencadenan la pérdida de su integridad biótica.

Las células mueren por dos procesos conocidos: necrosis y apoptosis. La necrosis es una muerte patológica en la que ocurre un colapso de la homeostasis, es decir del equilibrio del medio interno de la célula, y como consecuencia se produce la lisis celular. Cuando una célula muere por daño o envenenamiento, se hincha y explota derramando su contenido en el **medio interno**. Esto atrae a los leucocitos y lesiona el tejido normal circundante, desencadenando procesos inflamatorios en organismos pluricelulares (figura 2.8 a). La apoptosis es un mecanismo de muerte celular programado genéticamente, en esta se desencadenan procesos del “reloj biológico celular” provocando que las células se fragmenten y sean ingeridas por las células adyacentes sin reacciones inflamatorias. La mayoría de las células degradan proteínas (proteasas) cuya activación produce directa o indirectamente, los cambios celulares que desencadenan su propia autodestrucción. Las células que entran en apoptosis se encogen y se separan de sus vecinas, luego las membranas celulares se ondulan y se forman burbujas en su superficie; la cromatina se condensa y los cromosomas se fragmentan. Finalmente las células se dividen en numerosas vesículas: los cuerpos apoptósicos, que serán engullidos por células vecinas (figura 2.8 b).

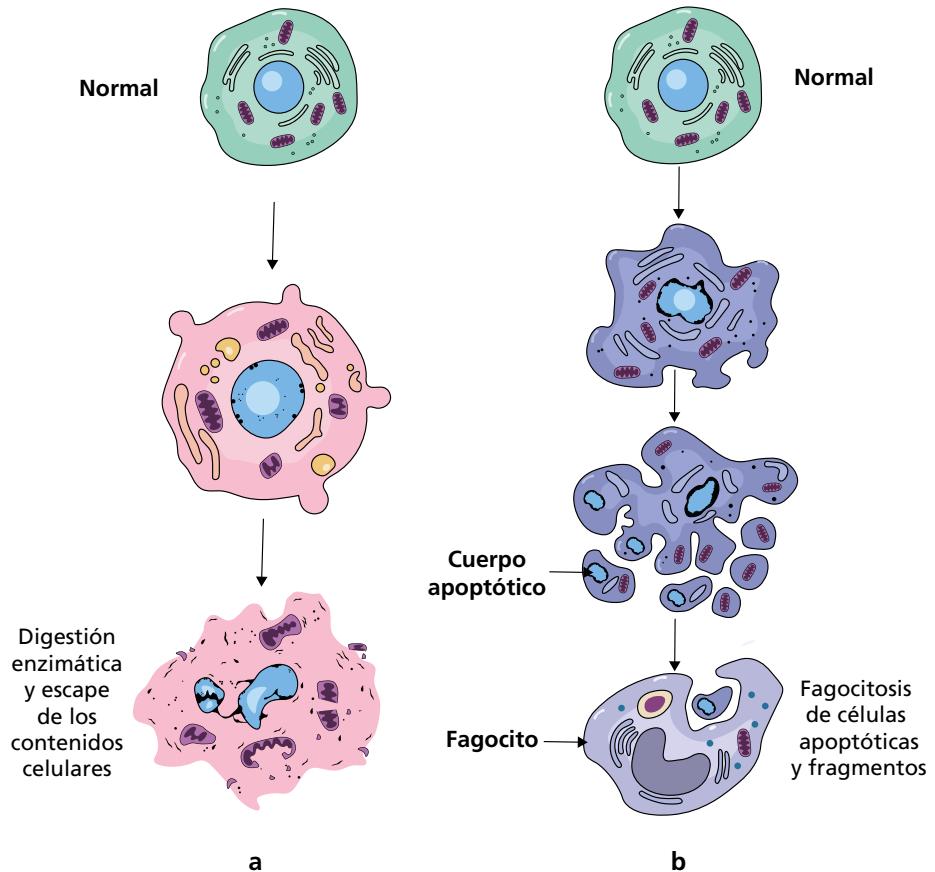


Fig. 2.8 Muerte celular: a) por necrosis, b) por apoptosis

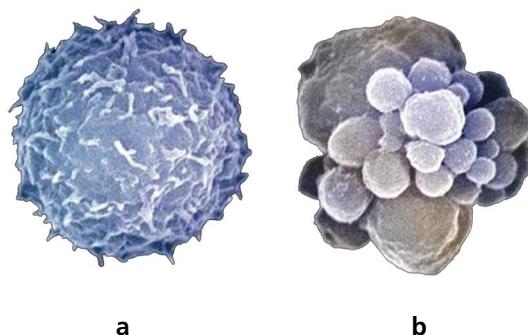


Fig. 2.9 Leucocitos: a) normal, b) en proceso de apoptosis

Las enzimas involucradas en el proceso de apoptosis permanecen inactivas en las células, respondiendo a procesos de autorregulación. Cualquier alteración en estos procesos de control, puede tener consecuencias negativas al generar estados traumáticos, tanto por la pérdida de células normales como por la supervivencia de células que deberían entrar en apoptosis.

En el desarrollo ontogenético de un individuo la muerte celular por apoptosis es tan importante como la división celular, ya que interviene en la formación de todo órgano en desarrollo, eliminando células específicas dañadas, envejecidas o peligrosas. También permite controlar las poblaciones celulares en división, y el recambio de células en tejidos que se renuevan constantemente.

La apoptosis —a diferencia de la necrosis— es un tipo de muerte activa que requiere gasto de energía por parte de la célula, y es un proceso ordenado en el que no se produce inflamación.

A veces una célula escapa a los controles normales de división y muerte celular y comienza a proliferar de modo descontrolado, iniciándose así un crecimiento desmedido con formación de masas celulares denominadas tumores, que pueden dar paso al cáncer.

Mientras las células tumorales quedan restringidas a una masa única, se dice que el tumor es benigno y puede detener su crecimiento, reducirse, o continuar creciendo sin invadir el tejido circundante. En muchas ocasiones es posible removerlo quirúrgicamente y lograr una cura completa. Las células cancerígenas (malignas) en cambio, se caracterizan por su capacidad de emigrar, invadir nuevos tejidos y establecer nuevas colonias (figura 2.10) —a diferencia de las células normales—, este proceso se denomina metástasis. Un tumor con capacidad de metastizar frecuentemente causa la muerte.

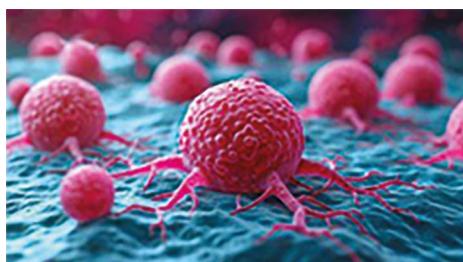


Fig. 2.10 Células cancerígenas

CAPÍTULO 2

La capacidad de proliferar en forma descontrolada está relacionada con la acumulación de ciertos cambios en la célula, resultantes de la interacción entre los genes y el medio ambiente. El cáncer es el resultado de una serie de modificaciones en el material genético, que trae como consecuencia la alteración del desarrollo normal de la célula. Muchos de los factores que ocasionan daño celular son considerados agentes cancerígenos, por ejemplo se conoce que el consumo de tabaco causa aproximadamente el 30 % de cáncer en el mundo.

Aplicación práctica

Según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el cáncer es uno de los principales problemas de salud en el mundo. Los proto-oncogenes son genes que regulan el ciclo celular, unos codifican proteínas que participan en el ciclo (enzimas y precursores de la síntesis de ADN, que son enzimas involucradas en la síntesis de las proteínas del huso mitótico) y otros activan la proliferación celular o son inducidos por factores de crecimiento, que son proteínas señalizadoras estimulantes de la división celular en células blanco específicas.

Cuando ocurren mutaciones en los proto-oncogenes que los transforman en oncogenes, la célula crece y se divide incluso en ausencia del factor de crecimiento. También existen genes codificadores de proteínas que regulan negativamente el ciclo, llamados genes supresores tumorales. El estudio de estos genes tiene importancia cardinal en la búsqueda de las causas del cáncer y de estrategias para su prevención y tratamiento.

Las investigaciones sobre las causas del cáncer son de gran importancia no solo para comprender el desarrollo ontogenético de los organismos, sino por su aplicación tecnocientífica en el logro de terapias contra esta y otras enfermedades. Además, son indispensables en la preparación para el debate sobre las implicaciones bioéticas del empleo de las células madre. Finalmente, su estudio nos permitirá conocer los fundamentos para el desarrollo de estilos de vida saludables basados en una alimentación sana, el rechazo al consumo de drogas y la reducción de sustancias contaminantes, entre otros.

¿Sabías que...?

En nuestro país existe un amplio programa encaminado a prevenir el cáncer y al tratamiento de las personas afectadas. En el Centro de Inmunología Molecular se han desarrollado vacunas cuyo efecto terapéutico ha sido de gran aceptación, esto ha permitido transferir dicha tecnología a otros países como los Estados Unidos.

Comprueba lo aprendido

1. Elabora un esquema lógico de contenidos en el que relaciones los conceptos siguientes: desarrollo ontogenético, ciclo celular, mitosis, meiosis, fecundación, y diferenciación celular.
2. Argumenta la siguiente afirmación: "los procesos epigenéticos pueden integrar señales genómicas y ambientales que permiten controlar el desarrollo de un fenotipo particular, por lo que están íntimamente ligados a la diversidad fenotípica como resultado del desarrollo individual y de la salud".
3. ¿Qué diferencias existen entre la muerte celular por necrosis y por apoptosis?
4. Explica la relación que tiene la muerte celular por apoptosis con el desarrollo ontogenético y el recambio celular.
5. ¿Por qué es crucial comprender la regulación génica en células eucariotas para explicar científicamente el proceso del desarrollo?
6. Explica cómo se manifiesta la relación genotipo-ambiente-fenotipo en el desarrollo, a nivel celular.
7. Investiga sobre los efectos del consumo del tabaco y el alcohol como agentes cancerígenos, en la integridad biótica del organismo.
8. ¿Estás de acuerdo con el uso de embriones humanos en las investigaciones con células madre? Valora las implicaciones bioéticas de esta tecnología y las alternativas que se han desarrollado mediante el uso de células madre adultas.

2.3 El desarrollo embrionario es una etapa fundamental de la ontogénesis

En Cuba se desarrolla el Programa Materno Infantil con cuya aplicación se ofrece seguimiento continuo a la embarazada durante todo el embarazo, y se brinda orientación a ella y su familia sobre estilos de vida y

CAPÍTULO 2

nutrición; también se le miden sistemáticamente muchos parámetros que evalúan su homeostasia: la presión arterial, la glicemia y la concentración de hemoglobina en sangre, entre otros, y se sigue estrictamente el crecimiento y desarrollo fetal mediante el examen físico, ultrasonográfico, y la prueba de alfafetoproteína (figura 2.11).



Fig. 2.11 Embarazo humano



Reflexiona

- ¿Por qué es necesario extremar los cuidados de salud durante el embarazo?
- ¿Qué transformaciones ocurren durante el desarrollo embrionario?
- ¿Cómo se evidencia la relación genotipo-ambiente-fenotipo durante la etapa del desarrollo embrionario?
- ¿El desarrollo embrionario ocurre de la misma manera en plantas, animales y seres humanos?

Las respuestas a estas preguntas tienen gran importancia en la vida. Es obvio que conocer cómo ocurre el desarrollo ontogenético desde la fecundación hasta el nacimiento de una nueva vida, es trascendental en los seres humanos.

Ya conoces de estudios anteriores que en organismos con reproducción sexual, al organismo en desarrollo entre la fecundación y el nacimiento se le denomina embrión, y la ciencia que estudia este proceso es la embriología.

El desarrollo embrionario es el conjunto de transformaciones que ocurren desde la fecundación hasta la formación de un organismo pluricelular; incluye la segmentación, la gastrulación, la formación de las capas

germinales y la morfogénesis, cuya complejidad depende del desarrollo evolutivo alcanzado.

Durante el desarrollo embrionario fenotipo es la expresión de la interacción del genotipo heredado con el medio ambiente en condiciones muy diversas, en dependencia de las adaptaciones desarrolladas durante la evolución.

La diversidad determina, que la tarea de la embriología de encontrar patrones de desarrollo en los diferentes grupos de organismos sea muy compleja. Sin embargo, en muchos casos su estudio ha sido fundamental en la aplicación de estrategias de conservación.

Aplicación práctica

El conocimiento sobre cuáles son los lugares de las playas donde las tortugas marinas cubanas ponen sus huevos, en qué etapa lo hacen, qué temperatura es la más adecuada en su desarrollo, qué tiempo dura el desarrollo embrionario dentro del huevo y cuándo ocurre la eclosión, son algunos de los conocimientos utilizados en la estrategia de conservación de estas especies en la península de Guanahacabibes.

De manera general, cualquier proceso de desarrollo embrionario se basa en la división celular, el crecimiento del organismo, y la diferenciación celular, que permiten la morfogénesis del individuo. Estos procesos se manifiestan en diversos patrones de desarrollo, de acuerdo con el grado de complejidad alcanzado durante la evolución.

El estudio de cómo ocurren estos procesos en plantas y animales, tiene grandes aplicaciones en el desarrollo de una agricultura y una ganadería sostenibles, así como en la conservación de la biodiversidad. En los seres humanos es imprescindible para lograr el desarrollo y nacimiento de bebés sanos.

2.3.1 ¿Cómo se aprovechan en la agricultura los conocimientos científicos sobre el desarrollo de las plantas?

Ya conoces que las plantas se pueden reproducir de manera asexual, sexual, o de ambas formas, en dependencia de las adaptaciones desarrolladas

CAPÍTULO 2

a lo largo del proceso evolutivo, esto se aprovecha para determinar cuáles son los mejores métodos que deben utilizarse en su cultivo.

En la reproducción asexual —como ya estudiaste en onceno grado—, una parte de una planta, por ejemplo un tallo, puede dar origen a una nueva planta con las mismas características hereditarias de su progenitora, mediante la división celular por mitosis. En la agricultura se aplican varios métodos de reproducción asexual, como la siembra de esquejes en el boniato, los bulbos en el ajo y los rizomas en el plátano (figura 2.12).



Fig. 2.12 Corte de bejucos o esquejes de plantas de boniato

Reflexiona

- ¿Serán exactamente iguales todas las plantas que se obtienen?
- ¿Qué ocurre si las condiciones de cultivo cambian por la presencia o carencia de nutrientes en el suelo?
- ¿Cómo influyen las condiciones del medio ambiente en el desarrollo ontogenético de las plantas con reproducción sexual?

El desarrollo ontogenético de las plantas es el proceso de crecimiento y diferenciación celular regulado por la acción de diversas sustancias y otros factores del medio ambiente.



Recuerda que ...

Existen factores que regulan el desarrollo y crecimiento de las plantas —tanto en las que se reproducen asexual como sexualmente— y permiten su respuesta ante las variaciones del medio ambiente. Entre estos factores están las vitaminas, las sales minerales y las fitohormonas. Las investigaciones básicas han establecido la importancia de las fitohormonas en el proceso de desarrollo vegetal, como inductoras de respuestas fisiológicas específicas en las plantas: la inducción de la maduración por el etileno, la caída de las hojas por las auxinas, y el estímulo del crecimiento vegetativo por las citoquininas, entre otras.

Los procesos de crecimiento y diferenciación se alternan durante todas las etapas de vida de la planta desde el desarrollo del embrión, pasando por la etapa juvenil, hasta la planta adulta, en la que continuamente se están diferenciando apéndices como las hojas, las flores y los frutos. De manera que es importante comprender que la embriogénesis es una etapa en el desarrollo de las plantas con reproducción sexual. En lo adelante nos referiremos al desarrollo ontogenético en plantas con semillas, que conoces como gimnospermas y angiospermas.

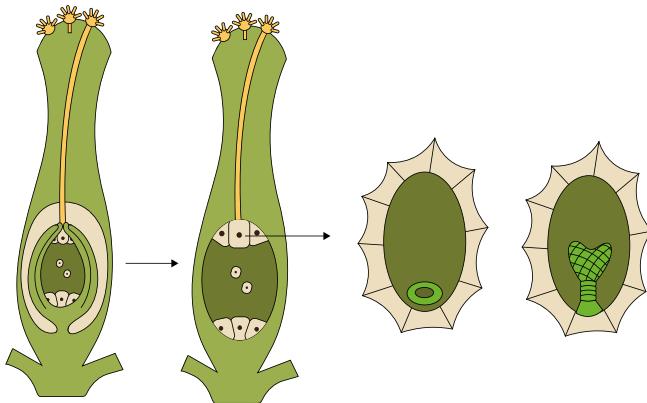
La embriogénesis de las plantas es la etapa del desarrollo que abarca todos los procesos que ocurren justo después de la fecundación hasta la dormancia o aletargamiento del embrión, que se produce dentro de la semilla.

Durante este tiempo se establece el plan corporal de la planta, este es el módulo básico de crecimiento que ha de repetirse durante su desarrollo ontogenético. Estudiaremos la embriogénesis en las plantas con flores, conocidas como angiospermas, aunque esta presenta similitudes con el desarrollo embrionario en gimnospermas, que se caracterizan por tener semillas desnudas.

El desarrollo embrionario en las angiospermas comienza con la formación de los gametos que después participan en la fecundación. Recuerda que al producirse la polinización, el polen germina y produce un núcleo espermático; este llega mediante el tubo polínico hasta el ovario, allí se encuentra la ovocélula que al fecundarse da origen a un cigoto, y a partir de este se forma un embrión (esquema 2.1).

CAPÍTULO 2

Esquema 2.1 Fecundación y desarrollo embrionario de una angiosperma



Al mismo tiempo se desarrollan otros núcleos celulares, originando tejidos que dan lugar al endospermo de las semillas, y ayudan al desarrollo del embrión en las primeras fases en que se forman uno o dos cotiledones.

El ovario se transforma en fruto mientras que los óvulos se convierten en semillas (figura 2.13 izquierda). En este proceso muchas de las partes de la flor se modifican gradualmente hasta convertirse en las diferentes partes del fruto. La pared del ovario se transforma en el pericarpo del fruto, a la vez que se diferencia en distintas partes como el mesocarpo, el endocarpo y el epicarpo.

La semilla puede germinar después de dispersarse si las condiciones ambientales son favorables. La cubierta se rompe y el embrión emerge como una plántula, utilizando el alimento almacenado en el endospermo y en el o los cotiledones (figura 2.13 derecha).

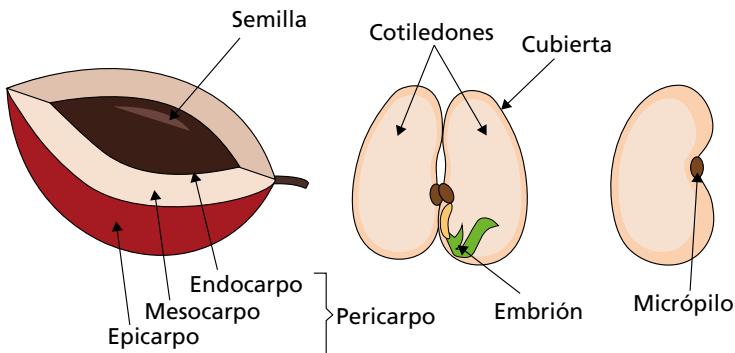


Fig. 2.13 De izquierda a derecha: estructura del fruto y de la semilla

La germinación es la fase post-embriónica del desarrollo de la planta. No todas las plantas germinan luego de completarse el desarrollo del embrión; muchas pasan por períodos de latencia en los que el metabolismo se hace más lento, la semilla se deshidrata y los tegumentos se endurecen protegiéndolo. La germinación se da como producto de interacciones entre la semilla y las condiciones del medio que la rodea. Durante la germinación, los nutrientes del endospermo de la semilla son utilizados por el embrión (figura 2.14).



Fig. 2.14 Germinación de una semilla

Aplicación práctica

El manejo de las semillas es uno de los aspectos más importantes para el logro de una agricultura sostenible, por eso es indispensable conocer a profundidad cómo se producen todos los procesos del desarrollo ontogenético en las plantas, ya que la temperatura, la duración del día, y la humedad, pueden ser factores que impidan o propicien la germinación de las semillas. La fertilidad de los suelos es otro factor determinante en la germinación de las semillas y el posterior desarrollo de las plantas de cultivo.

Los cloroplastos empiezan a formarse dentro de las células, tan pronto el tallo o las hojas alcanzan la superficie debido a la exposición a la luz, y se desarrolla el parénquima clorofílico. Esto demuestra la importancia en el proceso de diferenciación celular en las plantas, de la interacción entre los factores ambientales y genéticos.

CAPÍTULO 2

El crecimiento de las plantas ocurre mediante la repetición de módulos, cada módulo consiste en una hoja con una yema axilar, y el punto en donde se insertan las hojas es llamado nudo. Entre nudo y nudo hay un entrenudo, de forma que el crecimiento de las plantas consiste en la repetición de este patrón y en la expresión de las yemas axilares en flores o ramas.

El crecimiento en longitud y grosor se produce por la presencia del tejido meristemático. Los meristemos están formados por células madre y se sitúan en los ápices de tallos y raíces, o intercalados entre otros tejidos vegetales formando capas.



Recuerda que ...

Las plantas sintetizan hormonas y otros reguladores de crecimiento que producen una respuesta fisiológica en sus tejidos. Las hormonas vegetales más importantes son el ácido abscísico, las auxinas, el etileno, la giberelina y la citoquinina, aunque hay muchas otras sustancias que regulan las funciones del vegetal. También producen compuestos como los fitocromos, que son sensibles a la luz y activan el crecimiento o el desarrollo en respuesta a señales medioambientales.

Las fitohormonas en pequeñas cantidades estimulan e influyen en el crecimiento, desarrollo y diferenciación de células y tejidos. Son vitales en el crecimiento, afectando procesos que van desde la floración hasta el desarrollo de las semillas, la dormancia y la germinación; estas regulan el crecimiento de los tejidos hacia arriba o hacia abajo, la formación de las hojas y el crecimiento del tallo, el desarrollo y la maduración del fruto, la abscisión foliar, e incluso la muerte de la planta. La hormona conocida como ácido abscísico y la influencia de condiciones ambientales (humedad, temperatura, dioxígeno y luz) son importantes en el mantenimiento de la latencia de la semilla.

En plantas monocotiledóneas el embrión interactúa con el endospermo mediante giberelinas, las cuales activan cascadas de señalización que terminan con la degradación del almidón en azúcar. La elongación de las células, hace que la raíz salga de la semilla y conforma la estructura del tallo.

Aplicación práctica

La biorregulación es el proceso biotecnológico de manipulación de una función de una planta, que logra su sobreexpresión o inhibición. Los compuestos biorreguladores son aquellos que en su formulación contienen moléculas protagónicas en la expresión o inhibición de un cierto proceso; estas moléculas generalmente son fitohormonas naturales, o sintetizadas en un laboratorio. Los biorreguladores se emplean tanto en los cultivos *in vitro* de plantas de interés en el desarrollo agrícola, como en acciones de conservación de especies vegetales.

El crecimiento y desarrollo de una planta incluye los cambios que ocurren durante toda su vida como resultado de la interacción de su genotipo con el medio ambiente. Los genes tienen potencialidades en el desarrollo de un rasgo particular como la forma de una hoja, el color de una flor o el tipo de sistema radicular, pero cada característica está determinada por varios factores, incluyendo señales de otros genes y del medio ambiente.



Saber más

La localización de una célula en el cuerpo de la planta joven también tiene un profundo efecto en el desarrollo. Las señales químicas que recibe una célula de las adyacentes —incluyendo las respuestas a diversos cambios del medio ambiente— influyen en su diferenciación.

Las plantas reciben información del medio ambiente y responden mediante la regulación de su crecimiento y desarrollo. Muchas plantas con flores son muy sensibles a los cambios en la cantidad relativa de luz diurna y oscuridad que acompañan a los cambios de estación, y florecen en respuesta a dichos cambios. Estos cambios en la duración del día, así como las variaciones de precipitación y temperatura, ejercen una influencia importante en la expresión de los genotipos de acuerdo con su norma de reacción, también en la producción de hormonas. Esto explica por qué las plantas cultivadas mediante estacas, bulbos o tubérculos, no expresen las mismas características aunque tengan un mismo genotipo. Por otro lado, debemos tener en cuenta que las variaciones ambientales provocadas por el cambio climático, pueden ocasionar serios daños en la flora de los ecosistemas y en la agricultura, por lo que el estudio del desarrollo ontogenético tiene aplicaciones en la solución de muchos problemas de la práctica.

2.3.2 ¿Qué aplicaciones tienen los conocimientos científicos acerca del desarrollo ontogenético de los animales?

Ya conoces que en 1996, Ian Wilmut, Keith Campbell y otros investigadores del Instituto Roslin de Edimburgo, anunciaron el nacimiento de una oveja llamada Dolly. El material genético de Dolly derivaba de una célula de la glándula mamaria de una oveja, que se fusionó con un óvulo enucleado de otra oveja. La célula resultante se dividió, y se desarrolló un embrión que fue cultivado *in vitro* hasta alcanzar el estadio en que podía ser transferido a la madre anfitriona. Dolly presentó cáncer, por lo que fue sacrificada a los seis años (figura 2.15).



Fig. 2.15 Cuerpo embalsamado de la oveja Dolly

Reflexiona

- ¿Qué opinas de este resultado científico?
- ¿Es posible que Dolly fuera exactamente igual a la oveja donante del material genético?
- ¿Qué conocimientos aplicaron los científicos sobre el desarrollo ontogenético para obtener este resultado?
- ¿Qué implicaciones bioéticas se derivan de la extensión de estas tecnologías a otras especies, incluyendo la humana?

Como sabes, el desarrollo en la mayoría de las especies animales —incluyendo la humana— comienza con la fecundación, es decir con la fusión del óvulo y del espermatozoide, aunque algunos animales presentan también formas asexuales de reproducción; por supuesto, la obtención de

Dolly y de otros organismos clonados constituye una excepción. Pero sin lugar a dudas, para lograr este resultado científico hubo que estudiar con profundidad el desarrollo ontogenético en estos animales.

El desarrollo embrionario en animales con reproducción sexual ocurre en tres etapas: segmentación, gastrulación y morfogénesis. Durante la segmentación el huevo o cigoto se divide numerosas veces, pasando primero por una etapa de mórula (figura 2.16).

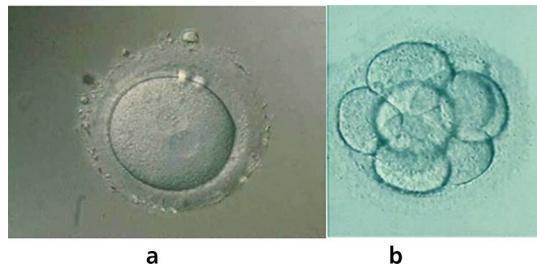


Fig. 2.16 Desarrollo embrionario: a) huevo o cigoto, b) mórula

La segmentación implica una serie de divisiones mitóticas, en las que el volumen citoplasmático del huevo se divide en numerosas células nucleadas y más pequeñas llamadas blastómeros. Luego se forma una cavidad llena de fluido en el centro del embrión (conocida como blastocele) y un conjunto de células que constituyen el blastocisto.

La gastrulación produce el desplazamiento y reordenamiento de los blastómeros en las tres capas u hojas germinales: el endodermo, el mesodermo y el ectodermo, así queda formada la gástrula. Cada una de estas capas de tejido primario origina tejidos especializados y órganos particulares. Hacia el final de la gastrulación, comienzan a aparecer los primeros signos visibles de diferenciación (figura 2.17).

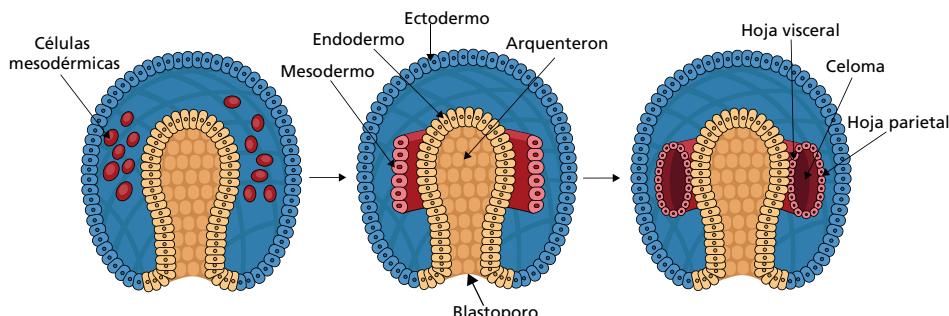


Fig. 2.17 Proceso de gastrulación en el embrión de un animal celomado

CAPÍTULO 2

Después de la segmentación y de la gastrulación el desarrollo continúa con el proceso de morfogénesis. En esta etapa, las células de las tres capas germinales se van diferenciando en células especializadas que forman tejidos y órganos específicos. El ectodermo termina por formar la capa exterior de la piel, y da origen al sistema nervioso y a los órganos sensoriales. Finalmente el sistema digestivo y otros órganos (hígado, páncreas y pulmones) quedan revestidos por tejido de origen endodérmico. Los tejidos óseo y muscular, y los sistemas circulatorio, excretor y reproductivo, se derivan del mesodermo (figura 2.18).

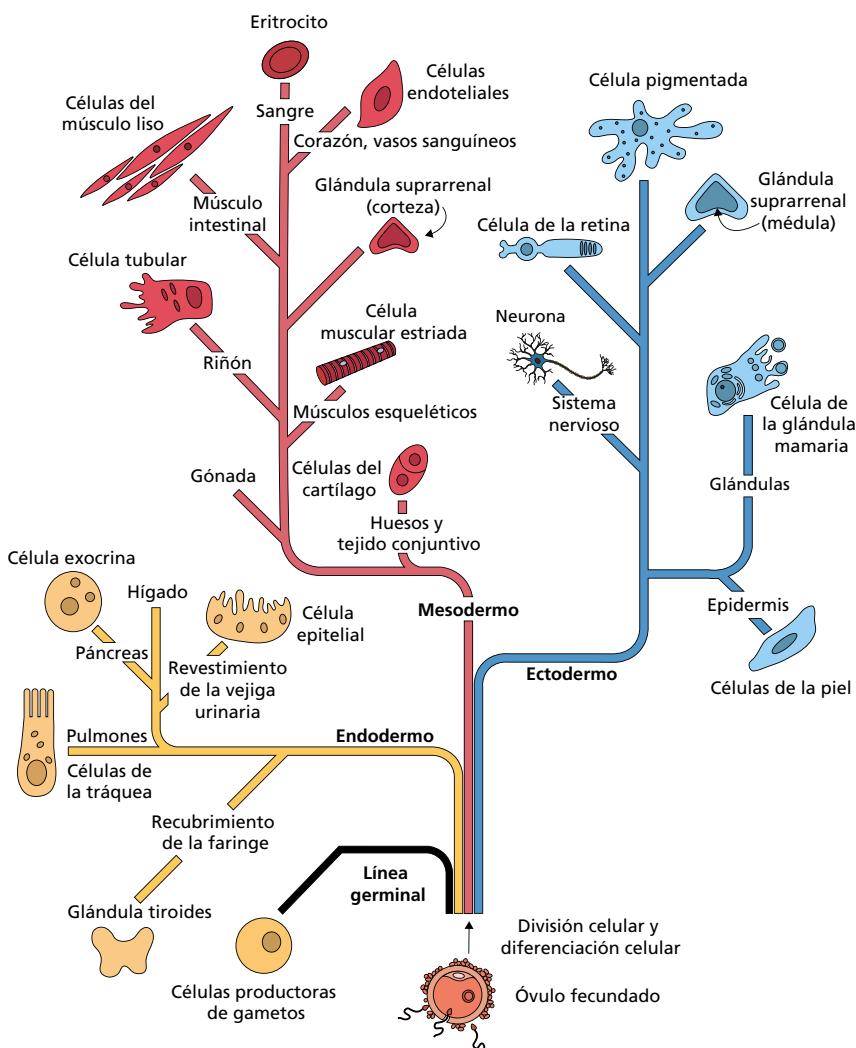


Fig. 2.18 Morfogénesis en un embrión de animal (células de diferentes tejidos)

En los animales existen tres formas de proporcionar nutrición al embrión durante el desarrollo embrionario, una de ellas es suministrar al embrión con vitelo, característica de animales ovíparos y ovovivíparos.



¿Sabías que...?

En los huevos amniotas (de reptiles, aves y mamíferos) el embrión a medida que se desarrolla, forma cuatro membranas extraembrionarias: el saco vitelino, el alantoides, el corion y el amnios (figura 2.19).

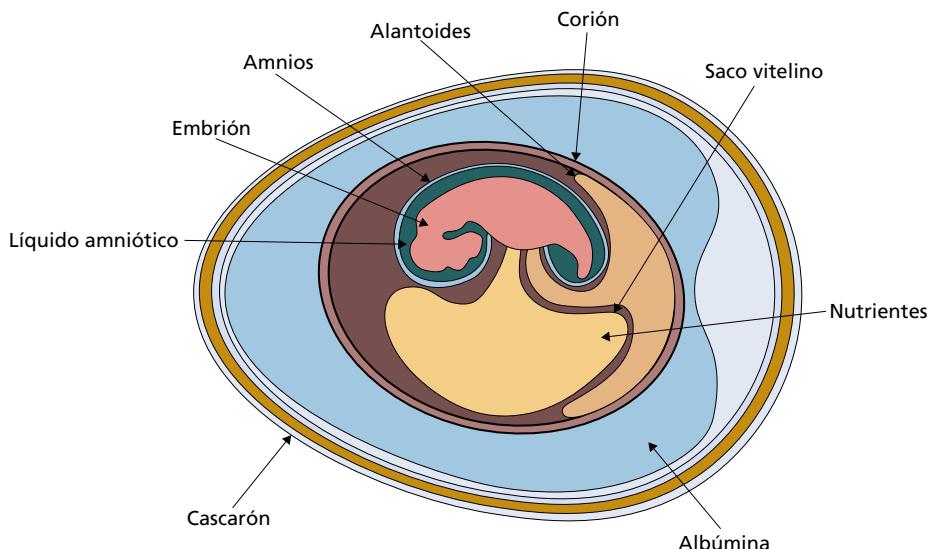


Fig. 2.19 Estructura de un huevo amniótico

Las características, estructura y propiedades de los huevos, son elementos tomados en cuenta durante las acciones de protección de las tortugas marinas y otras especies en peligro de extinción, como los cocodrilos y las cotorras.

Otra forma de nutrir al embrión es a través de la placenta (ubicada entre este y la madre), cuyas características ya estudiaste con anterioridad. Esta forma de nutrición está presente en los mamíferos placentarios.

Otra forma de nutrición durante el desarrollo, es la formación, entre el estado embrionario y el adulto, de una larva que se alimenta por sí sola.

Todo esto determina que el desarrollo de los animales sea clasificado en dos tipos: directo e indirecto.

CAPÍTULO 2

El desarrollo indirecto se presenta en la mayoría de los grupos de animales invertebrados, y se caracteriza porque el primer estado vital es una larva, que se convertirá en adulto después de una transformación más o menos gradual, llamada metamorfosis. La larva generalmente posee un modo de vida diferente al adulto. Durante la metamorfosis pueden formarse nuevos órganos, de manera que se desarrollan nuevos procesos de morfogénesis. Animales tan conocidos por ti como los mosquitos, las mariposas y algunos anfibios, tienen desarrollo indirecto (figura 2.20).

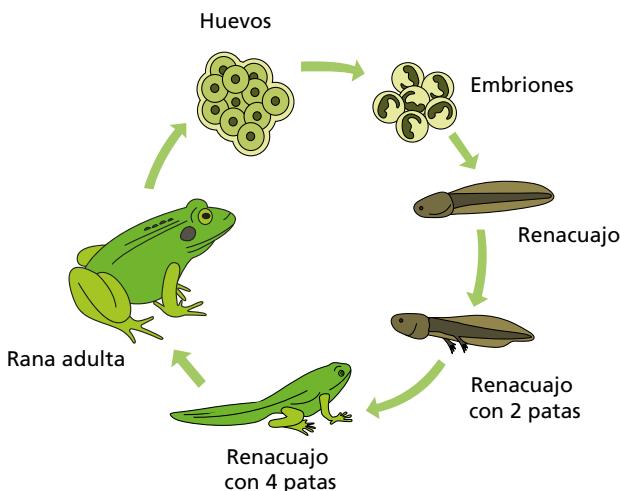


Fig. 2.20 Metamorfosis de la rana

El desarrollo directo se produce cuando un embrión no se presenta en estado larval, sino que se desarrolla como un adulto en menor tamaño. Casi todos los vertebrados poseen este tipo de desarrollo, con excepción de los ciclostomos, algunos grupos de peces y la mayoría de los anfibios.

Resumiendo, el desarrollo de la estructura y las funciones de un organismo es resultado de una combinación balanceada de varios procesos fundamentales, que además de implicar la división y el crecimiento celular permiten la determinación y la diferenciación celulares, así como la formación de patrones y la morfogénesis. A medida que el desarrollo del embrión prosigue, la división celular origina un número creciente de células que son como los bloques de construcción del desarrollo.

En varios momentos del proceso de diferenciación celular las células se especializan en llevar a cabo funciones específicas.

Durante el análisis sobre el control genético del desarrollo que se presentó en epígrafes anteriores, comprendiste que la diferenciación celular ocurre por medio de una serie de eventos moleculares en los que el funcionamiento de ciertos genes es regulado por factores internos y externos, de manera que las células se van diferenciando. Los núcleos de todas las células diferenciadas de un animal contienen la información genética presente en el cigoto, pero cada tipo de célula expresa un subconjunto diferente de esa información. De hecho, la equivalencia nuclear es el principio que subyace en la clonación de organismos.

Algunos biólogos muestran preocupación acerca de que el uso de material genético adulto para obtener un clon podría producir un animal con células prematuramente viejas. Recuerda el análisis que realizamos del envejecimiento celular en el epígrafe 2.2 y comprenderás que esto es muy probable, aunque por supuesto será necesario profundizar en estas investigaciones.



Reflexiona

Las noticias sobre los logros en la clonación de animales han atraído el interés del público, pero los científicos están lejos de controlar estrictamente los resultados. Las tasas de éxito en la producción de embriones clonados dependen de las especies y de los tipos de células utilizados, pero en general siguen siendo muy bajas. Por otro lado, se ha mostrado preocupación por la influencia negativa que sobre la diversidad biológica pudiera tener la creación de hatos de ganado clonado, con determinados fines.

La preocupación es aún mayor con relación a la posible clonación en humanos, la propuesta del empleo de esta tecnología con fines terapéuticos o reproductivos ha abierto un extenso debate bioético. La humanidad y los científicos deben valorar la responsabilidad moral que se adquiere con el desarrollo de esta tecnología que afecta la dignidad de las personas, pues supuestamente un individuo clonado es la copia de otro, aunque solo sea una copia biológica. ¿Pero es posible reducir la condición humana a lo biológico? ¿Quiénes decidirían a quién clonar? Los riesgos de la discriminación y la eugenesia pudieran estar muy ligados a las respuestas a estas preguntas.

2.3.3 ¿Cómo influyen los factores genéticos y ambientales en el desarrollo embrionario humano?

Entre las 12 y las 16 semanas de gestación, a todas las embarazadas del país se les realiza una prueba llamada alfafetoproteína. Esta es una proteína cuyo valor elevado en la sangre materna constituye un indicador de la apertura del tubo neural, malformación congénita que ocurre durante el desarrollo embrionario y afecta el desarrollo del sistema nervioso: puede producir espina bífida e impedir la correcta formación del sistema nervioso central.

Esta prueba se complementa con estudios ultrasonográficos y de otro tipo que permiten hacer un seguimiento adecuado al desarrollo embrionario, y poner a disposición de la pareja la decisión de continuar el embarazo, o de interrumpirlo en caso que se detecte una variación del desarrollo que acarreara serios daños en su futuro hijo, o fuera incompatible con la vida (figura 2.21).



Fig. 2.21 Ultrasonografía: a) durante el embarazo, b) imagen ultrasonográfica de feto humano



Reflexiona

- ¿Por qué es tan importante la etapa de desarrollo embrionario en la vida del organismo humano?
- ¿Qué importancia tiene el cumplimiento durante el embarazo de todas las recomendaciones y pruebas médicas?
- ¿Qué otras aplicaciones tienen los conocimientos sobre el desarrollo embrionario en los animales y los seres humanos?

Los procesos de segmentación, gastrulación y morfogénesis ocurren de manera muy similar a la que hemos descrito en el organismo animal. La fecundación del ovocito por el espermatozoide ocurre habitualmente en el oviducto o trompas de Falopio, en cuyo trayecto experimenta una serie de divisiones mitóticas que producen un rápido incremento en el número de células, aunque no en el volumen. Estas células, los blastómeros, se tornan cada vez más pequeñas con cada división de segmentación (figura 2.22).

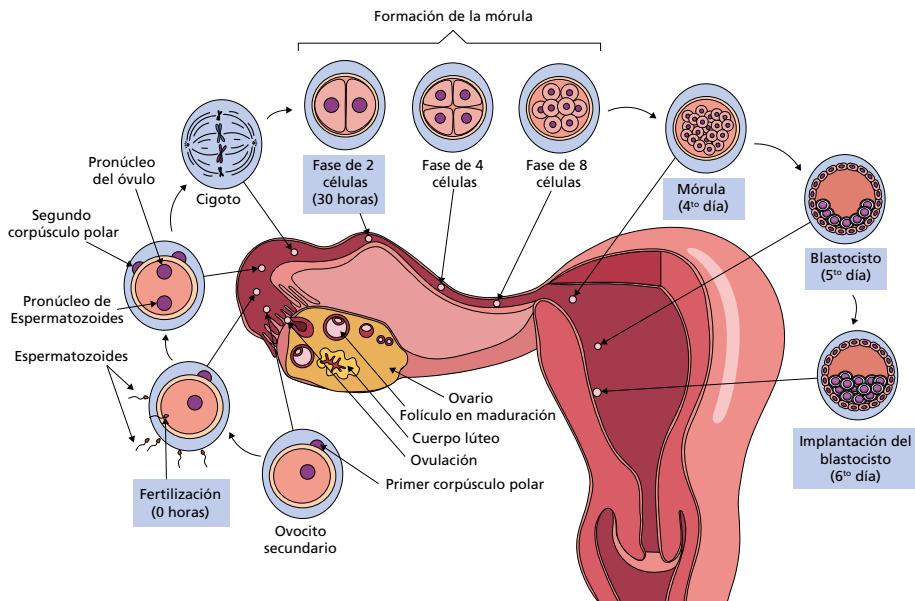


Fig. 2.22 Proceso de desarrollo embrionario humano en el sistema reproductor femenino

En un principio, el embrión depende exclusivamente del control genético materno y su desarrollo es sostenido por las proteínas, el ARN, las mitocondrias y otros componentes celulares pertenecientes al ovocito; esto ocurre hasta que se activa la transcripción en el genoma embrionario. Una vez que el embrión se encuentra en el estadio de mórula, puede ingresar en el útero.

Las células que descienden de las células internas del blastocisto, generan la masa celular interna que dará origen al embrión. Así, la distinción entre blastómeros del trofoblasto y de la masa celular interna, representa la primera diferenciación celular en el desarrollo. El diminuto embrión invade el endometrio y se adhiere a la pared uterina, durante el día 6 del desarrollo (figura 2.23).

CAPÍTULO 2

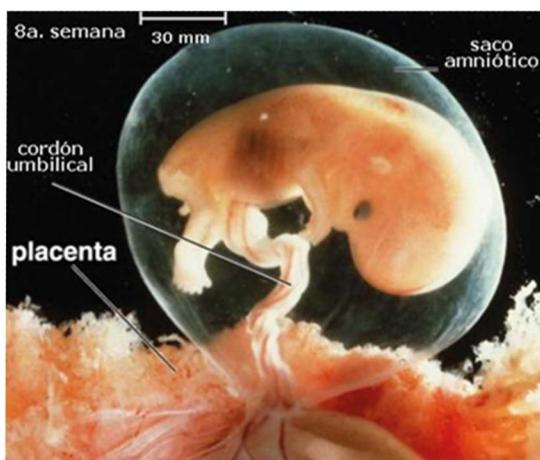


Fig. 2.23 Embrión humano de ocho semanas

En el embrión humano existe actividad endocrina desde antes de la implantación: este produce estrógenos —que tienen efecto local sobre el endometrio—, y gonadotrofina coriónica humana (HCG) —que estimula al cuerpo lúteo, haciendo que continúe la producción de estrógenos y progesterona—; esto es lo que impide la menstruación y a la vez influye en el desarrollo embrionario. Durante la implantación el embrión penetra en los tejidos del endometrio, es rodeado por vasos sanguíneos maternos, y comienza a formarse la placenta; después se desarrollan las membranas extraembrionarias, y con el surgimiento del amnios o saco amniótico se forma la cavidad amniótica, que está llena del líquido amniótico, por lo que el embrión se desarrolla en un medio acuoso (figura 2.24).

El corion es la porción embrionaria de la placenta, las vellosidades coriônicas otorgan una enorme superficie de intercambio. La placenta se forma como resultado de las interacciones del endometrio con el corion extraembrionario, y está ricamente irrigada por ambos; sin embargo, los sistemas circulatorios extraembrionario y materno no están conectados directamente, de modo que las células sanguíneas de la madre y del embrión no se mezclan. Alrededor del decimocuarto día la placenta comienza a madurar.

A través de la delgada barrera que separa la sangre materna de la fetal, ocurre intercambio de diversas sustancias: nutrientes solubles, dioxígeno, agua y sales, pasan a la vena umbilical desde la sangre de la madre; el dióxido de carbono y los desechos nitrogenados, llevados a la placenta por las arterias umbilicales, pasan a la sangre de la madre (ver figura 2.21).

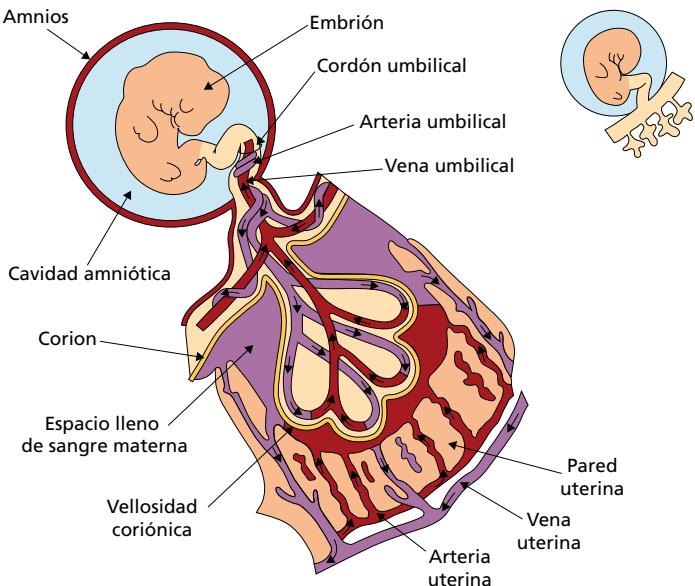


Fig. 2.24 Relación del embrión con la placenta

Reflexiona

Algunas sustancias tóxicas atraviesan fácilmente la placenta y también lo hacen las drogas y muchos medicamentos. Las sustancias que pueden afectar el desarrollo embrionario y provocar serias afectaciones en el desarrollo normal de un individuo se llaman sustancias teratogénicas, pues inciden en los procesos de regulación epigenética, modificando la expresión de los genes. En consecuencia, ningún período del embarazo está exento por completo del riesgo teratogénico de algunos factores.

Es muy importante que durante el embarazo no se utilice ningún medicamento que no haya sido prescrito por el médico, pues este puede atravesar la placenta y afectar el desarrollo embrionario. Ya has visto que las sustancias inhaladas del humo del tabaco y el alcohol, pasan a través de la placenta hasta el embrión y ocasionan serios daños en el desarrollo del sistema nervioso y otros órganos, como es el caso del feto alcohólico. ¿Qué opinas de las personas que fuman en lugares públicos sin considerar estas consecuencias?

CAPÍTULO 2

La placenta también secreta hormonas que ayudan al útero materno a retener el embrión, y produce reguladores de la respuesta inmune que evitan el rechazo materno a este. La implantación del embrión y el desarrollo de la placenta son requisitos esenciales en el desarrollo normal del feto.



¿Sabías que...?

Aunque la placenta limita el paso de microorganismos de la madre al feto, algunos patógenos pueden provocar enfermedades graves en este. Los virus atraviesan fácilmente la placenta y también pueden causar enfermedades severas en el embrión o en el feto. Tal es el caso del virus del Zika que según las estadísticas producen serias afectaciones en el sistema nervioso, como la microcefalia.

Aunque el embrión es aún muy pequeño, la mayoría de los órganos principales han comenzado a formarse antes de las primeras ocho semanas.

Hacia el final del segundo mes, el embrión tiene un aspecto casi humano, pero solo pesa aproximadamente un gramo.



Saber más

La alfafetoproteína (AFP) puede atravesar la placenta y llegar a la sangre materna. Al cerrarse el tubo neural como parte de las transformaciones embrionarias que se producen durante la formación del sistema nervioso, se reduce la producción de esta sustancia por el embrión. Por lo tanto, cuando se producen defectos del tubo neural —como la espina bífida y la anencefalia—, se eleva el nivel de AFP, los niveles séricos maternos de AFP también están aumentados y este es un parámetro utilizado en la detección de dichos trastornos. El diagnóstico se confirma con la amniocentesis y la ecografía. El consumo sistemático y regular de ácido fólico puede prevenir en más de un 70 % los defectos del tubo neural, así como ciertos defectos cardíacos y las hendiduras faciales.

Hacia el final del tercer mes —aproximadamente a las 12 semanas— todos los sistemas de órganos se han constituido y se dice que se ha completado el proceso de morfogénesis, aunque aún continúa el crecimiento y la maduración de los órganos y sistemas de órganos; a partir de este momento ya se habla de la existencia de un feto. Durante el segundo

trimestre continúa el desarrollo de los sistemas de órganos, y en el último se incrementan el peso y el tamaño.

Hasta aquí se ha realizado un recuento de los principales acontecimientos que ocurren durante el desarrollo embrionario humano desde la fecundación hasta el momento del nacimiento. Esos conocimientos te permiten comprender la trascendencia de esta etapa en el desarrollo del organismo humano, que no se detiene en la etapa embrionaria.

Ya sabes que el desarrollo ontogenético es el resultado de la interacción del genotipo heredado de los padres con los factores ambientales, y que es un proceso regulado por los propios genes y epigenéticamente, de manera que podemos decir que cada persona tiene también un **epigenoma** que ha heredado de sus padres, que se va transformando a lo largo de su desarrollo bajo la influencia de los factores genéticos y ambientales desde antes de la concepción, durante el embarazo, en la niñez y la adultez, hasta el envejecimiento (figura 2.25).

Llegar a esta conclusión incidirá en tus decisiones como futuro progenitor, pues estas implican una gran responsabilidad con la salud de los futuros hijos, desde antes de la concepción y durante el embarazo.

Si tienes en cuenta que tu epigenoma influirá en el de tu descendencia, podrás desarrollar de forma consciente estilos de vida saludables durante esta etapa crucial.

Aplicación práctica

Algunas recomendaciones que se deben seguir antes y durante el embarazo:

1. Consumir ácido fólico. Esta vitamina previene deformaciones congénitas de la médula espinal (como la espina bífida) y debe tomarse durante todo el primer trimestre.
2. Llevar una dieta equilibrada, rica en fibra, hierro, calcio, grasas omega-3, entre otros nutrientes importantes.
3. Rechazar el consumo de cualquier droga, incluyendo el tabaco y el alcohol. La cafeína también debe eliminarse.
4. Realizar —ambos miembros de la pareja— una visita al médico de familia cuando planifique tener descendencia, para ser examinados y recibir las primeras recomendaciones.
5. Realizar ejercicios físicos y llevar una vida activa.

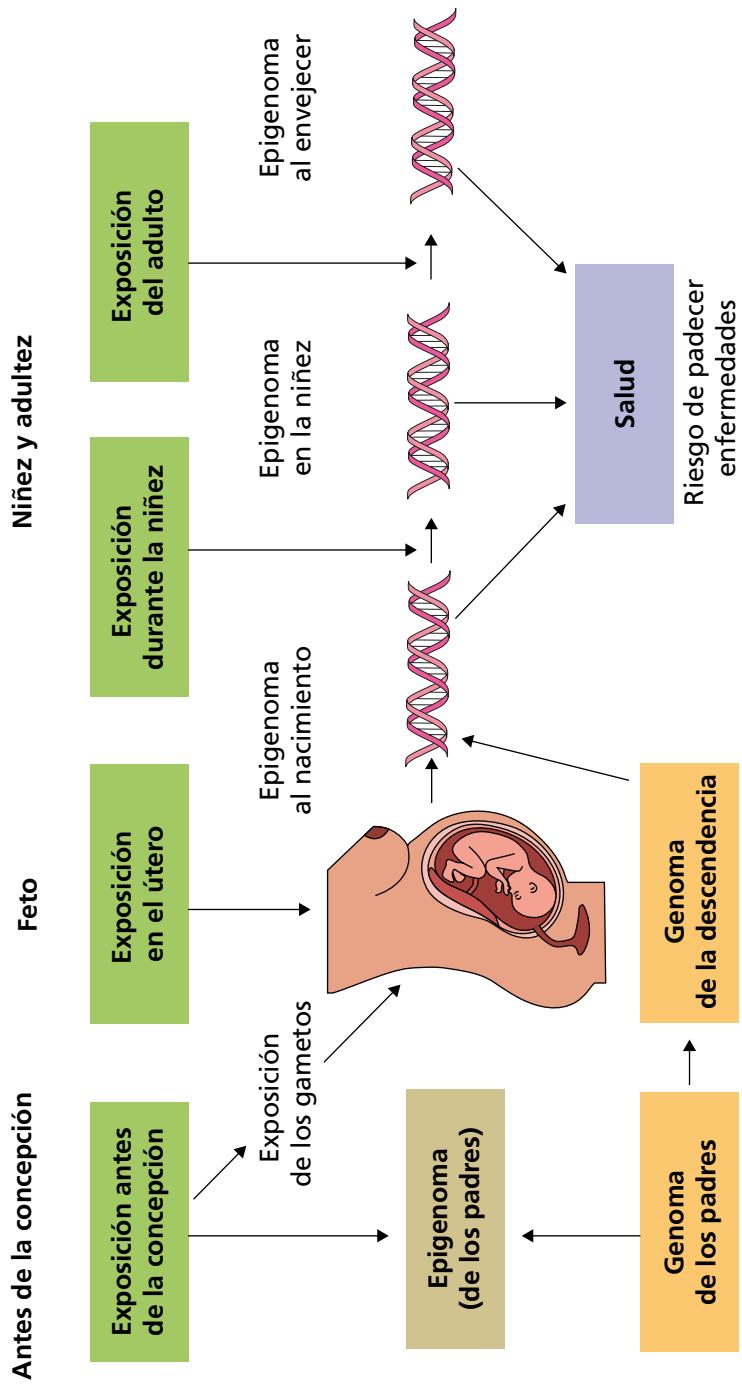


Fig. 2.25 Transformaciones del epigenoma humano durante su desarrollo

6. Tener actualizado el esquema de vacunación, o vacunarse si no lo estuviera.
7. Extremar las medidas higiénicas en general, y en especial la higiene íntima.
8. No ingerir frutas ni verduras sin lavar, ni comer carnes poco cocinadas.
9. Evitar la exposición a agentes químicos ambientales.
10. No tomar ningún medicamento sin consultar con el médico.

El conocimiento del desarrollo embrionario en la especie humana nos revela la responsabilidad de asumir estilos de vida saludables, no solo por nuestra salud, también por la de nuestros descendientes.

El desarrollo embrionario de cualquier organismo —tanto de plantas como de animales, incluyendo a los seres humanos— es un proceso regulado genética y epigenéticamente, en el que ocurre la expresión diferencial de los genes en la interacción de los factores genéticos y ambientales. La comprensión de este proceso es de gran importancia por su aplicación en la agricultura y la ganadería, tanto para la protección y conservación de la biodiversidad, como para su uso sostenible.

Comprueba lo aprendido

1. Resume qué se entiende por desarrollo embrionario y cuáles son los principales procesos que ocurren durante este.
2. ¿Cómo se evidencia la relación genotipo-ambiente-fenotipo durante la etapa del desarrollo embrionario? Ejemplifica en plantas, animales y en los seres humanos.
3. Investiga cómo se pueden aplicar los conocimientos sobre el desarrollo embrionario de plantas o animales en la agricultura y la ganadería.
4. Elabora una cronología con los principales cambios en el desarrollo embrionario y fetal desde la fecundación hasta el parto.
5. ¿Por qué si el intercambio del feto con la madre es a través de la placenta, resulta dañino el consumo de tabaco, alcohol y otras drogas? Investiga sobre los riesgos para la madre y el futuro hijo.
6. Algunas personas piensan que el consumo de tabaco o alcohol antes del embarazo no repercutirá nunca en la descendencia. ¿Qué opinas tú? Argumenta tu respuesta.

7. En la actualidad es de gran importancia que las embarazadas eviten el contagio con el virus de Zika, y que además se realicen en tiempo la prueba de la alfafetoproteína. Argumenta esta afirmación.

2.4 El desarrollo de un ser humano pasa por diferentes etapas desde su nacimiento hasta la muerte

Con el parto el bebé emerge desde el cálido y protector vientre materno donde se nutrió y creció durante todo el embarazo; inmediatamente después el cordón umbilical —que hasta ese momento lo ataba a su madre— es cortado. El bebé llora con su primer aliento y comienza a respirar regularmente, iniciándose así su existencia como organismo independiente (figura 2.26).



Fig. 2.26 Recién nacido

Reflexiona

- ¿Con el nacimiento concluye el desarrollo ontogenético?
- ¿Qué etapas caracterizan el desarrollo ontogenético humano después del nacimiento?
- ¿Qué cambios ocurren al nacer o poco después, que posibilitan al neonato vivir independientemente?
- ¿Qué retos tendrá que enfrentar la familia para lograr el desarrollo saludable de un nuevo descendiente?
- ¿Qué responsabilidades asume la pareja con su futuro hijo?
- ¿Qué debes conocer sobre el desarrollo ontogenético para que seas mejor padre o madre en el futuro?

Con el nacimiento del bebé ha concluido el desarrollo embrionario, pero la ontogénesis se extiende durante toda la vida. Los criterios para

diferenciar las etapas son disímiles, pues como en todo proceso continuo es muy difícil delimitarlas, y debemos tener en cuenta que es única en cada individuo, por lo que pueden darse muchas variaciones.

Una propuesta de etapas es la que puedes observar en la figura 2.27. La primera es la infancia —algunos autores la dividen en niñez e infancia— que continúa con la adolescencia. Después llegamos a la edad adulta y luego nos convertimos en adultos mayores.

Cada una de las etapas del crecimiento o etapas de la vida del ser humano trae consigo cambios físicos, psíquicos, intelectuales, cognitivos, psicomotores y socioculturales, diferentes en su desarrollo.

2.4.1 ¿Qué cuidados favorecen un desarrollo saludable durante la infancia?

En la etapa prenatal el feto recibía alimentos y dioxígeno de la madre a través de la placenta, pocos segundos después de parto el recién nacido o neonato empieza a respirar por sí solo y llora en menos de un minuto. A pesar de que al nacer, los seres humanos nos encontramos más desarrollados que el resto de los mamíferos, estamos más desvalidos que aquellos. .

La primera etapa o niñez también es conocida como la primera infancia; este período de 0 a 6 años constituye una etapa fundamental en el proceso de desarrollo y formación de la personalidad.

¿Sabías que...?

Los investigadores consideran que la primera respiración del neonato se inicia por la acumulación de dióxido de carbono en la sangre después de cortado el cordón umbilical: el dióxido de carbono estimula los centros respiratorios en la médula, como resultado se dilatan los pulmones y esto agranda los vasos sanguíneos que estaban parcialmente colapsados en el útero, la sangre del ventrículo derecho circula en cantidades cada vez mayores mediante estos vasos pulmonares más grandes.

Si se ha administrado anestesia a la madre, el feto también puede estar anestesiado y su respiración y otras actividades estar deprimidas, algunos bebés pueden empezar a respirar después de transcurridos varios minutos; por eso es tan importante la preparación de la embarazada a fin de lograr un parto natural y reducir al mínimo el empleo de cualquier medicamento.

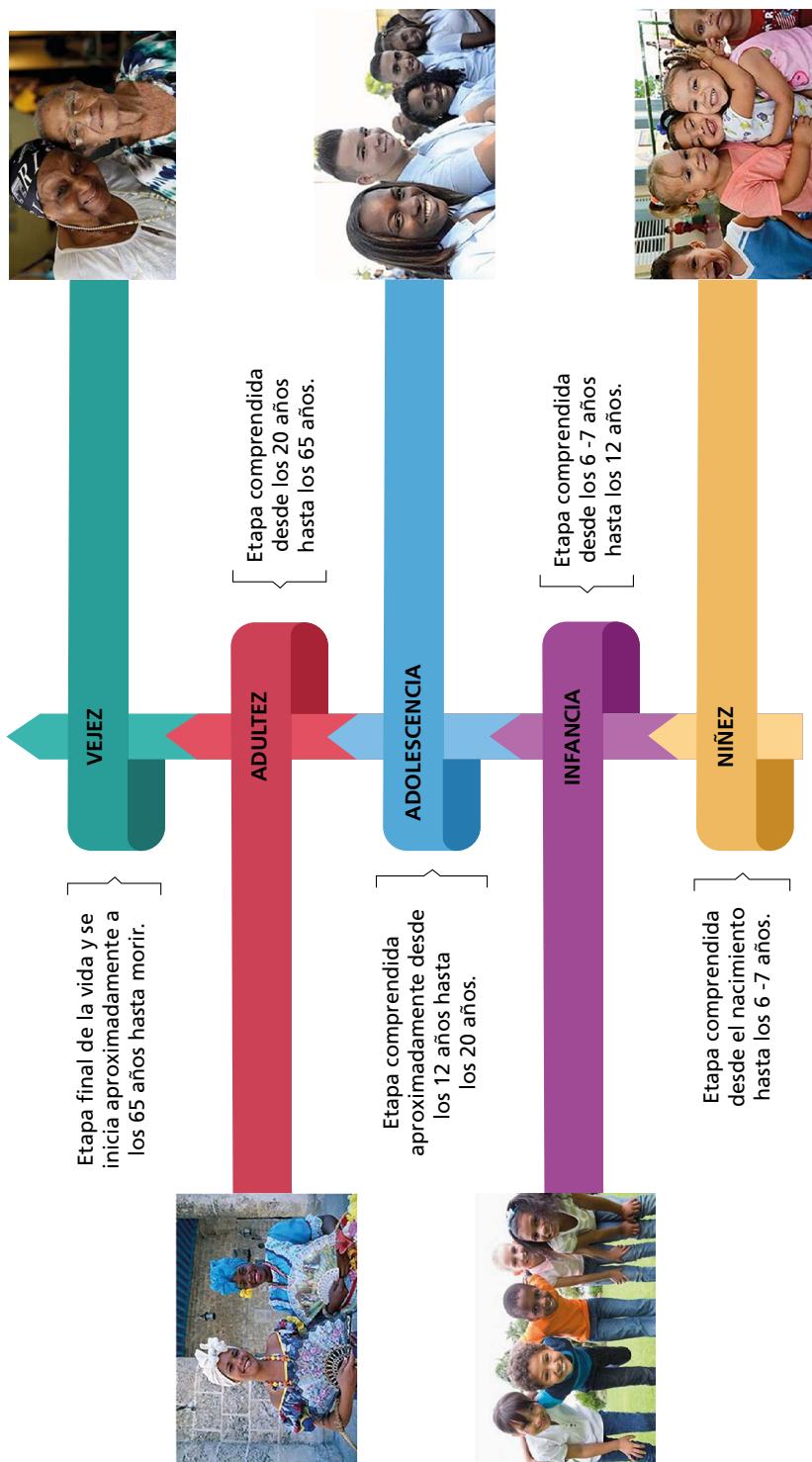


Fig. 2.27 Etapas del desarrollo humano

Con el nacimiento del bebé comienza una vida nueva en la familia: nuevos horarios, costumbres y actividades que giran absolutamente en torno al recién nacido, ya que este es totalmente dependiente de sus progenitores o tutores, y necesita de su atención para satisfacer sus necesidades básicas o realizar actividades elementales. Ante cualquier necesidad o incomodidad, el bebé llorará para atraer la atención de los adultos.

La atención a sus cuidados básicos es parte de las tareas a realizar, para las que hay que estar bien preparados y dispuestos a asumir una maternidad y paternidad responsables. Entre estos cuidados está en primer lugar la alimentación.

Sin lugar a dudas el mejor alimento para el bebé es la leche materna, y por sus múltiples beneficios (protección contra enfermedades, **inmunidad**, fortalecimiento del vínculo afectivo entre madre e hijo, etcétera— es que se promueve tanto.

Si bien el reflejo de succión del bebé es innato y la colocación del pequeño al pecho materno casi instintiva, es preciso saber cómo hacerlo para evitar que este lastime los pezones de la madre al succionar, trayendo como consecuencia que en ocasiones se interrumpa la lactancia.

A partir de los seis meses es necesario el cambio de alimentación porque el bebé lo va exigiendo y sus necesidades nutricionales van cambiando. Este proceso recibe el nombre de ablactación.

El cambio de alimentación requiere de ayuda y paciencia, pues puede que el bebé no lo acepte tan rápido. Lo primero es prestar atención sobre la posibilidad de que algún alimento le produzca intolerancia alimentaria (diarreas, estreñimiento u otro tipo de malestar), es por ello que la introducción de nuevos alimentos debe hacerse poco a poco para ir teniendo un buen control de estas situaciones. La cantidad diaria de alimentos está determinadas por características del propio bebé como la edad, peso y talla, parámetros en los que se basa el facultativo para dar orientaciones al respecto.

Las características de la piel del neonato deben tenerse en cuenta en el cuidado diario, pues la capa más externa al estar poco desarrollada tiene gran capacidad de absorción de cremas y medicamentos tópicos, presenta una mayor pérdida de calor y está más expuesta a infecciones. Esta piel se descama fácilmente —lo que la hace muy delicada— y posee escasos factores hidratantes naturales, por lo que necesita cuidados especiales; también

CAPÍTULO 2

carece de pilosidad, es decir no tiene vello sino una especie de "pelusa" llamada lanugo que se irá perdiendo poco a poco.

Aplicación práctica

Las medidas generales para el cuidado de la piel de los recién nacidos son:

1. Baño diario con jabón de bebé. Evitar el empleo de perfumes o colorantes, y los jabones llamados "neutros" que pueden secar más la superficie de la piel.
2. No frotar con estropajos, esponjas o toallas, solo utilizar la mano y el jabón.
3. Aplicar cremas sobre la piel al finalizar el baño, evitando las que contengan perfume y colorantes. En las áreas con mayor descamación o resequedad puede aplicarse la misma crema varias veces en el día.
4. Evitar aplicar talco o aceites minerales.
5. Para el aseo de la zona del pañal se utilizará exclusivamente un algodón embebido en agua, asegurándose que la piel se encuentre seca antes de colocar el pañal.
6. La ropa del bebé debe ser preferentemente de algodón. Debe evitarse el abrigarlo excesivamente, pues esto favorece la aparición de salpullido. En condiciones normales se evitarán gorros, guantes y fajeros.
7. Lavar la ropa del bebé con jabón evitando detergentes, suavizantes y cloro, que puedan irritar la piel y ser tóxicos.
8. No aplicar sobre la piel del bebé medicamentos en crema que no han sido indicados por el pediatra o el dermatólogo pediatra.

El conocimiento de las transformaciones que ocurren durante el primer año de vida ayudará a prepararte para asumir una maternidad o paternidad responsable:

- De 0 a 2 meses: el cuello del bebé es demasiado débil para sostener la cabeza y este la voltea cuando está acostado boca arriba, sonríe cuando se le acercan, emite sonidos, empuña su mano.
- A partir de los 2 meses: balbucea (emite sonidos desde la parte posterior de la boca), su visión es muy limitada.

- De 3 a 4 meses: juega con sus manos y las acerca para tomar un objeto, el movimiento de manos y pies no es sincronizado. El desarrollo de la visión permite diferenciar objetos, pero con muy poco contraste; comienza a reconocer a su madre, y a distinguir los rostros familiares de los desconocidos. Los músculos del cuello se desarrollan permitiéndole mantener la cabeza erguida.
- De 5 a 6 meses: comienza a agarrar objetos, pero todavía no utiliza el pulgar. Se sienta por sí solo, se empuja para levantar su cabeza y hombros, mira a su alrededor. Comienza el gateo.
- De los 7 a 9 meses: pasa objetos de una mano a otra. Se sienta firmemente durante largos períodos y comienza a desplazarse a gatas. Da sus primeros pasos sosteniéndose de la mano de un adulto.
- A los 10 meses: se pone de pie y se mantiene con apoyo, pero no puede sentarse solo. Emite las primeras palabras. Lanza objetos.
- De 11 a 12 meses: mantiene el equilibrio mientras se pone de pie sin ayuda, y da sus primeros pasos solo.

La primera infancia, también nombrada niñez, es una etapa fascinante de la vida en tanto que implica la iniciación al mundo, ya que se adquieren las principales herramientas para la socialización. Es un período con grandes reservas y posibilidades para la formación de habilidades, capacidades, hábitos y cualidades, por ejemplo: se alcanza el dominio de movimientos que resultan fundamentales para interactuar y comunicarse con el mundo exterior con mayor independencia, se adquiere la lengua materna y se desarrollan las sensopercepciones.

Es posible diferenciar dos etapas del desarrollo: la infancia temprana de 0 a 3 años y la infancia preescolar de 3 a 6 años.

De 0 a 3 años se produce un crecimiento del cuerpo y se dan los primeros pasos en el desarrollo intelectual; en esta etapa dicen sus primeras palabras y reconocen su nombre. A los 2 años la mayoría de los niños ya caminan con soltura y sin ayuda. Una de las peculiaridades básicas de esta etapa es la curiosidad infantil presente en todas las culturas, que lleva al niño a explorar y manipular su mundo, empezando por su cuerpo y siguiendo con los objetos externos.

Con relación al desarrollo cognitivo, desde las primeras semanas están presentes las capacidades de aprender y recordar, la de resolver problemas y el uso de símbolos se desarrollan alrededor del final del segundo año de

CAPÍTULO 2

vida. En este período el niño comienza a formar vínculos fuertes con los padres o cuidadores, se inicia la percepción de sí mismo y el interés por otros niños, es decir, el niño va creciendo y experimenta la libertad, gana en independencia, pero también disfruta del juego con otros niños.

De los 3 a los 6 años de edad el cuerpo tiende a volverse más ancho y sus partes empiezan a parecerse proporcionalmente a las de un adulto. Se percibe un nuevo tipo de relación con los coetáneos y con otras actividades que le proporcionan satisfacción y desarrollo, entre las que se destaca el juego (figura 2.28).



Fig. 2.28 El juego en la primera infancia

Alrededor de los tres años de edad el juego de roles se convierte en la actividad fundamental. En esta actividad lúdica imitan la vida adulta y utilizan creativamente objetos reales, sustitutos e imaginarios. Durante esta etapa se inicia el desarrollo de la identidad de género.

Entre los seis y once años las relaciones con los otros cobran mayor importancia en el desarrollo. Al inicio de esta etapa existe una relación predominantemente afectiva con pocas manifestaciones de autorregulación. La escolarización es fundamental en el desarrollo de los procesos de lectura y escritura, así como en el conocimiento de las operaciones elementales de cálculo y de nociones primarias sobre la naturaleza y la sociedad. Aumenta paulatinamente la capacidad de concentración; se produce también una disminución de la excitabilidad emocional, que va acompañada de un aumento del autocontrol gradual de la conducta. Las tareas

de aprendizaje pueden aumentar el interés y contribuir a desarrollar una actitud consciente.

Aunque el juego sigue ocupando un lugar importante en su vida, se desarrolla un mayor interés hacia el estudio. Se adquieren gradualmente normas de convivencia social en la escuela, en la casa y en la comunidad.

Al final de esta etapa y casi llegando a la adolescencia se logra un mayor desarrollo intelectual, se puede apreciar un aprendizaje reflexivo y un incremento de las potencialidades para la asimilación consciente de los conceptos científicos.

En Cuba existe una situación favorable para el desarrollo de la infancia, como resultado de la política mantenida durante los años de Revolución. El bienestar de los niños es un propósito esencial del proyecto social cubano; el respeto y la atención a sus derechos constituyen una estrategia consecuente y planificada que permite la proyección de acciones a favor de la infancia.

El Estado protege los derechos de la infancia, refrendados en la Constitución de la República mediante diferentes códigos, leyes y decretos-leyes que de ella emanan. Entre estos se encuentran, el Código de la Niñez y la Juventud, el Código de las Familias, el Código Civil y el Código Penal, los cuales regulan los aspectos relacionados con la maternidad, la paternidad y la filiación, en general.

2.4.2 ¿Qué transformaciones ocurren desde la niñez hasta que envejecemos?

Durante la pubertad (espacio entre la niñez y la adultez) ocurren cambios que marcan el inicio de una nueva etapa de la vida: la adolescencia. En esta etapa aumentan las situaciones de riesgo —como el consumo de drogas o el embarazo precoz, entre otras— que pueden dañar el desarrollo y la salud.



Reflexiona

- ¿Crees que conocer los cambios que ocurren en el desarrollo durante la adolescencia te ayudará a **tomar decisiones** que contribuyan a tu salud en otras etapas de la vida?
- ¿Sabes cómo transitar por todas las etapas de la vida de una manera saludable?

CAPÍTULO 2

La palabra adolescente viene del participio presente del verbo en latín *adolescere*, que significa crecer. La adolescencia es la etapa del desarrollo entre la infancia y la edad adulta, que va desde el inicio de la pubertad —alrededor de los 11 o 12 años— hasta los 19 o 20 años aproximadamente. Esto varía dependiendo de factores sociales, económicos y culturales.

En esta etapa se produce la madurez reproductiva y desde el punto de vista biológico ya se puede ser padre o madre, aunque no se ha alcanzado la madurez psíquica y social para ello. La maduración sexual, según estudios realizados en nuestro país, abarca para las muchachas el período entre 12,5 y 17 a 19 años, y en los muchachos entre 13,5 a 14 y 17 a 19 años aproximadamente. En esta etapa se desarrolla el interés por el sexo y la sexualidad, la atención hacia la apariencia física, y la necesidad de verse atractivos.

Desde la pubertad se inician cambios precoces y radicales en edades tan tempranas, que la vida emocional expresa un impacto notable. Aparece la menarquia, las primeras eyaculaciones, así como la transformación de todo su cuerpo en el de una mujer o un hombre, con las capacidades naturales necesarias para la reproducción y la respuesta sexual. En estos momentos iniciales los adolescentes sienten la necesidad de nuevas vivencias afectivas, de experiencias sexuales, aunque no están preparados para ello.

Con relación al desarrollo cognitivo, se alcanza la capacidad de pensar en términos abstractos y de usar el razonamiento científico. La búsqueda de la propia identidad se vuelve un aspecto determinante del desarrollo psíquico en esta etapa, y se produce la consolidación de la autoimagen y la autoestima. Los adolescentes comienzan a desarrollar sus propios puntos de vista, juicios y opiniones, aunque les importa mucho el criterio del grupo. Es el momento en que se comienza a desarrollar autonomía moral en la regulación de la conducta.

Es una etapa en la que suelen manifestarse contradicciones que generan desarrollo. Por una parte, al adolescente se le exige más con relación a su comportamiento, su disciplina consciente, al deber de estudiar, a ser reflexivo e independiente, por otra se le brindan pocas posibilidades de organizar por sí mismo su comportamiento, pues realmente no siempre ha alcanzado la madurez necesaria para la independencia a la que aspira.

Por determinadas situaciones que pueden generar conductas de riesgo como los trastornos alimentarios, las conductas sexuales irresponsables o el consumo de drogas, en esta etapa puede verse afectada la salud. Sobre

estos temas profundizaremos en el capítulo dedicado a la conducta. Pero si los propios adolescentes, los padres, y los educadores estamos conscientes de los cambios que ocurren en este periodo, podremos contribuir a un desarrollo saludable, que conduzca a elaborar y cumplir un proyecto de vida efectivo.

Muchos científicos del desarrollo enmarcan el inicio de la vida adulta a partir de los 20 años y caracterizan una primera etapa a la que llaman juventud, cuya extensión es muy debatida. A partir de la juventud, el pensamiento y los juicios morales se vuelven más complejos, se hacen elecciones de tipo vocacional y profesional, y después de un período exploratorio, generalmente se emprende un proyecto de vida.

La adultez se extiende hasta los 60 años, aunque como en el resto de las etapas del desarrollo humano, no es fácil determinar de forma precisa cuando se inicia y cuando acaba, ya que además de que los cambios son graduales su extensión depende de las características de cada individuo.

La adultez es la etapa del desarrollo de la vida en el que el individuo normal alcanza la plenitud en su evolución biótica, psíquica y social. Las características de la personalidad se vuelven relativamente estables, pero los cambios en ella pueden verse influenciados por las fases y acontecimientos de la vida. Se toman decisiones personales sobre los estilos de vida y las relaciones íntimas, la mayoría de las personas se casan y tienen hijos. La adultez es la época de la vida del ser humano en la que se presenta un mayor rendimiento en la actividad.

La vida adulta tardía o vejez —de acuerdo con criterios variables— comienza a partir de los 60 o 65 años y evoluciona hasta el momento de la muerte. La mayoría de las personas sanas son activas, aunque generalmente la salud y las capacidades físicas disminuyen haciendo más evidente el proceso de envejecimiento. El individuo a partir de esta etapa recibe el nombre de adulto mayor (figura 2.29).

Se puede definir el envejecimiento como un proceso continuo, multifacético e irreversible de múltiples transformaciones biopsicosociales a lo largo de la vida de una persona.

Los cambios que ocurren durante el envejecimiento se hacen visibles, pero no solo dependen del estado de salud en este periodo, también tienen mucha importancia el nivel de actividad que se haya desempeñado en etapas previas del desarrollo, y el que se asuma durante la vejez. Se

CAPÍTULO 2

considera que a mayor actividad física e intelectual, menores son los efectos del envejecimiento.



Fig. 2.29 Efectos visibles del envejecimiento

Los cambios que ocurren durante el proceso de envejecimiento tienen su efecto en las funciones, en la disminución de las capacidades de los diversos sistemas del organismo humano, y aunque son más notorios en los ancianos o adultos mayores, pueden empezar mucho antes.

Esta etapa del desarrollo humano se caracteriza por una paulatina disminución de la fuerza física, que puede ocasionar el descenso general y progresivo de la actividad intelectual y mental.

Desde el punto de vista psíquico, a veces el individuo pierde el interés por las cosas de la vida y vive más en función del pasado; esto sucede cuando el presente —y sobre todo el futuro— no le ofrecen muchas perspectivas, lo que puede indicar algún problema de salud o situaciones sociales y/o familiares poco estimulantes, que lleven a que el carácter de las personas en esta etapa de ancianidad se vaya modificando.

El proceso de envejecimiento dista mucho de ser uniforme: los órganos y sistemas suelen declinar en momentos y a ritmos diferentes en cada individuo.

¿Sabías que...?

Entre los 35 y 75 años:

- Una persona pierde el 64 % de sus papilas gustativas, el 44 % de los glomérulos en sus riñones y el 73 % de los axones en los nervios espinales.

- Los impulsos nerviosos son propagados a un ritmo menor.
- El suministro de sangre al cerebro disminuye a un 31 % y la capacidad vital de los pulmones a un 44 %.
- Cuando se envejece las arterias pueden taponarse obstruyéndose la circulación, los discos vertebrales comienzan a endurecerse.
- Aparecen las arrugas porque el cuerpo comienza a dejar de producir colágeno, proteína encargada de mantener la piel flexible.
- El cabello pierde melanina, dando lugar a las canas.
- También suelen presentarse dolores articulares por desgaste gradual de los cartílagos y se afecta la densidad de los huesos.

No obstante, el organismo humano posee una capacidad funcional de reserva que permite adecuar estos procesos corporales. Por otra parte, existen evidencias de que de este declive puede enlentecerse significativamente si se asumen estilos de vida saludables como llevar una dieta balanceada, practicar ejercicios físicos sistemáticamente, mantenerse social y laboralmente activos, etcétera.



Saber más

Según los datos brindados por la Oficina Nacional de Estadística e información (ONEI), la esperanza de vida al nacer en nuestro país alcanza los 79 años, lo que con relación a este indicador nos sitúa en el lugar 33 a escala global. Como promedio, la vida de las mujeres dura alrededor de cinco años más que la de los hombres.

El proceso de envejecimiento es un interesante campo de investigación. Los descubrimientos de los investigadores apoyan la idea de que el envejecimiento ocurre de forma general, como resultado de la interacción entre factores genéticos y ambientales.

Una de las hipótesis plantea que el genoma humano ha evolucionado y tiene programado el envejecimiento, otros investigadores exponen que aunque existe un componente genético, es muy importante la influencia de los factores ambientales. Hasta ahora la mayor parte de la evidencia disponible favorece el último punto de vista. Sin embargo, algunos eventos del desarrollo, programados genéticamente, parecen estar relacionados con el proceso de envejecimiento.



Recuerda que ...

La apoptosis o muerte celular está programada genéticamente y constituye un proceso del desarrollo que puede tener relevancia en el envejecimiento. El envejecimiento celular parece estar relacionado con el hecho de que la mayoría de las células somáticas normales humanas están programadas genéticamente, reduciendo una enzima que replica el ADN de los extremos de los cromosomas (telómeros): la telomerasa activa.

No obstante, los investigadores creen el envejecimiento en la mayoría de los casos es consecuencia de los errores en el control de la apoptosis, generados por factores epigenéticos que llevan a situaciones degenerativas —como la enfermedad de Alzheimer— o a la muerte celular que ocurre después de un ataque al corazón o un paro cardiaco.

Se ha comprobado que la respuesta homeostática al estrés disminuye con el envejecimiento. Las células que normalmente dejan de dividirse cuando se diferencian, parecen más sensibles a los cambios del envejecimiento que las que continúan dividiéndose a lo largo de la vida.

Se encuentra en investigación la existencia de genes que afectan la manera en que el cuerpo es conservado y reparado frente a factores causantes de estrés.



Recuerda que ...

En las células existen enzimas reparadoras de los errores que se producen durante la replicación del ADN previa a la división celular, la cual está ocurriendo constantemente en el organismo como parte del recambio de células en los tejidos y de su desarrollo.

Así el envejecimiento, como proceso del desarrollo, puede ser acelerado por ciertas influencias ambientales y variar debido a diferencias entre los individuos, que han sido heredadas. Hay quienes al llegar a los cincuenta años muestran signos de envejecimiento, mientras otras personas llegan a los setenta con adecuada capacidad mental y lozanía.

Durante el envejecimiento se produce —desde el punto de vista biológico— el deterioro funcional de los tejidos, órganos y sistemas de órganos

del organismo, a consecuencia de la acumulación de errores en la reproducción, recambio y mantenimiento de las células.

También existen evidencias de que el envejecimiento puede ser precipitado por cambios hormonales, mal funcionamiento del sistema inmunitario —incluyendo respuestas autoinmunes—, acumulación de productos de desecho dentro de las células, cambios en la estructura molecular de macromoléculas como el colágeno; y por daño al ADN debido a la exposición continua a la radiación cósmica, ultravioleta y a los rayos X. Estos factores provocan la acumulación de radicales libres que las células no pueden eliminar.

Evitando la exposición a sustancias tóxicas como contaminantes, humo del tabaco, alcohol y otras drogas; y consumiendo una dieta saludable con antioxidantes como las frutas y los vegetales, se puede disminuir la acción nociva de los radicales libres en el envejecimiento. Por esa razón no debemos esperar a llegar a la tercera edad para comenzar a adoptar medidas que permitan un envejecimiento satisfactorio, necesitamos asumir estilos de vida saludables desde jóvenes.



Reflexiona

Después de una noche de “juerga alcohólica” las personas pueden perder de 50 000 a 100 000 neuronas. Esto acelera el proceso de declive que conduce a un envejecimiento prematuro desde la tercera y cuarta década de la vida.

¿Vale la pena arriesgar tu salud y calidad de vida futura por un momento de “diversión”?

¿Existen otras formas de divertirte que no impliquen el consumo de alcohol?

En esta etapa de la vida en la que el ser humano desea envejecer de una forma digna y saludable, se presentan cambios psíquicos, sociales, y físicos que pueden representar pérdidas significativas para el adulto mayor, bajar su autoestima y derivar en una depresión. Estas situaciones pueden ser el declinar de habilidades físicas y/o mentales con la consiguiente perdida de independencia, que conlleva a poner su cuidado en manos de los hijos u otros familiares, pérdida de la pareja, de familiares y amigos, etcétera. El trato respetuoso y cariñoso a los adultos mayores reduce esa

CAPÍTULO 2

sensación de pérdida, y es algo que debe enseñarse desde la primera infancia (figura 2.30).



Fig. 2.30 Muestras de cariño hacia los adultos mayores

En la actualidad se emplea el término de envejecimiento satisfactorio para referirse al mantenimiento de la calidad de vida durante la tercera edad. Este se conceptualiza como el declive normal de las capacidades físicas y mentales, a diferencia de aquel en que se produce un deterioro severo del funcionamiento en el individuo, y se caracteriza por la enfermedad y la dependencia.

Si el adulto mayor reconoce sus potencialidades puede gozar de salud física, mantener su autonomía y encargarse de su autocuidado conservando una postura activa frente a la vida, a pesar de los cambios propios de su edad. Es necesario mantener la estimulación cognitiva o mental toda la vida, para ello los adultos pueden involucrarse en actividades sociales y productivas que resultan muy importantes para su bienestar. Las primeras llevan implícito el conservar y expandir las **relaciones interpersonales**, las segundas hacen referencia a aquellas actividades en las que los adultos mayores colaboran con la sociedad, la familia y los amigos, atendiendo a su autocuidado.

Es muy importante que la familia y la sociedad contribuyan a fortalecer la autoestima del adulto mayor sobre la base de sus logros y su esfuerzo, sus metas alcanzadas, y la sabiduría de vida que emana de su experiencia. Este refuerzo se logra aprendiendo a valorarse a sí mismo, pero requiere además del respeto y cariño de toda la familia y demás miembros de la sociedad.



Saber más

El aumento de la esperanza de vida, la reducción progresiva de la mortalidad, y la disminución de las tasas de fecundidad, están conduciendo a la inversión de la pirámide poblacional y a sus consecuencias sociales y económicas.

Según la OMS, en el siglo xx se inició una revolución de la longevidad: entre los años 2000 y 2019 del siglo xxi la esperanza de vida al nacer se incrementó de los 66,8 años a los 73,3 años, y la esperanza de vida sana llegó a un promedio de 58,3 años.

Un envejecimiento activo es cada vez más importante, pues el paso de los años es un proceso no un suceso; por tal situación es apropiado pensar en el envejecimiento saludable, tanto físico como psíquico y social. Al pensar en una forma saludable y activa de envejecer, la creatividad se ofrece como una herramienta eficaz.

2.4.3 ¿Cuáles son las principales causas de muerte en la población?

La experiencia humana sobre la muerte nos lleva a comprender que es algo indisolublemente ligado a la vida. Es un efecto terminal que resulta de la imposibilidad de un organismo de mantener la homeostasis y la integridad biótica.

Hasta finales del siglo xx la muerte se definía como la ausencia de reflejos, unida al cese de la actividad cardiaca y de la respiración visible. Posteriormente —gracias a los avances tecnológicos y al mejor conocimiento de la actividad del cerebro— esta pasó a definirse como la ausencia de actividad bioeléctrica en parte del cerebro, verificable con un electroencefalograma. Más tarde esta evidencia demostró ser aún insuficiente, al demostrarse que la ausencia de actividad bioeléctrica —en casos excepcionales— podía ser reversible, como en los ahogados en aguas de temperatura cercana al punto de congelación, dados por fallecidos.

Actualmente —gracias al avance tecnológico de la medicina intensiva— es posible mantener artificialmente la actividad cardiaca y ventilatoria de

CAPÍTULO 2

una persona cuyo corazón ha dejado de latir, y que no es capaz de respirar por sí misma. Esto ha conducido a introducir el concepto de "muerte encefálica", que constituye un cambio revolucionario en la determinación del final de la vida.. .

Se define como muerte encefálica al cese permanente e irreversible de las funciones de todo el encéfalo: los hemisferios cerebrales, el tallo cerebral y el cerebelo. Para determinar la muerte encefálica en un individuo es necesario demostrar que no se puede revertir el cese de la actividad vital de todo el encéfalo; esto debe ser comprobado mediante protocolos clínicos neurológicos bien definidos y respaldados por pruebas especializadas, que incluyen un correcto examen físico neurológico, unido al empleo de modernas técnicas electrofisiológicas e imagenológicas.



Saber más

En Cuba existen fundamentos jurídicos para el diagnóstico de la muerte encefálica y los trasplantes de órganos, basados en principios éticos. En primer lugar, se define que la donación de órganos es un acto de libre y expresa voluntad del donante o de quien lo represente, y solo se realiza con fines humanitarios y terapéuticos. La decisión de donar órganos y tejidos requiere ser plasmada en el documento de identidad del donante. Si esto no ha ocurrido, es un requisito indispensable la autorización de los familiares o del representante legal. Esto implica la realización del procedimiento de consentimiento informado por parte del personal médico altamente calificado, que dará una explicación detallada a la familia acerca del diagnóstico de muerte encefálica, y expondrá la importancia de la donación.

Desde el punto vista demográfico, la investigación sobre la mortalidad tiene por objeto establecer la evolución y estructura de las defunciones ocurridas en una población, en un espacio geográfico determinado a lo largo del tiempo. Una de los indicadores más importantes para evaluar la eficacia de los sistemas de salud de los países, es la cifra anual de muertes y sus causas, tomando en cuenta cómo afectan las enfermedades y los traumatismos a la población. Los estudios estadísticos sobre las causas de

muerte ayudan a los estados a orientar las actividades futuras en materia de salud pública. Por ejemplo, cuando la mortalidad por cardiopatías, cáncer o diabetes se eleva es muy conveniente poner en marcha programas que fomenten estilos de vida para la prevención de estas enfermedades.

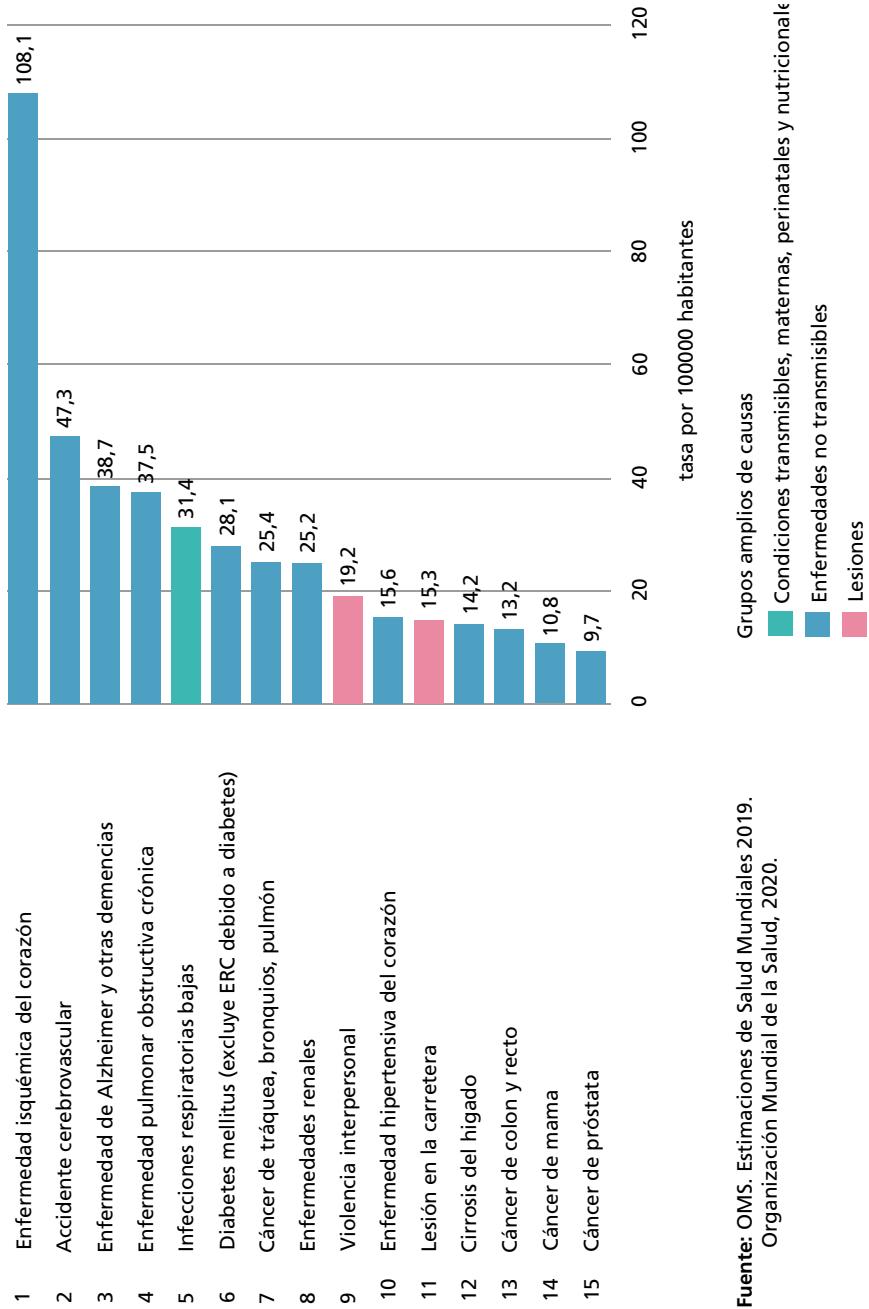
Según la Organización Mundial de la Salud, las principales causas de mortalidad en el mundo durante los últimos 15 años son la cardiopatía isquémica y el accidente cerebrovascular.

Si observas los datos estadísticos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) correspondientes a 2020 (figura 2.31), podrás comprobar que de las 15 causas principales de muerte, 12 responden a enfermedades no transmisibles. Entre las cuatro primeras destaca la enfermedad isquémica del corazón, seguida por el accidente cerebrovascular, la enfermedad de Alzheimer y otras demencias, y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). También se observan otras enfermedades no transmisibles como causas de muerte: la diabetes mellitus, enfermedades renales y cáncer de colon, hígado, mama y próstata, etcétera.

Las infecciones respiratorias bajas se encuentran como las únicas enfermedades transmisibles causantes de defunciones a nivel global, pero en los países pobres la incidencia de muertes ocasionadas por enfermedades transmisibles como el Sida, la tuberculosis y el paludismo, se encuentran entre las primeras diez causas de mortalidad.

Se observan dos causas de mortalidad por lesiones, una por violencia interpersonal y otra por accidentes en la carretera.

A pesar de que Cuba es un país del Tercer Mundo, presenta un perfil de mortalidad característico de los países desarrollados. Entre las enfermedades con mayor prevalencia se encuentran las crónico-degenerativas: enfermedades del corazón, tumores malignos y enfermedades cerebrovasculares, que continúan ocupando las tres primeras causas de mortalidad general desde hace varios años y aportan las mayores tasas de mortalidad en el grupo de 65 años y más. Según un informe de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), entre los tipos de cáncer con mayor incidencia en Cuba se encuentran los de bronquios y pulmón, piel, próstata y mama (gráfico 2.1).



Fuente: OMS. Estimaciones de Salud Mundiales 2019.
Organización Mundial de la Salud, 2020.

Fig. 2.31 Primeras causas de muerte en el mundo

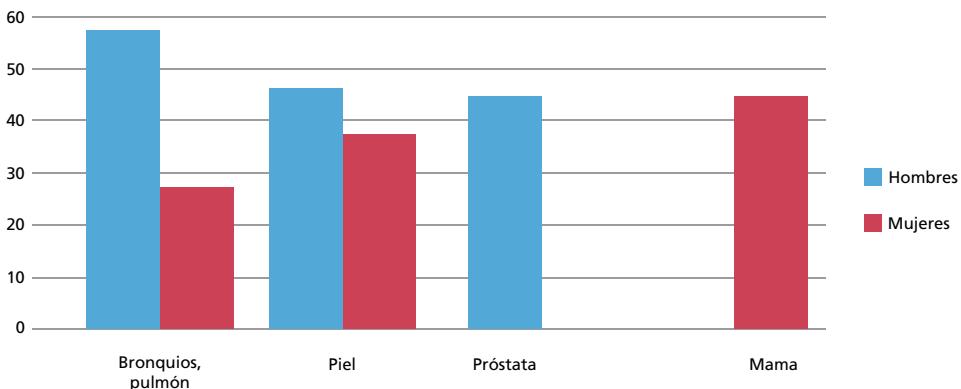


Gráfico 2.1 Tasa de incidencia de cáncer en Cuba según sexo y localización

Las enfermedades crónicas —además de la elevada mortalidad a que conducen— ejercen mayor presión de demanda de servicios de salud, e imponen una importante carga social y económica debido a sus agudizaciones recurrentes y la discapacidad creciente a que conllevan.

¿Sabías que...?

En 2015 Cuba cumplió con los Objetivos de Desarrollo del Milenio, también mantiene la decisión de cumplir con los acuerdos internacionales adoptados en materia de derechos de la mujer, y se dirige a lograr la equidad de género.

El 30 de junio de 2015 Cuba recibió un reconocimiento de la Organización Mundial de la Salud, como el primer país del mundo en eliminar la trasmisión materno-infantil del virus de la inmunodeficiencia humana y de la sífilis congénita, para lo que se llevó a cabo un riguroso proceso de revisión y presentación del informe que documenta todo lo realizado para conseguir y mantener este logro.

La dinámica y características demográficas del país constituyen una prioridad del Sistema de Salud. Entre dichas características destacan la baja fecundidad de la población y el envejecimiento acelerado, con el consiguiente aumento de las enfermedades crónicas no trasmisibles y la pérdida de la tasa de reemplazo; esta situación coincide también con un aumento de la esperanza de vida. Es por estas razones que la sociedad cubana debe prepararse para ello, y los ciudadanos deben participar activamente en

CAPÍTULO 2

colaboración con el Sistema Nacional de Salud y otros sectores de la sociedad, adoptando estilos de vida saludables que permitan vivir más y con mayor calidad, aprovechando también la capacidad de trabajo del adulto mayor, así como su experiencia acumulada.

La longevidad, la muerte o la duración de la vida, son conceptos relacionados con las funciones, con la evolución de las células, los órganos que componen a los seres vivos, y con las transformaciones que ocurren en ellos.

Las reflexiones sobre la duración de la vida van habitualmente ligadas al reconocimiento de lo breve que resulta la humana, e incluyen discusiones sobre métodos para extenderla más allá del límite concebido como normal.



Saber más

Numerosas investigaciones sobre el envejecimiento intentan buscar alternativas para aumentar la longevidad humana que incluyen: introducir cambios en la dieta, minimizar el consumo de azúcares, el estudio de factores como hormonas del crecimiento y antioxidantes a fin de evitar la destrucción de los telómeros, entre otros.

Sin embargo, el cambio climático, las crisis alimentarias, el consumo de drogas, los conflictos bélicos y otros, podrían incidir negativamente en el logro de este propósito.

Más que prolongar la vida o evitar la muerte se debe hacer énfasis en asumir estilos de vida saludables. Los logros que alcancemos en nuestro proyecto de vida contribuyen a un buen estado de salud o bienestar biopsicosocial; el sentido de plenitud, la satisfacción personal por el éxito como estudiantes o profesionales, la alegría de vivir en armonía consigo mismo y con el entorno social, el enriquecimiento cultural, el disfrute de la vida en familia, del deporte, el arte y la recreación sana, contribuyen a una mayor calidad de vida.

Consideraciones finales

El desarrollo ontogenético humano, como el de cualquier organismo, es el resultado único de la interacción entre factores genéticos y ambientales. La ontogénesis es un proceso que se extiende durante toda la vida y culmina con la muerte.

Aunque existen diferentes criterios para establecer los límites de las etapas del desarrollo ontogenético humano como proceso continuo, se considera de forma general que estas se desarrollan a partir del nacimiento, y se denominan: infancia, adolescencia, adultez y vejez. En cada una de estas etapas se producen determinadas transformaciones biológicas, psíquicas y sociales que las caracterizan; conocerlas es de gran utilidad tanto para favorecer nuestro propio desarrollo como el de la vida en familia, y el logro de una paternidad y maternidad responsables. Un estilo de vida saludable a lo largo de toda la vida, y un envejecimiento activo son fundamentales para llegar a la etapa de adulto mayor con calidad de vida.

Comprueba lo aprendido

1. Elabora un resumen de las principales transformaciones que ocurren en el desarrollo ontogenético humano después del nacimiento.
2. Elabora una lista de los principales cuidados que deben tener los progenitores para el adecuado desarrollo del neonato.
3. Argumenta por qué el conocimiento sobre los cambios que ocurren en el desarrollo durante la adolescencia, te ayudará a tomar decisiones responsables que contribuyan a conservar tu salud en otras etapas de la vida.
4. Argumenta cómo influyen los factores bióticos y ambientales en el desarrollo humano durante el envejecimiento.
5. ¿Es lo mismo muerte por paro cardiovascular que muerte encefálica? Argumenta.
6. ¿Cuáles son las principales causas de muerte en Cuba? ¿Cómo explicas que sean las mismas de países desarrollados?
7. ¿Por qué la muerte es expresión de la pérdida de la integridad biótica?

DESAFÍOS

1. ¿Cómo los conocimientos sobre el desarrollo ontogenético permiten estudiar las afectaciones que produce el cambio climático sobre la **vulnerabilidad** de las tortugas marinas?
2. ¿Por qué el síndrome del feto alcohólico es un ejemplo de que el desarrollo ontogenético es resultado de la interacción de factores genéticos y ambientales?

CAPÍTULO 2

3. A partir de tus conocimientos, elabora una hipótesis sobre la regulación epigenética, que explique por qué las personas obesas y que consumen mucho dulce tienden a desarrollar diabetes.
4. Realiza una visita a un organopónico o un área de cultivo e investiga cómo varían los factores que regulan el crecimiento y desarrollo en las plantas cultivadas.
5. Investiga con un médico de familia sobre las recomendaciones y cuidados que se brindan durante el embarazo para evitar trastornos del desarrollo embrionario, y qué pruebas médicas se realizan para su diagnóstico temprano.
6. ¿Es posible que dos organismos clonados —plantas o animales— sean iguales? Argumenta tu respuesta sobre la base de lo aprendido acerca del desarrollo ontogenético.
7. Emite argumentos que expliquen la siguiente situación:
Los alcohólicos presentan un déficit de las vitaminas que aportan grupos metilo, y como consecuencia su ADN se encuentra hipometilado; el resultado es que son más proclives a padecer enfermedades como el cáncer.
8. ¿A qué conclusiones puedes llegar en relación con el consumo de alcohol y los estilos de vida saludables?
9. ¿Cómo se relacionan los oncogenes y los genes supresores de tumor, con los implicados en el control del crecimiento y desarrollo normales?
10. ¿Puede un gen implicarse tanto en el crecimiento de las células madre como en el de algunos tipos de cáncer? Explica la respuesta.
11. El consumo de tabaco es la causa fundamental de cáncer en Cuba. Elabora una hipótesis sobre la base de lo aprendido de la regulación epigenética.
12. Investiga sobre las posibles aplicaciones de las células madre y la clonación, en la conservación de especies en peligro de extinción.
13. Investiga qué se hace en tu comunidad para estimular un envejecimiento satisfactorio de los adultos mayores.
14. Elabora una lista de los cambios que deberás asumir en tu estilo de vida para lograr un envejecimiento satisfactorio.
15. ¿Qué relación existe entre las enfermedades no transmisibles—principales causas de muerte en Cuba—y los estilos de vida? Investiga las causas principales en nuestro país y en tu localidad.

ACTIVIDADES PRÁCTICAS

Seminario: Problemas bioéticos del uso de las células madre y la aplicación de técnicas de clonación y transgénesis en la agricultura, la ganadería, la medicina, la industria alimentaria y farmacéutica

Objetivo: Valorar desde el punto de vista bioético, la aplicación práctica de los avances biotecnológicos y su utilización en Cuba en el desarrollo de la agricultura, la ganadería y la medicina, a favor de la sostenibilidad de la vida.

En la bibliografía orientada por el docente, y con la visualización del video “¿Diseñar la vida?” de la serie audiovisual *Nuestro futuro común*, se debe gestionar información relacionada con el uso de las células madre y la aplicación de técnicas de clonación y transgénesis en la agricultura, la ganadería, la medicina, la industria alimentaria y farmacéutica..

Clase práctica: Resolución de ejercicios y problemas sobre desarrollo individual

Objetivo: Resolver problemas de la vida relacionados con la salud humana, el desarrollo agropecuario sostenible y la conservación de la biodiversidad, aplicando los conocimientos sobre las causas del proceso de desarrollo individual desde el nivel celular hasta el de organismo, a partir de la relación genotipo-ambiente-fenotipo.

La clase práctica se desarrollará partiendo de la solución y el debate de los ejercicios de la sección Desafíos y otros propuestos por el docente.





CAPÍTULO 3

Evolución: adaptación y diversificación de los sistemas vivientes

No es la más fuerte de las especies la que sobrevive, tampoco es la más inteligente la que sobrevive. Es aquella que se adapta más al cambio.³

Desde sus inicios, la humanidad ha dependido de la biodiversidad para satisfacer sus necesidades de alimentación, abrigo, vivienda, medicinas, entre otras; la vida humana no es posible sin la existencia de los organismos vivos con los que coexistimos. Sin embargo, la actividad humana ha provocado contaminación ambiental y cambio climático, ocasionando serias afectaciones a los hábitats naturales. Esta situación es la causa fundamental de que se acelere el proceso de pérdida de la biodiversidad, y amenaza nuestra propia existencia. Se calcula que actualmente el ritmo de extinción, supera ampliamente al de formación de nuevas especies, lo que implica la pérdida neta de biodiversidad (figura 3.1).



Fig. 3.1 Ave afectada por un derrame de petróleo en su hábitat

³ L. C. Megginson: *Lessons from Europe for American Business*, The Southwestern Social Science Quarterly, 1963, 44(1), 313. <http://www.jstor.org/stable/42866937>



Reflexiona

- ¿Qué podemos y debemos hacer para frenar la pérdida de la biodiversidad?
- ¿Será posible una solución, sin explicar el origen de la gran **diversidad de especies** existente y su adaptación a condiciones ambientales tan diferentes y cambiantes?
- ¿Por qué la teoría de la evolución es la explicación científica del origen de la biodiversidad y las adaptaciones de los seres vivos?

Las respuestas a estas y otras interrogantes, nos permitirán comprender la responsabilidad que tenemos los seres humanos con la sostenibilidad de la vida en el planeta Tierra, ya que somos resultado de un mismo proceso evolutivo que se inició hace más de cuatro mil millones de años.



Recuerda que ...

La vida es una forma especial de existencia de unidades de materia orgánica con elevada complejidad e integridad estructural y funcional, que poseen un funcionamiento autorregulado en interacción con el medio ambiente, su desarrollo, **perpetuación** y evolución en el tiempo. Esta se originó como resultado de las transformaciones físicas y químicas de la materia, que dieron paso a la formación abiogénica de la materia orgánica a partir de la inorgánica, proceso que condujo al aumento de la complejidad de la primera en las condiciones de la Tierra primitiva, dando lugar a las primeras células. A partir de este momento se inició el proceso de evolución biótica, que comprende los cambios que se producen en los grupos de organismos vivos en el tiempo, cuyo resultado es el desarrollo de adaptaciones y la diversificación de estos.

Dedicaremos este capítulo a profundizar en las causas de la evolución y en las contradicciones que se han producido a lo largo de la historia de las ciencias, para explicar el origen de la gran diversidad de la vida.

3.1 Existen diversas concepciones sobre el origen de la biodiversidad

Las explicaciones sobre el origen de la diversidad en la vida han sido causa de mucha controversia a lo largo de la historia de la humanidad,

CAPÍTULO 3

algunas de ellas han llegado a la actualidad: unas plantean que esta fue creada por seres sobrenaturales, y otras que es el resultado de la evolución. En la década de los años 80 del siglo pasado, en los Estados Unidos surgió un argumento pseudocientífico conocido como “diseño inteligente”, fundamentado en la idea de que la complejidad de los organismos vivos es tal, que no se puede explicar como resultado de la acción de fuerzas naturales; plantea que el origen de la biodiversidad actual se debe a la acción de una “inteligencia creadora universal” que actúa como un diseñador sobrenatural.



Reflexiona

- ¿La biodiversidad es un resultado de la evolución o fue creada por un ser sobrenatural?
- ¿Cuáles fueron las principales explicaciones elaboradas a lo largo de la historia sobre el origen de la biodiversidad?
- ¿Quiénes protagonizaron la lucha de ideas en torno a este complejo problema?
- ¿Es correcto considerar como científicos los postulados del “diseño inteligente”?

Desde los albores de la civilización se han elaborado diferentes ideas, hipótesis, y teorías —desde las más ingenuas, idealistas o materialistas, hasta otras con fundamento científico— con las que se ha intentado responder estas interrogantes, aunque con limitaciones según la época. Actualmente se cuenta con una disciplina científica denominada biología evolutiva, basada en los adelantos de las diferentes ramas de las ciencias biológicas, que cada día incorpora nuevos avances y descubrimientos.

Los primeros estudios de biología no incluían el concepto de evolución; la ciencia antes de Darwin se encontraba muy influida por la teología, que sostenía que todos los organismos fueron creados simultáneamente por un creador sobrenatural, y que toda forma de vida permanecía fija e inmutable desde su creación. Esta fue la explicación que del origen de la diversidad de la vida dieron los antiguos filósofos griegos, en especial Anaximandro de Mileto, Platón y Aristóteles.

A inicios del siglo xviii se arraigan las ideas fijistas sobre la inmutabilidad de las especies, sustentadas por eminentes científicos de la época como el

sueco Carl von Linné (1707-1778) y el francés Georges Cuvier (1769-1832), (figura 3.2).

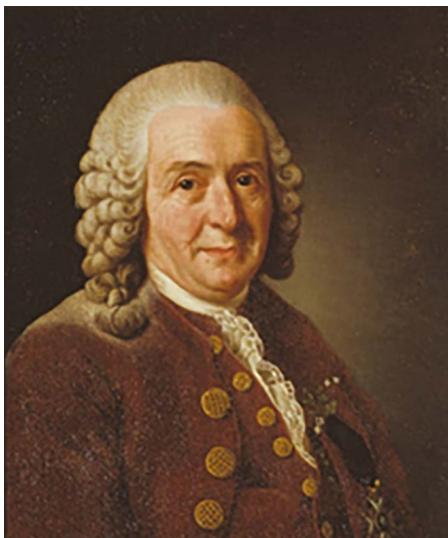


Fig. 3.2 Principales figuras fijistas. De izquierda a derecha:
Carl von Linné y Georges Cuvier

A Linné le debemos, entre otras cosas, la idea y creación de las reglas para establecer los nombres científicos de los organismos, que han llegado hasta la actualidad. Aunque fue fijista, sus aportes sentaron las bases para el desarrollo de las ideas evolucionistas.

Georges Cuvier descartaba el proceso natural de formación de especies y por lo tanto la evolución, sostenía que eran suficientes 6000 años de antigüedad de la Tierra para explicar la biodiversidad existente. Sin embargo, precisó que los fósiles eran restos de especies extintas, y no de especies todavía vivas en otras partes del mundo, tal como se creía entonces.

El gran naturalista francés Georges Louis Leclerc, conde de Buffon (1707-1788), afirmaba que sí había cambios y que todos los animales tenían un mismo antecesor. Sin embargo, la presión de la sociedad y la religión hizo que desechara sus ideas y se mantuviera del lado de la inmutabilidad de las especies. No obstante, sus ideas influyeron en el desarrollo del pensamiento evolucionista del francés Jean Baptiste Lamarck (1744-1829) y del inglés Charles Darwin (1809-1882), (figura 3.3).



Fig. 3.3 Principales exponentes de la corriente evolucionista. De izquierda a derecha: Jean Baptiste Lamarck y Charles Darwin

En la segunda mitad del siglo XVIII comenzaron algunas de las más importantes controversias entre fijistas y evolucionistas. En un contexto científico en el que la evolución ya se contemplaba como una posibilidad, algunos naturalistas empezaron a hacer propuestas sobre cómo ocurría este proceso. Entre ellos se destacó Jean Baptiste Lamarck, uno de los primeros en proponer una explicación del proceso evolutivo —considerada la primera teoría que explica cómo pudo haber ocurrido el proceso de evolución— en un libro que nombró “Filosofía zoológica”.

3.1.1 ¿Cómo concibió Lamarck las causas del proceso evolutivo?

Los estudios de sistemática realizados por Lamarck lo convencieron de que las especies no son inmutables, sino que se derivan de otras preexistentes.

Analizaremos la concepción de Lamarck mediante el ejemplo de la evolución de las jirafas (figura 3.4). Según sus ideas, existió una especie antecesora de cuello corto, que se alimentaban de las hojas de los árboles a medida que consumieron las hojas de las ramas de la parte baja, tuvieron necesidad de alcanzar las más altas; esto generó un “sentimiento interno”

que les imponía un mayor esfuerzo de estirar el cuello para alcanzarlas. Con el transcurso del tiempo el cuello se iba alargando ligeramente, y este pequeño estiramiento era transmitido a la descendencia. Los descendientes continuaron estirando sus cuellos al alimentarse también de hojas de árboles, lo que se ha repetido en generaciones sucesivas (figura 3.4).

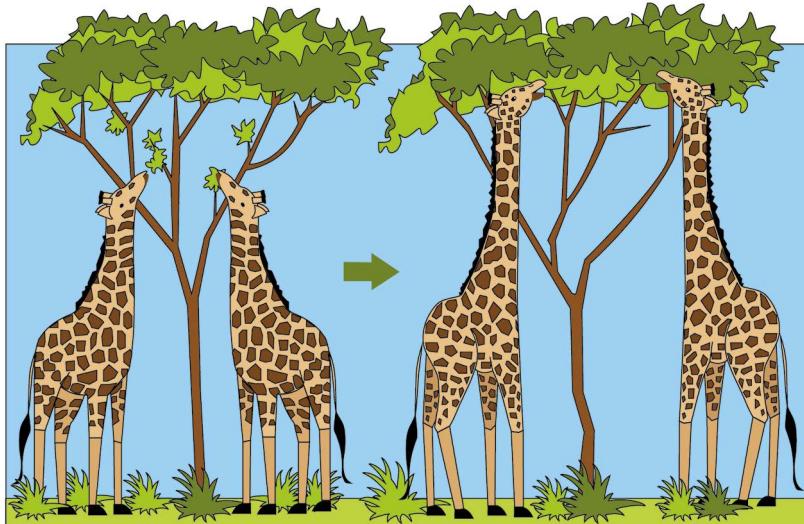


Fig. 3.4 Evolución de las jirafas según Lamarck



De la historia

Según expresó Lamarck en su libro *Filosofía zoológica*: “[...] Se sabe que este animal [la jirafa], el más alto de los mamíferos, vive en el interior del África, donde la región árida y sin praderas le obliga a ramonear los árboles. De este hábito, sostenido después de mucho tiempo, en todos los individuos de su raza, resultó que sus patas delanteras se han vuelto más largas que las de atrás, y que su cuello se ha alargado de tal manera, que el animal, sin alzarse sobre las patas traseras, levanta su cabeza y alcanza con ella a seis metros de altura.”⁴

⁴ J. B. Lamarck: *Filosofía zoológica*, Ed. Alfa Fulla Mundo Científico, Col. Noctulabium, España, pp. 187-188..

CAPÍTULO 3

El razonamiento esencial de Lamarck fue que una gran modificación en el medio ambiente donde se desarrolla una especie, daría como resultado la necesidad de un cambio o “sentimiento interno”. Esta necesidad formaría en el animal nuevos hábitos que le permitieran adaptarse a su nuevo ambiente. En el caso de las jirafas, como cada generación de antecesores alarga ligeramente su cuello, con el tiempo se llega a desarrollar una especie con el cuello muy largo, como la jirafa actual.

Podemos resumir que los planteamientos esenciales de la comprensión evolucionista de Lamarck fueron los siguientes:

- El uso y desuso de los órganos: ante las variaciones del medio ambiente, unos órganos se ejercitan más y por lo tanto se desarrollan, y los que son poco usados durante largo tiempo se van atrofiando; como consecuencia ocurren transformaciones anatómicas, fisiológicas y conductuales que constituyen nuevas adaptaciones.
- El “sentimiento interno” como causa del desarrollo de las modificaciones ante los cambios del medio ambiente.
- Herencia de los caracteres adquiridos: plantea que cualquier organismo puede transmitir a sus descendientes aquellos caracteres que ha adquirido durante su vida. De esta forma los descendientes heredarían los caracteres desarrollados como resultado del uso o desuso de los órganos.

Las ideas formuladas por Lamarck contribuyeron considerablemente al desarrollo del pensamiento científico, enfrentándose a la idea de la inmutabilidad de las especies. En ella se explicó por primera vez la evolución de los organismos, incluyendo a la especie humana. Uno de los principales aportes fue su postulado acerca de la influencia que tiene el medio ambiente sobre los organismos, como una de las causas de los cambios evolutivos.

Sin embargo, la idea del “sentimiento interno” generado por la necesidad de adaptarse, carece de fundamento científico. La comprensión de que la adaptación se produce como respuesta a la ocurrencia de cambios ambientales, constituye otro error nombrado como teleológico; a esta manera de explicar la evolución se le denomina lamarckismo y a sus seguidores se les considera lamarckistas.

¿Sabías que...?

En la actualidad se aprecia que en determinada literatura, documentales y otros materiales de divulgación científica, se presentan explicaciones teleológicas o lamarckistas. Un ejemplo es cuando al explicar el origen de los anfibios se plantea que un grupo de peces primitivos desarrollaron pulmones “para” el intercambio de gases con el aire atmosférico. Aquí se plantea erróneamente que los pulmones tienen una finalidad, como una intención consciente, lo cual constituye la esencia del teleologismo.

El planteamiento de Lamarck acerca del desarrollo de los órganos, su uso y desuso, es correcto. Los órganos que se usan se desarrollan y los que no, se atrofian. Sin embargo, la suposición de que los caracteres adquiridos durante la vida se podían heredar a los hijos no fue totalmente acertada. Si esto fuera así, una persona que adquiere el gusto por la lectura tendrá hijos que nacerán con esa aptitud, o los hijos de los deportistas heredarían sus habilidades físicas. Un ejemplo que demuestra lo contrario es que existen razas de perros a las que les recortan la cola y las orejas, sin embargo las de sus descendientes son normales. No obstante, las investigaciones de los últimos años acerca de las modificaciones epigenéticas que estudiaste en décimo grado, han abierto una nueva perspectiva sobre la posibilidad de que ciertos caracteres fenotípicos modificados por factores ambientales puedan ser transmitidos a la descendencia.



Recuerda que ...

Los cambios epigenéticos que contribuyen a regular la expresión genética y la organización de la cromatina pueden ser condicionados por el entorno. Estas modificaciones epigenéticas, como ya conoces, no afectan la secuencia de nucleótidos de los genes, sino su expresión. Se sabe que los patrones de metilación del ADN al ser modificados por el ambiente —aunque no son mutaciones— son transmitidas a la descendencia, consiguiendo que sus efectos se manifiesten en los hijos como una herencia de modificaciones epigenéticas, aunque no exactamente como una “herencia de caracteres adquiridos” como la concebía Lamarck en su época.



Saber más

En 1998 se realizaron experimentos con ratones de la raza agouti que presentan coloración amarilla, la cual puede cambiar a marrón con la ingestión de alimentos ricos en grupos metilo. Estos grupos químicos se unen al ADN modificando la expresión de los genes del color. Su secuencia nucleotídica no cambia en absoluto por la ingesta de los alimentos, pero la expresión de dichos genes provoca el cambio a marrón de la coloración del pelaje, que sorprendentemente es heredado por su descendencia.

Lamarck tuvo grandes méritos a pesar de sus limitaciones, entre estos se encuentra el de haber sido el primero en proponer y publicar sus ideas sobre cómo interpretaba el proceso evolutivo, a lo que se le considera la primera teoría evolutiva con fundamentos materialistas propuesta en la historia de las ciencias biológicas. Admitía que la materia constituye la base del mundo, de todos los cuerpos, pero que por ser inerte tiene necesidad de un impulso interior que le comunicara movimiento, y atribuía ese impulso a la obra del Creador. Lamarck se enfrentó con sus argumentos a la idea casi absoluta en su época —que desde ese momento permanecían inmutables como en el fijismo de Cuvier— de que todas las especies habían sido creadas por Dios.



De la historia

Lamarck no defendió pública y coherentemente sus ideas, de ahí que nunca fueran tomadas muy en serio. Se cuenta que Napoleón le recriminó en público cuando intentaba hacerle entrega de un ejemplar de su obra *Filosofía zoológica*, poniéndolo en ridículo.

Aunque se casó cuatro veces y tuvo cuatro hijos, pasó los últimos años de su vida en la indigencia, ciego, cuidado por una de sus hijas. Murió a los 85 años de edad y fue enterrado en una fosa común sin un reconocimiento científico a sus ideas, que fueron reevaluadas con rigor en la segunda mitad del siglo xix cuando se le valoró como pensador profundo y avanzado para su época.

3.1.2 ¿En qué consistió la teoría de la selección natural planteada por Darwin y Wallace?

Los estudios sobre evolución tuvieron sus máximos creadores en Charles Darwin (1809-1882) y Alfred Russel Wallace (1823-1913), quienes de forma independiente llegaron a similares conclusiones respecto a cómo se produce la evolución del mundo vivo.



Recuerda que ...

En 1831 Charles Darwin —en plena juventud— inició un largo viaje como naturalista en el ahora famoso barco HSM Beagle, recolectando muestras de rocas, animales y plantas, y registrando sus observaciones. Después de muchos años de estudio, colección de ejemplares y análisis de sus datos, llegó a conclusiones acerca de las causas de la evolución, y planteó que la causa más importante de la adaptación es la selección natural, (figura 3.5).



Fig. 3.5 Recorrido de Darwin en el buque *HMS Beagle*

Charles Darwin recibió la influencia de su abuelo Erasmus Darwin (1731-1802), quien escribió un libro llamado *Zoonomia*, que contiene un tratado sobre la “generación” en el cual presenta la idea de la evolución, incluso antes que Lamarck.

CAPÍTULO 3

Además de hacer observaciones de la naturaleza durante su viaje en el *Beagle*, Darwin se nutrió de fuentes como la metodología de la biogeografía de Alexander von Humboldt, la geología uniformista de Lyell y los trabajos de Thomas Malthus sobre el crecimiento demográfico.

Por otro lado, reunió información de agricultores y criadores de ganado con experiencia en domesticación de especies, sobre selección artificial de vegetales y animales. Estas fuentes le sirvieron para elaborar una teoría evolutiva basada en la selección natural. De forma independiente, Alfred Russel Wallace pudo llegar a conclusiones similares (figura 3.6).



Fig. 3.6 Retrato de Alfred Russel Wallace



De la historia

Wallace fue un naturalista, antropólogo, biólogo y geógrafo británico que exploró ampliamente la cuenca del río Amazonas y el archipiélago malayo. De manera similar a Darwin realizó estudios sobre la distribución de distintas especies, por lo que fue considerado el padre de la biogeografía. Además, llegó a describir algunos procesos de aislamiento reproductivo, condición necesaria en la formación de nuevas especies.

Mientras se encontraba realizando trabajos de campo llegó a conclusiones muy semejantes a las de Darwin sobre la selección natural sin nombrarla de esa manera, y se las hizo llegar antes de que este publicara el libro.

Las ideas de Wallace sirvieron a Darwin para confirmar lo que ya pensaba, por lo que antes de terminar y publicar su libro presentó las ideas de ambos ante la Sociedad Linneana. La historia ha demostrado la honorabilidad de Darwin, así como la profunda humildad y deferencia de Wallace para con él, convirtiéndose en un gran defensor de sus ideas.

El viaje de Darwin en el Beagle duró cinco años y le permitió obtener evidencias que luego analizó durante 20 años aproximadamente, tiempo que tardó para escribir y publicar sus conclusiones en el libro *El origen de las especies por medio de la selección natural* (figura 3.7). Esto demuestra que su teoría no fue el resultado de un proceso de investigación apresurado, sino mesurado y bien documentado. El acontecimiento que se considera marcó el inicio de la biología moderna, fue la publicación del libro un 24 de noviembre de 1859.

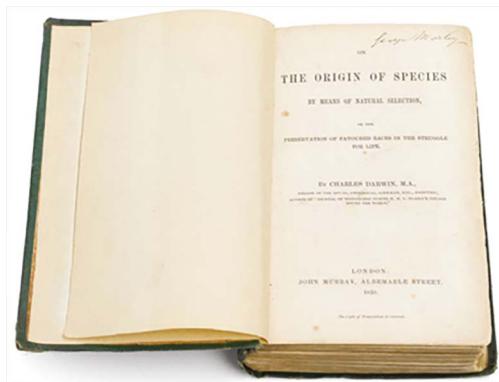


Fig. 3.7 Primera edición del libro *El origen de las especies por medio de selección natural*

En este libro Darwin expone cómo los organismos vivos se reproducen en progresión geométrica, pero no todos llegan al estado adulto. Postula para explicar este fenómeno que entre ellos existe una lucha por la existencia, en la que los que tienen variaciones favorables en relación con el medio ambiente tienen más ventajas sobre los demás de la misma especie. Como consecuencia ocurre la selección natural, proceso mediante el cual los individuos más aptos sobreviven y se reproducen, ya que poseen variaciones hereditarias favorables.

CAPÍTULO 3

Si explicamos el origen de las jirafas según la teoría de Darwin, debemos plantear que entre los individuos de esa especie había variaciones: existían jirafas con cuello corto y otras con cuello más largo que se alimentaban de plantas como arbustos y hierbas, pero en la medida en que se incrementó el número de jirafas, también aumentó la competencia por el alimento.

Las jirafas con cuellos más largos tuvieron una ventaja sobre las otras, ya que podían alcanzar hojas y ramas más altas, por lo que fueron favorecidas por la selección natural, es decir, tuvieron más probabilidades de sobrevivir, de reproducirse y de transmitir esta característica a su descendencia. De forma similar se desarrollaron otras adaptaciones como las patas delgadas y largas, que les permiten caminar grandes distancias durante la búsqueda de alimento y agua. Además, tienen una lengua larga y prensil que les ayuda a agarrar ramas y hojas (figura 3.8).

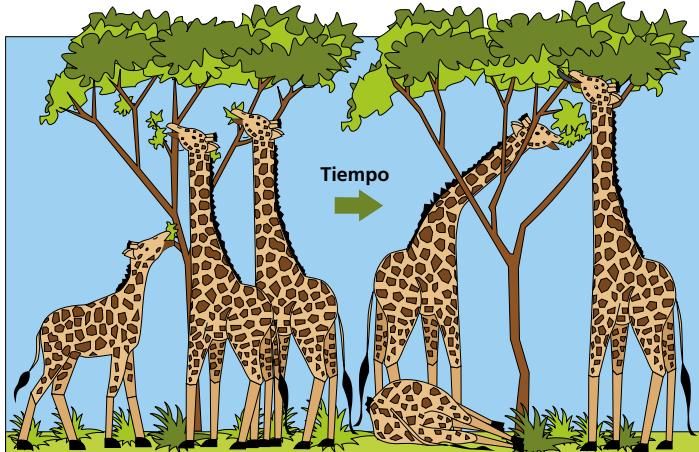


Fig. 3.8 Evolución de las jirafas según Darwin

Los principales postulados de su teoría evolucionista son:

- Las especies no son inmutables, cambian mediante la evolución.
- Existen variaciones entre organismos de una misma especie.
- Las poblaciones de las especies tienden a aumentar, pero los recursos disponibles en el medio ambiente son limitados.
- La lucha por la supervivencia provoca que los organismos con variaciones menos ventajosas con respecto a las características ambientales no sobrevivan, mientras que los más aptos sobreviven, se reproducen y transmiten sus características exitosas a

- la descendencia. Darwin nombró selección natural al proceso de supervivencia del más apto.
- La evolución es un proceso lento y gradual que origina diversidad y adaptaciones a las condiciones ambientales en los organismos; estas se acumulan permitiendo la formación de nuevas especies.



De la historia

Al morir Darwin un 19 de abril de 1882, José Martí escribe un sentido obituario en el que lo describe, y refleja su criterio acerca de la grandeza de este científico:

Darwin era un anciano grave, en quien resplandecía el orgullo de haber visto. El cabello, cual manto blanco, le caía sobre la espalda. La frente remataba en montículos en las cejas, como de quien ha cerrado mucho los ojos para ver mejor. Su mirada era benévolas, cual la de aquellos que viven en trato fecundo con la naturaleza, y su mano blanda y afectuosa, como hecha a cuidar pájaros y plantas.⁵

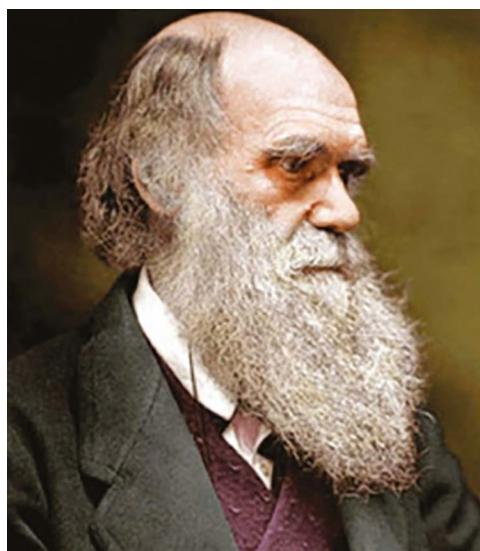


Fig. 3.9 Fotografía coloreada de Charles Darwin

⁵ J. Martí: "Darwin ha muerto", *Martí en la Universidad*, t. IV, Ed. Félix Varela, La Habana, 1997, p. 235.

CAPÍTULO 3

El mérito principal de la teoría de selección natural de Darwin-Wallace consiste en que descubrió las fuerzas de la evolución: las variaciones y la selección natural como causas de la diversidad de especies y de la adaptación de los organismos a las condiciones concretas del medio ambiente. Su teoría significó el inicio de una revolución científica, filosófica, política, ideológica y religiosa en toda Europa.

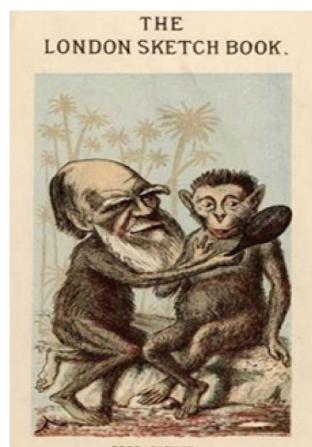
Podemos considerar una limitación de su teoría, el que aunque consideró la existencia de las variaciones, no pudo explicar sus causas. Esto es razonable, porque aunque ya en su época se hacían trabajos de selección artificial en los que se basó para identificar las variaciones como causa de la evolución, aún no se había desarrollado la genética, y se desconocía la existencia de las mutaciones y de las bases citológicas de la recombinación genética. También se debe señalar que el análisis de la selección natural realizado por Darwin, se limita al nivel de individuo como supervivencia de los más aptos. Posteriormente, el desarrollo de la genética y la ecología permitió una comprensión de los efectos de la selección natural como fuerza evolutiva a nivel poblacional.

La teoría de Darwin negó científicamente la inmutabilidad de las especies, y provocó un encendido debate acerca de las concepciones creationistas del origen de estas, también sentó las bases fundamentales para su posterior enriquecimiento a partir del desarrollo de nuevas ramas de las ciencias biológicas.

3.1.3 ¿Qué otras concepciones evolutivas se han planteado después de Darwin?

Después de publicada la teoría de la selección natural en 1859 se produjo un momento de reacción negativa de los adeptos a la inmutabilidad de las especies, en una Europa dominada por las concepciones religiosas, llegando incluso a ridiculizar a Darwin en publicaciones de la época (figura.3.10).

Fig. 3.10 Caricatura de Darwin en un grabado de la época



Por el contrario, en el lado de los seguidores del evolucionismo no se dio importancia a los criterios contrarios. Sin embargo en 1900, al redescubrirse los trabajos experimentales de Mendel en los que se postulan regularidades del fenómeno de la herencia, se produce un período de reacción contra la teoría de Darwin. El holandés Hugo Marie de Vries (1848-1945) —que se muestra en la figura 3.11— fue uno de los redescubridores de las leyes de Mendel y postuló una teoría diferente sobre la evolución.



Fig. 3.11 Retrato de Hugo de Vries

Mientras que Darwin y Wallace centraron la interpretación del proceso evolutivo en la selección natural, Hugo de Vries planteó que la evolución se debía a una serie de mutaciones ocurridas en los organismos sin la intervención de la selección natural. A esta teoría se le denominó mutacionismo, pero su éxito fue efímero.

En la figura 3.12 podemos ver las imágenes de los ingleses Ronald Aylmer Fisher (1890-1962), John Burdon Sanderson Haldane (1899-1964), y del norteamericano Sewall Wright (1889-1988), que juntos unificaron la idea de la evolución por selección natural con la genética de las poblaciones en la llamada síntesis moderna, que revitaliza la importancia de la selección natural como fuerza evolutiva fundamental. También integran el hecho de que las mutaciones constituyen una de las causas de las variaciones hereditarias.

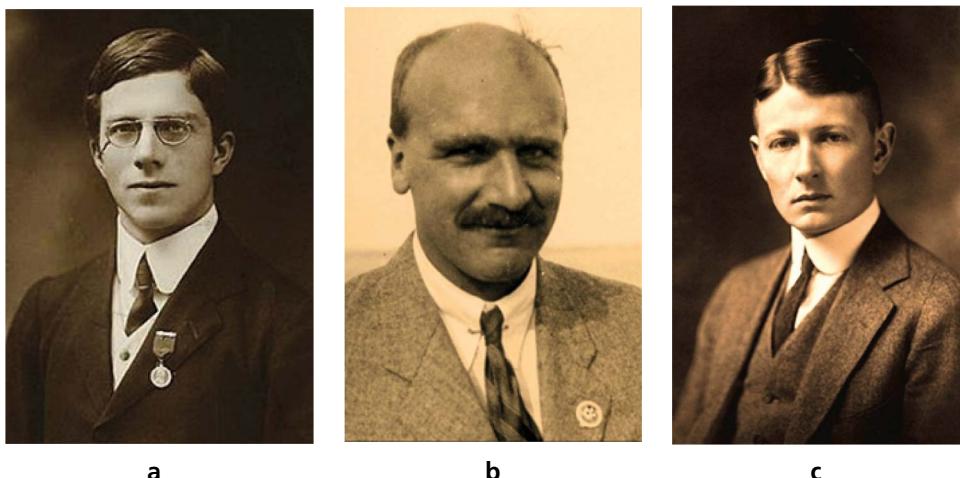


Fig. 3.12 Creadores de la teoría sintética de la evolución: a) Ronald A. Fisher,
b) J. B. S. Haldane, c) Sewall G. Wright

Esta corriente considerada como neodarwinista, desarrolló la teoría sintética de la evolución —que será objeto de estudio en el próximo epígrafe— como resultado de la integración de las ideas evolucionistas predecesoras más valiosas, y los nuevos avances en las ciencias biológicas de la primera mitad del siglo xx.

A pesar del desarrollo alcanzado en los estudios evolutivos, los detractores de la evolución aun contradicen estos postulados que están fundamentados científicamente y comprobados por evidencias paleontológicas y de otras ciencias, así como mediante experimentos genéticos y ecológicos.



Saber más

Recientemente ha resurgido un nuevo debate que intenta oponer la fe a la ciencia, de ahí la importancia de su estudio. Si navegamos por internet buscando sitios o blogs relacionados con la evolución, podremos encontrar criterios pseudocientíficos de los partidarios del “diseño inteligente”. Ellos plantean que las características de los sistemas vivientes muestran una complejidad y perfección tal, que su origen no puede ser el resultado de un proceso natural como la selección natural. Esta propuesta plantea que la única explicación de la diversidad de la vida es la existencia de una inteligencia sobrenatural, por lo que en esencia es una explicación creacionista.

Las ideas respecto a la evolución han cambiado durante el tiempo conforme se han ampliado y profundizado los conocimientos aportados por la ciencia y la tecnología. La historia de la biología ha estado prácticamente signada por las contradicciones entre ideas fijistas y evolucionistas.

Comprueba lo aprendido

1. Elabora un cuadro resumen con los aspectos positivos y las limitaciones de las teorías de Lamarck y de Darwin acerca de las causas del proceso evolutivo.
2. Haz una valoración sobre la importancia de las ideas evolucionistas planteadas por Lamarck.
3. Identifica la teoría que se emplea en cada caso: Lamarck, Darwin, o Vries, durante el análisis de los cambios evolutivos exemplificados a continuación:
 - a) Los gatos salvajes atigrados son más ágiles que los de color uniforme, por lo que en la lucha por la supervivencia sobreviven y se reproducen.
 - b) En un tipo de reptil que no poseía coraza protectora ocurrieron sucesivas mutaciones que dieron lugar a la formación de nuevas especies con coraza, hasta originar las tortugas actuales.
 - c) Dentro de una especie de animales de cuello y patas cortas que se alimentaban de las hojas bajas de los árboles, algunos de ellos presentaban el cuello y las patas más largos y robustos. Al escasear las hojas bajas, los que tenían características más favorables sobrevivieron, lo que dio lugar a las jirafas actuales.
 - d) Algunas aves que pasaron a vivir en el agua desarrollaron membranas interdigitales, y las patas se inclinaron hacia atrás como resultado de la necesidad de nadar y la ejercitación sostenida. Con el transcurso del tiempo estas características adquiridas fueron trasmitiéndose, hasta que se originaron organismos con patas adaptadas como las de los patos actuales.
4. ¿Por qué podemos afirmar que la teoría de Darwin tuvo una gran repercusión sobre el pensamiento científico?

3.2 La teoría sintética de la evolución es la explicación más acertada del origen de la biodiversidad

El desarrollo de la citología, la genética, la paleontología y la ecología en el siglo xx proporcionó un nuevo y fértil campo en el avance de los estudios evolutivos, sintetizándose muchos aportes de científicos de este siglo y de los anteriores. Así se desarrolló lo que conocemos como la teoría sintética de la evolución, que constituye la explicación científica actual más reconocida y compartida por la comunidad científica, acerca del origen de la biodiversidad.



Reflexiona

- ¿Cómo se integraron los principales aportes de diferentes ciencias biológicas para enriquecer y actualizar la teoría de la evolución propuesta por Darwin y Wallace?
 - ¿Cuál es la importancia de una teoría científica que explique cómo se originó la biodiversidad en el planeta?
 - ¿Es posible explicar la actual pérdida de biodiversidad sin una comprensión científica de su origen y evolución?

3.2.1 ¿Cuáles son los fundamentos de la teoría sintética de la evolución?

Los creadores de la teoría sintética de la evolución no solo se basaron en conocimientos nuevos y desconocidos por evolucionistas precedentes, sino que retomaron de las viejas teorías, todo lo valedero y útil para su conformación. Esta labor de análisis y síntesis no fue obra de un día ni de un solo científico, y se caracterizó porque el problema fue abordado desde diferentes ámbitos del conocimiento biológico, razón por la cual era prácticamente imposible que una sola persona la originara.

La síntesis de concepciones y teorías evolutivas —antecedentes en particular y biológicas en general— fue lo que motivó que la nueva teoría moderna de la evolución desarrollada en el siglo xx recibiera el nombre de teoría sintética.

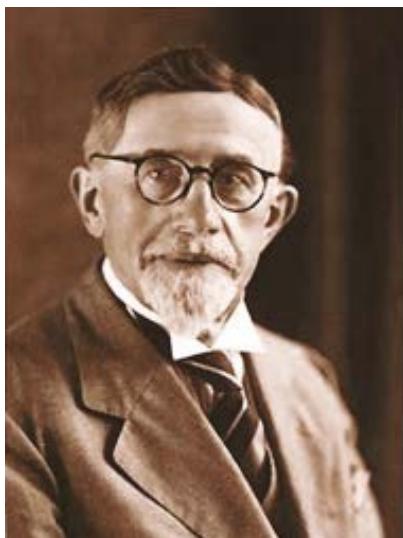
En resumen, los más importantes aportes de las teorías anteriores y los nuevos avances de las ciencias biológicas de la época fueron las siguientes:

- J. B. Lamarck: mostró la importancia de tomar en cuenta la influencia del medio ambiente al explicar el surgimiento de las adaptaciones.
- Darwin-Wallace: definió la teoría de la selección natural como el proceso que promueve el origen de nuevas variedades y especies.
- Hugo de Vries (1848-1945) junto a Carl Erick Correns (1864-1933) y Erick Von Tschermak (1871-1962): redescubrieron las leyes de Mendel en 1900, lo cual impulsó el desarrollo de la genética poniendo en claro lo referente al origen de las variaciones hereditarias y su transmisión de padres a descendientes.
- Hugo de Vries (figura 3.11): consideró las mutaciones como causa de las variaciones hereditarias en los organismos.
- Ronald Fischer, J. B. S. Haldane (figura 3.12) y Sewall Wright (figura 3.13): desarrollaron la genética de poblaciones, revitalizando la idea de la importancia de la selección natural como la fuerza básica de evolución; en diferentes publicaciones realizadas de 1930 a 1932 lograron demostrar sus observaciones de manera independiente por métodos matemáticos e integrando las ideas darwinistas y mendelianas.
- Theodosius Dobzhansky (figura 3.13): vivió entre 1900 y 1975; aplicó la teoría cromosómica de su profesor Thomás Hung Morgan, y la matemática de la genética de poblaciones a poblaciones naturales de organismos, en particular sobre poblaciones de *Drosophila melanogaster*. Su trabajo "Genética y el origen de las especies" publicado en 1937, se considera como uno de los más influyentes de la teoría sintética de la evolución.
- Julian Huxley (figura 3.13): nació en 1887 y murió en 1975. En 1942 formuló de forma definitiva en su libro "Evolución, síntesis moderna" los postulados básicos de la teoría sintética de la evolución; en este empleó los términos «síntesis evolutiva» y «teoría sintética» e introdujo el término biología evolutiva.

CAPÍTULO 3



a



b



c



d

Fig. 3.13 Algunos de los creadores de la teoría sintética de la evolución.

- a) Carl Erich Correns,
- b) Erich Von Tschermark,
- c) Theodosius Dobzhansky y d) Julian Huxley

La teoría sintética de la evolución constituyó la explicación más completa del proceso evolutivo, y se basó en la reelaboración de los aspectos positivos de las teorías precedentes y en la unificación de los nuevos descubrimientos científicos, fundamentalmente de los campos de la genética poblacional, la ecología y la paleontología.

Los estudios de genética poblacional centraron su atención en el comportamiento de la composición de genes y genotipos en las poblaciones. De manera que la teoría sintética plantea que los cambios evolutivos se producen en las poblaciones, ya que en este nivel biótico es donde ocurre la reproducción y la transmisión hereditaria a la descendencia. Estos cambios se producen en el **genofondo** de la población.

Esta teoría, elaborada en lo fundamental en la tercera y cuarta décadas del siglo xx, continuó su desarrollo y enriquecimiento hasta la actualidad y es considerada la piedra angular de la biología.

La evolución puede definirse como las transformaciones en el conjunto de genotipos y fenotipos de una población en sucesivas generaciones en correspondencia con cambios ambientales específicos, que dan por resultado su adaptación y diversificación.

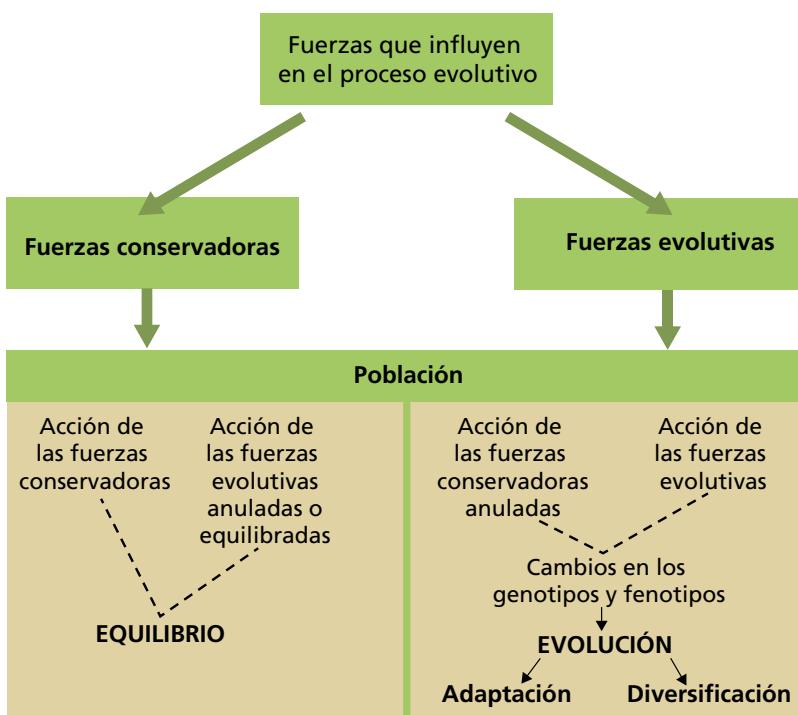
La visión actual y general de la teoría sintética reconoce que fuerzas conservadoras y evolutivas que se contraponen, actúan simultáneamente sobre las poblaciones en el proceso evolutivo: las conservadoras tienden a mantener estables a las poblaciones, mientras que las evolutivas tienden a provocar cambios evolutivos. Si las fuerzas conservadoras son anuladas por las fuerzas evolutivas entonces ocurren cambios evolutivos; si por el contrario las fuerzas conservadoras superan o equilibran a las evolutivas estos cambios no se producen (esquema 3.1).

El surgimiento de la teoría sintética de la evolución tuvo gran significación respecto a las restantes teorías existentes, siendo uno de los mayores logros del pensamiento científico contemporáneo. Sus planteamientos tienen gran aceptación dentro de la comunidad científica de biólogos modernos, pues constituye la explicación más completa del proceso evolutivo; por esta razón es el modelo más aceptado para explicar los fenómenos evolutivos que ocurren en la naturaleza, y brinda la posibilidad de someter sus planteamientos al análisis, la observación y la experimentación científica.

En la actualidad esta teoría se encuentra en constante revisión y enriquecimiento debido a los descubrimientos de la genética molecular, la epigenética, la biología del desarrollo, y la microbiología, entre otras ciencias. Esta renovada mirada a la luz de los nuevos conocimientos, no contradice la esencia de sus principales postulados.

CAPÍTULO 3

Esquema 3.1 Interacción entre las fuerzas conservadoras y evolutivas en una población



3.2.2 ¿Cómo actúan las fuerzas conservadoras en las poblaciones?

La diversidad genética es fundamental en el mantenimiento de la diversidad ecosistémica. Los estudios evolutivos permiten explicar el origen y mantenimiento de la variabilidad en poblaciones amenazadas, como ocurre por ejemplo en Cuba con las diferentes especies del género *Polymita*. La genética poblacional es una ciencia indispensable que fundamenta la introducción de medidas para la conservación de la biodiversidad, ya que permite conocer si la población de una especie determinada está en equilibrio o evolucionando, con respecto a determinadas características. Como resultado es posible determinar si en una población se incrementa la variabilidad genética o si por el contrario esta se reduce, lo que puede ser una de las causas de la reducción de su tamaño y afectar su estado de conservación en un ecosistema.



Reflexiona

- ¿Cómo conocer si una población está en equilibrio o evolucionando, con respecto a determinadas características?
- ¿Cuáles son las fuerzas conservadoras y cómo influyen en las poblaciones?
- ¿Qué importancia tiene el conocimiento de cómo interactúan las fuerzas evolutivas y las conservadoras, en la conservación de la biodiversidad?

Para poder responder estas preguntas, es necesario incursionar en la ciencia que hizo posible estos descubrimientos: la genética de las poblaciones, que como su nombre indica estudia el comportamiento de los genes en las poblaciones.



Recuerda que ...

La transmisión de las características hereditarias está relacionada con la existencia de entidades llamadas genes, que contienen la información genética en las moléculas de ácido desoxirribonucleico (ADN) de las células. Los genes alelos son las variantes que determinan un carácter específico y se localizan en una misma región, posición física o *locus* de un cromosoma.

El genofondo o patrimonio genético de la población es el conjunto de genes que conforman una población. El fenotipo es la expresión de las características heredadas como resultado de la interacción entre el genotipo y el medio ambiente en los individuos.

El objeto de estudio de la genética poblacional es investigar el comportamiento de los genes, y la influencia de las interacciones con el medio ambiente en el fenotipo de los miembros de una población. La variación fenotípica en una población consiste en la presencia de diferentes fenotipos que se manifiestan en los individuos que la constituyen. Las causas de este tipo de variación se basan en la relación genotipo-ambiente-fenotipo.

Entre los organismos que interactúan en una población, la relación reproductiva que caracteriza al grupo implica el intercambio de material genético entre los individuos. Las relaciones ecológicas están determinadas por las interacciones entre ellos, influenciadas por las relaciones con

CAPÍTULO 3

otros componentes del medio ambiente. Los miembros de una población tienen requerimientos similares que permiten su supervivencia y reproducción, y ocupan un espacio generalmente heterogéneo en relación con la disponibilidad de recursos.



Recuerda que ...

Las especies se presentan en la naturaleza a través de una o varias poblaciones, las cuales establecen lazos de apareamiento y parentesco. Los lazos de parentesco que vinculan a los miembros de la misma población están siempre presentes, pero el apareamiento depende de si la especie tiene o no, reproducción sexual.

Para estudiar la constitución del genofondo de una población y sus cambios de generación en generación es necesario determinar las frecuencias genotípicas y génicas o alélicas que integran su acervo de genes.

La frecuencia génica o alélica es la proporción de un alelo determinado, con relación al conjunto de alelos de su *locus* que existe en la población en un momento dado.

La frecuencia génica es también una probabilidad, pongamos un ejemplo en una población de plantas de una especie determinada. Cuando decimos que el alelo (A) de tallo alto tiene una proporción de 0,9, significa que el 90 % de los genes alelos que determinan la altura del tallo son genes dominantes (A) y por lo tanto, solo el 10 % de los genes son recesivos y su frecuencia génica es 0,1.

Las frecuencias génicas se derivan de los alelos portados por los gametos, que se transmiten de una generación a otra; por ello los alelos individuales tienen una continuidad a través de las generaciones a diferencia de los genotipos individuales que se reorganizan en cada generación.

La frecuencia genotípica es la proporción de un genotipo que determina un carácter específico, con relación al número total de genotipos del mismo *locus*, en la población en un momento dado.

La frecuencia genotípica también es una probabilidad, por ejemplo: si el genotipo (AA) se encuentra en una proporción de 0,3, quiere decir que

el 30 % de los individuos de la población poseen genotipos **homocigóticos** dominantes en su constitución genética.

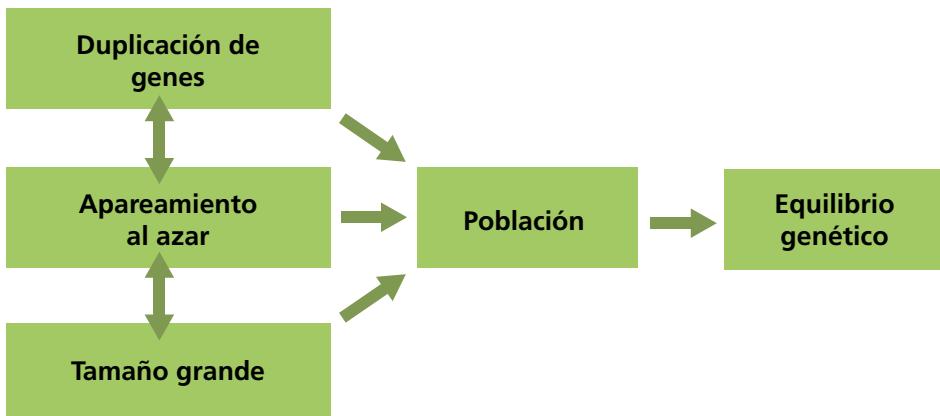
Tanto las frecuencias génicas como las genotípicas, pueden ser comparadas dentro de una población en diferentes generaciones. También es posible hacer comparaciones entre poblaciones de diferentes lugares, teniendo en cuenta una misma generación. Es importante comprender que estas frecuencias caracterizan un momento determinado del desarrollo de las poblaciones, lo que permite realizar inferencias desde los puntos de vista ecosistémico y evolutivo.

El examen estadístico de estas frecuencias permite determinar si una población está cambiando en el tiempo de generación en generación, o si se encuentra estable, sin variación, es decir en equilibrio genético. Por lo tanto, el análisis comparativo es de gran importancia en el estudio evolutivo de una población, pues permite conocer el estado de conservación de la especie.

Una población se encuentra en equilibrio genético cuando las frecuencias génicas y genotípicas se mantienen constantes de generación en generación por la acción de las fuerzas conservadoras.

Las fuerzas conservadoras son los factores que promueven el equilibrio genético en la población. Estas son: la duplicación de los genes paternos en la descendencia, el apareamiento al azar y el tamaño grande de la población (esquema 3.2).

Esquema 3.2 Interacción entre las fuerzas conservadoras



CAPÍTULO 3

La duplicación de los genes ocurre en poblaciones de organismos diploides que se reproducen sexualmente. Esta condición se cumple si los alelos del carácter que se estudia no están situados en un cromosoma que tiene un número distinto de copias en cada sexo, como es el caso el cromosoma X en los humanos.

El apareamiento al azar se da en un carácter cuando tanto los machos como las hembras no tienen en cuenta dicho carácter a la hora de aparearse. Por ejemplo, en una población de aves de colores negro y castaño, los machos negros se aparean igualmente con hembras negras que con las que tienen color castaño, y ocurre lo mismo con los machos castaños.

El tamaño de la población se refiere a la cantidad total de individuos que la forman o al tamaño efectivo de la población, es decir la totalidad de individuos que mantienen su capacidad reproductiva. Por lo tanto, el tamaño efectivo de una población es la cantidad de individuos que realmente pueden contribuir a que sus genes se transmitan a la próxima generación.

El equilibrio genético solo se produce hipotéticamente en poblaciones infinitamente grandes, pero el tamaño de cualquier población por grande que sea, siempre es finito. Esto implica que el equilibrio genético nada más ocurre en poblaciones que al ser suficientemente grandes, tienen la influencia de factores aleatorios reducida al mínimo. En poblaciones pequeñas se altera el equilibrio genético, porque los gametos que pasan a la siguiente generación son muy pocos y quedan más expuestos a la influencia de las fuerzas evolutivas fortuitas, como se analizará más adelante.

Las fuerzas conservadoras, como su nombre lo indica, tienden a mantener constante el equilibrio genético en cada generación. Pero esto solo es posible en determinados caracteres sobre los que no influyen las fuerzas evolutivas, y bajo ciertas condiciones que tienden a conservar el equilibrio.

Por lo tanto, es importante tener en cuenta que el equilibrio genético en las poblaciones es relativo. Existen caracteres controlados por genes que se encuentran en equilibrio genético, y otros son sometidos a la acción de las fuerzas evolutivas, por esta razón las poblaciones siempre están evolucionando. Que un carácter se encuentre en equilibrio no significa que las fuerzas evolutivas no actúen sobre él; en este caso el efecto será siempre menor, y dichas fuerzas serán contrarrestadas por fuerzas conservadoras que mantienen constante las frecuencias génicas y genotípicas, alcanzándose así un equilibrio genético en la población.

Debemos recordar que las poblaciones en la naturaleza son dinámicas: pueden crecer y expandirse o disminuir y contraerse, mediante cambios

en las tasas de nacimiento y de mortalidad, por migraciones, o fusión con otras poblaciones. Esto tiene consecuencias importantes, y las fuerzas evolutivas pueden provocar cambios en la estructura genética de la población, es decir en su genofondo.

3.2.3 ¿Cuáles son las fuerzas evolutivas y cómo actúan en las poblaciones?

La Organización Mundial de la Salud ha alertado sobre una de las mayores amenazas para la salud mundial en la actualidad: la resistencia a antibióticos. Cada vez es mayor el número de microorganismos causantes de infecciones como la tuberculosis, la neumonía o la gonorrea, que desarrollan resistencia ante los antibióticos, lo que dificulta el tratamiento de estas enfermedades. Se conoce que el desarrollo de microorganismos resistentes es un fenómeno natural, resultado de la evolución ante la presión selectiva provocada por el uso indebido de estos fármacos.



Reflexiona

- ¿Cómo el conocimiento del proceso evolutivo permite evaluar esta situación y adoptar medidas para atenuarla?
- ¿Cómo actúan las fuerzas evolutivas en las poblaciones?

Primero debemos comprender que el desarrollo de la resistencia a antibióticos en poblaciones de microorganismos es un cambio evolutivo, por lo que para responder estas preguntas es necesario conocer cuáles son las fuerzas evolutivas y cómo actúan en las poblaciones de organismos.



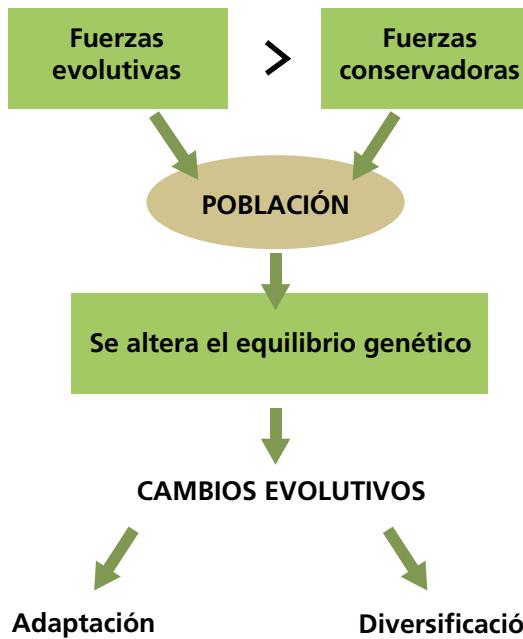
Recuerda que ...

A nivel genético, el cambio evolutivo en una población puede describirse como variación en las frecuencias de los diferentes alelos o en las frecuencias genotípicas, lo que implica cambios en el genofondo de la población.

La manifestación de cambios evolutivos depende de que las fuerzas que conservan el equilibrio sean anuladas o neutralizadas por determinados factores naturales o antrópicos, a los que se denominan fuerzas evolutivas. Cuando las fuerzas evolutivas actúan con mayor intensidad y superan las fuerzas conservadoras, se altera el equilibrio genético y el genofondo de la población, lo que provoca cambios evolutivos (esquema 3.3).

CAPÍTULO 3

Esquema 3.3 Dinámica y resultados del proceso evolutivo



Ya conoces que el equilibrio genético es un estado relativo, ya que en una población existen ciertos genes que pueden estar en equilibrio y otros sometidos a la acción de las fuerzas evolutivas, así es que en realidad las poblaciones siempre están evolucionando.

Las fuerzas evolutivas son eventos naturales que actúan en las poblaciones y pueden alterar el equilibrio genético provocando cambios en su genofondo (tabla 3.1).

Tabla 3.1 Fuerzas evolutivas y sus principales consecuencias

Fuerzas evolutivas			Principales consecuencias
Variaciones genéticas			
Mutaciones	Recombinación genética	Flujo génico	Origen de las variaciones genéticas
Selección natural			Reordenamiento de las variaciones
Deriva genética			Fluctuaciones al azar

Los cambios evolutivos en las poblaciones se deben fundamentalmente a los siguientes procesos:

- Surgimiento de las variaciones genéticas en determinados individuos de una población, originadas por mutaciones, recombinación genética o por el flujo de genes. Estos procesos producen diversidad de caracteres genotípicos y fenotípicos, ocasionando cambios en la estructura, propiedades, funciones y conductas de los organismos.
- Reordenamiento de las variaciones en las siguientes generaciones debido a la acción de la selección natural. Esta fuerza evolutiva favorece la supervivencia y reproducción diferencial de los genotipos que producen variaciones fenotípicas favorables ante determinadas condiciones cambiantes del medio ambiente.
- Se altera el equilibrio genético por cambios en la frecuencia génica o en la frecuencia genotípica. Esto produce cambios en el genofondo de la población, lo que trae como consecuencia el surgimiento de nuevas adaptaciones y el incremento de la diversificación de la población.

También debemos considerar que durante el proceso evolutivo se pueden producir cambios al azar en las frecuencias génicas y genotípicas en las poblaciones, las cuales ocurren fundamentalmente por la fuerza evolutiva denominada deriva genética, que actúa en dependencia del tamaño de la población, como se verá más adelante.

Variaciones genéticas

Las variaciones genéticas ocurren en las poblaciones naturales y sus principales causas son las mutaciones, la recombinación de genes y el flujo genético entre poblaciones. La mayor parte del genoma de una especie es similar en todos sus individuos, sin embargo cambios —aún pequeños— en el genotipo pueden llevar a modificaciones sustanciales del fenotipo.

Las mutaciones y la recombinación genética ya fueron objeto de estudio con anterioridad, ahora profundizaremos en su estudio como causas de las variaciones genéticas como fuerza evolutiva.



Recuerda que ...

Una mutación es cualquier transformación que ocurra en el material genético y cambie la información genética; pueden ser de tipo génica, cromosómica y genómica.

Las mutaciones pueden ser transmitidas o no a la descendencia, lo cual depende de si estas ocurren en células reproductivas o somáticas. Se producen por errores que ocurren en la secuencia de ADN durante su replicación, así como en la distribución de los cromosomas durante la división celular, y pueden o no provocar cambios fenotípicos en sus componentes, estructura, funciones y conducta (figura 3.14). Su importancia radica en que constituyen la principal causa del surgimiento de nuevas variaciones de origen genético, aportando así nuevos alelos al conjunto de genes.

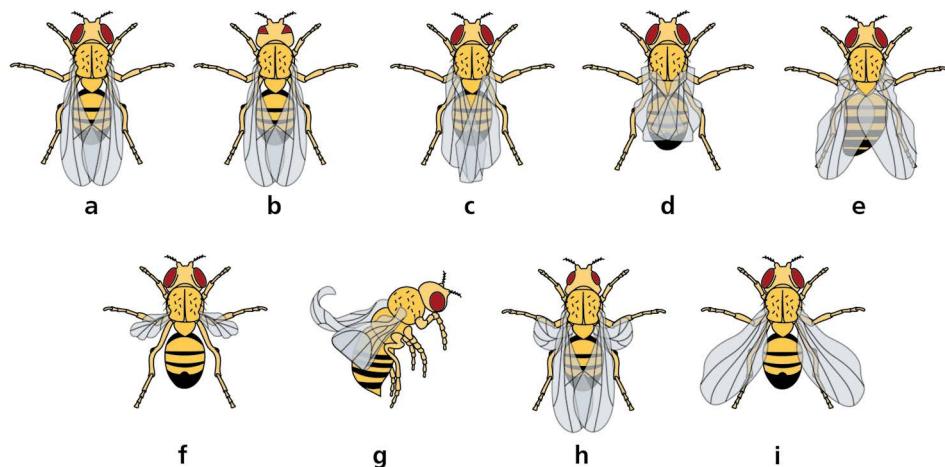


Fig. 3.14 Fenotipos de la mosca *Drosophila melanogaster*: a) tipo silvestre, b) ojos en barra, c) alas recortadas, d) alas rudimentarias, e) abdomen torcido, f) alas vestigiales, g) alas curvadas, h) bitórax, i) diquetas

Aunque el azar influye en la ocurrencia de las mutaciones, debemos considerar que existen condiciones que pueden incidir: desde el medio intracelular y el medio interno del organismo, hasta **mutágenos** ambientales, como determinadas radiaciones y sustancias. Por lo tanto las mutaciones no ocurren como respuestas adaptativas ante los cambios ambientales; además, aún en presencia de agentes mutagénicos existe aleatoriedad, con respecto a cuál secuencia de ADN cambiará y cómo lo hará.



Saber más

La creencia de que las mutaciones pueden surgir como respuestas adaptativas a cambios específicos del medio ambiente se mantuvo por mucho tiempo. Se pensó que al menos podía ser válida para los microorganismos, pero ingeniosos experimentos demostraron la naturaleza aleatoria de la mutación con respecto a la adaptación, puesto que las mutaciones de la resistencia a determinados antibióticos ocurren en las bacterias, independientemente de haber sido o no, sometidas a un antibiótico. El ambiente con antibiótico lo único que hace es revelar tal variación genética, que en unas condiciones no es adaptativa pero en presencia del antibiótico sí lo es. Por esta razón pueden ser consideradas como preadaptaciones, pero el cambio ambiental no es su causa (figura 3.15).

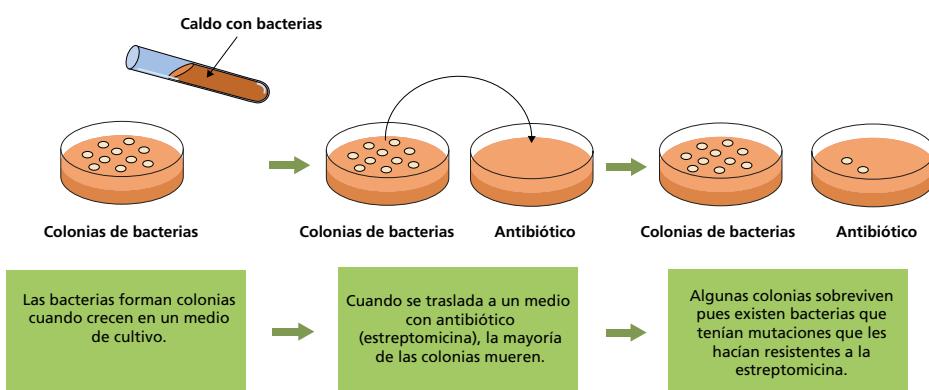


Fig. 3.15 Demostración experimental de variaciones genéticas ocultas en bacterias resistentes a los antibióticos

No todas las mutaciones tienen efectos negativos en el fenotipo de los individuos de una población: una mutación puede provocar un cambio que resulte neutro según las condiciones ambientales en las que se desarrolla un organismo; pero esa mutación puede favorecer la supervivencia o la reproducción de dicho organismo si estas condiciones cambian, como ocurre en el caso de la resistencia a los antibióticos.

La recombinación genética es la formación de nuevas combinaciones de genes en los genotipos de los individuos; su importancia como causa de variaciones genéticas radica en que al formarse nuevas combinaciones

CAPÍTULO 3

posibilita la distribución, modificación y ampliación del efecto de las mutaciones dentro de las poblaciones.



Recuerda que ...

En los organismos con reproducción sexual, la recombinación genética ocurre como resultado de la fecundación, en la cual se combinan la información genética de ambos progenitores. También ocurre recombinación, al intercambiarse segmentos de cromosomas homólogos entre los cromosomas maternos y paternos, lo cual sucede durante la formación de los gametos en el proceso de **entrecruzamiento genético** (figura. 3.16) de la primera división meiótica, y la posterior distribución al azar de los cromosomas hacia las células hijas.

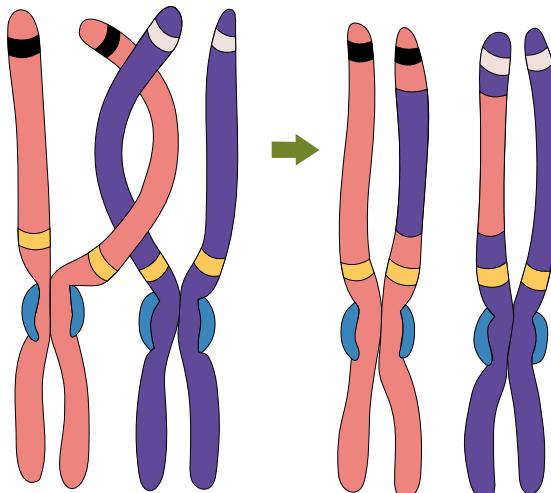


Fig. 3.16 Modelación de la recombinación por entrecruzamiento genético entre cromosomas homólogos (maternos y paternos)



¿Sabías que...?

La recombinación que se produce entre secuencias homólogas de ADN idénticas o similares es también conocida como recombinación homóloga, y ocurre en los organismos que integran los tres dominios de la vida. Su existencia en protistas es una evidencia evolutiva del origen muy temprano de la meiosis en organismos eucariotas. También se ha observado que ocurre en virus.

La recombinación genética que se produce en organismos con reproducción sexual aumenta considerablemente la variabilidad genética al permitir que se recombinen genes de ambos progenitores; esto produce un número muy elevado de nuevas combinaciones en los cromosomas homólogos, y de gametos con información genética diferente.

Las combinaciones génicas parentales que portan los gametos se unen en la fertilización, y se segregan durante la meiosis al separarse los cromosomas homólogos. En la tabla 3.2 se muestran los posibles resultados del cruzamiento entre un caballo y una yegua de pelo castaño. Por ejemplo: en una manada de caballos de color castaño de genotipo dihíbrido heterocigótico ($AaBb$) pueden aparecer con frecuencia individuos alazanes. Este color no se debe a una nueva mutación, sino a la recombinación de los genes parentales, de la cual resulta el genotipo homocigótico recesivo ($aabb$) y se expresa en el fenotipo color alazán.

Tabla 3.2 Resultados de entrecruzamiento

$AaBb \times AaBb$	(AB)	(Ab)	(aB)	(ab)
(AB)	$AABB$	$AABb$	$AaBB$	$AaBb$
(Ab)	$AABb$	$AAAb$	$AaBb$	$Aabb$
(aB)	$AaBB$	$AaBb$	$aaBB$	$aaBb$
(ab)	$AaBb$	$Aabb$	$aaBb$	$aabb$

La recombinación tiene un efecto visible en organismos con una tasa de reproducción muy elevada, como insectos y bacterias, porque acumulan y recombinan mayor número de mutaciones en un menor período de tiempo. Esto es una de las causas de la resistencia a insecticidas en los primeros y a antibióticos en las segundas.



Recuerda que ...

En bacterias se puede producir recombinación mediante diversos procesos como la transformación, la conjugación y la transducción (figura 3.17).

CAPÍTULO 3

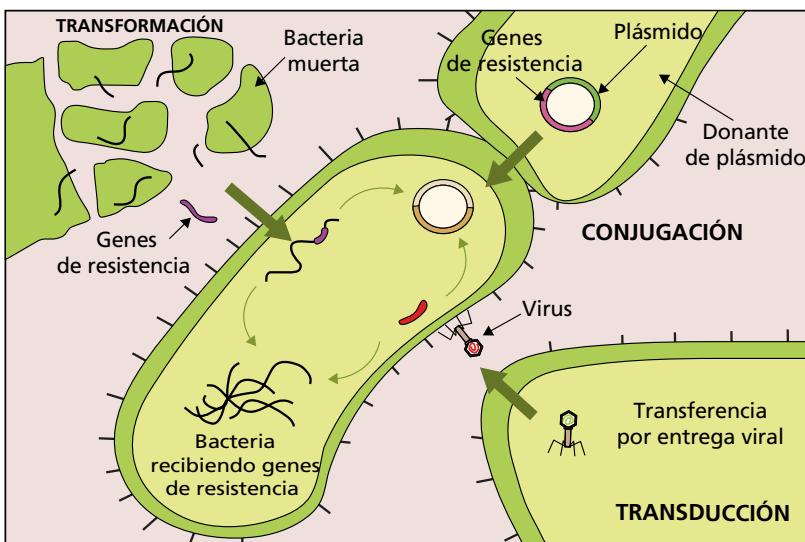


Fig. 3.17 Procesos de recombinación genética en organismos procariotas

Hasta aquí hemos estudiado que la recombinación genética ocurre de forma vertical, o sea, de progenitores a descendientes. Sin embargo, se ha identificado transferencia de material genético entre individuos que no son parientes, es decir de forma horizontal.

La transferencia horizontal de genes consiste en el movimiento de material genético no vertical, incluso entre cepas o especies diferentes.

La transferencia horizontal o el intercambio de genes entre organismos de especies diferentes, posibilita introducir nuevos genes alelos al genofondo de la población. Este proceso es común entre las bacterias y arqueas, incluso entre aquellas que son distantes desde el punto de vista taxonómico y evolutivo. En bacterias, generalmente ocurre mediante la transformación bacteriana, la transducción mediada por virus y la transmisión de plásmidos por conjugación.



¿Sabías que...?

Existen fragmentos de ADN que pueden moverse de un sitio a otro dentro del genoma y reciben el nombre de transposones. Al ser elementos genéticos móviles pueden transferirse entre bacterias,

incluso entre especies distintas. Los transposones en bacterias, contribuyen a la transferencia genética horizontal de la resistencia a antibióticos, ya que pueden llevar un gen e insertarlo en un plásmido o en un cromosoma de diferentes cepas de bacterias. Se plantea que los transposones tienen relevancia evolutiva como fuente de recombinación genética, y por lo tanto de variaciones tanto en la evolución de poblaciones de organismos procariotas, como de eucariotas.

La recombinación genética aumenta la variabilidad en una población e incrementa las posibilidades de adaptación de los individuos. Las poblaciones con mayor variabilidad genética tendrán más posibilidades de supervivencia, en caso de suceder algún cambio en su hábitat. Las poblaciones con menos variabilidad —frecuente cuando están aisladas geográficamente— son más sensibles a cualquier cambio en su hábitat, aspecto este que puede provocar su extinción. La recombinación no altera las frecuencias alélicas, sino que modifica la asociación existente entre alelos de genes diferentes, produciendo descendientes con combinaciones únicas de genes.

Las poblaciones raramente son sistemas cerrados, por lo regular se produce cierto flujo de genes mediante la migración de individuos de una población a otra, lo cual es más probable cuando se hallan estrechamente relacionadas espacial y genéticamente.

El flujo genético es el movimiento de genes entre poblaciones de una misma especie, como resultado de las migraciones de individuos o el movimiento de gametos.

El flujo de genes entre poblaciones depende del intercambio migratorio de individuos o del movimiento de sus elementos de dispersión y reproducción, como las semillas, esporas, larvas, gametos, entre otros. Algunas especies de aves pueden migrar a grandes distancias llevando consigo su acervo genético a nuevos territorios (figura 3.18).

El flujo de genes puede ocurrir por el movimiento de los gametos aunque los individuos se mantengan en el mismo sitio. Por ejemplo, cuando los frutos de los cocoteros son transportados por el mar, llevan consigo los

CAPÍTULO 3

genes hasta la costa de un nuevo territorio. También el polen de determinadas poblaciones de plantas suele desplazarse por el aire o mediante los polinizadores, de una población a otra.



Fig. 3.18 Migración de aves

El flujo genético en plantas depende fundamentalmente de los agentes de dispersión de las semillas y del polen: en las especies de plantas con frutos cuyos agentes de dispersión son las aves, sus semillas llegan más lejos, que las de otras en las que estas saltan a corta distancia al estallar la cápsula que las contiene.

Las migraciones causan mayor variabilidad genética si los individuos foráneos contienen variaciones genéticas diferentes a las de la población a donde llegan. Un ejemplo hipotético es el siguiente: una población de plantas puede estar constituida enteramente por individuos homocigóticos con flores azules; si en otra población de esta especie se produce una mutación que determina flores blancas, el flujo genético provocado por la dispersión del polen puede hacer llegar el nuevo alelo hacia la población pura de flores azules. Esto puede provocar cambios en su constitución genética como consecuencia de la recombinación de genes en la población.

La migración de individuos reproductivamente activos, constituye un vehículo del flujo genético que causa el correspondiente movimiento de alelos; esto es muy importante desde el punto de vista evolutivo pues contribuye a propagar a la población receptora, las mutaciones ocurridas en los alelos que se incorporan, aumentando así su variabilidad genética. Es por esto que afirmamos que el flujo genético como fuente de variación, depende de la existencia previa de mutaciones en los individuos migrantes de la población.

¿Sabías que...?

Cuando los leones machos alcanzan la madurez sexual abandonan el grupo en el que nacieron y se establecen en otra manada para aparearse, lo que propicia el flujo génico entre manadas diferentes.

En poblaciones aisladas geográficamente el flujo genético no es frecuente, pero cuando ocurre tiene un gran valor evolutivo, pues altera las frecuencias génicas y provoca un mayor grado de variabilidad; sin embargo, este flujo de genes suele ser grande entre poblaciones cercanas, por lo que es de esperar que su composición génica se asemeje más que la de aquellas que se encuentran geográficamente alejadas.

¿Sabías que...?

Las barreras físicas que impiden u obstaculizan el flujo genético son generalmente naturales, como suele ocurrir con cordilleras infranqueables o grandes desiertos. Pero se observa cada vez más, cómo la fragmentación de los hábitats provocada por la actividad humana —agricultura o construcciones de carreteras, edificaciones, entre otras causas— dificulta el flujo natural de genes. Esto puede tener diferentes efectos en las poblaciones, que deben ser estudiados y analizados por su posible incidencia en la biodiversidad.

Selección natural

Ya hemos estudiado las principales fuentes de variabilidad genética en los organismos, y explicado cómo influyen estas en la resistencia a antibióticos que puede originarse en muchos microorganismos.



Reflexiona

- ¿Cómo interviene la selección natural en el desarrollo de la resistencia a los antibióticos?
- ¿Cómo actúa sobre las variaciones hereditarias y provoca cambios en el genofondo de una población?

Evidentemente las respuestas a estas interrogantes las vamos a encontrar en el análisis de la acción de las fuerzas evolutivas, y particularmente en la selección natural.



Recuerda que ...

Darwin desarrolló el concepto de selección natural en su teoría evolutiva, como la supervivencia de los individuos más aptos en la lucha por la existencia, y analizó este proceso a nivel de individuo.

La teoría sintética ha permitido un nuevo enfoque y una reconceptualización de la selección natural —fundamentalmente a nivel de población— con el desarrollo de la genética y la ecología. Este fenómeno natural es esencial dentro del proceso evolutivo, pues actúa a este nivel sobre los genes, individuos y sus poblaciones, y tiene carácter de ley general.

La selección natural es la reproducción diferencial y no al azar de genotipos individuales que alteran el equilibrio genético de una población, en interacción con el medio ambiente.

Los individuos con genotipos que posean variaciones genéticas favorables con relación al medio ambiente, tendrán más posibilidades de sobrevivir, reproducirse y dejar más descendientes que porten sus genes; se produce así una diferencia en la capacidad reproductiva entre los diferentes genotipos. Como consecuencia de esta reproducción diferencial, la frecuencia de los genes y genotipos puede variar de generación en generación, incrementándose la frecuencia de alelos con variaciones favorables con respecto a las características del medio ambiente.

La selección natural ocurre si se dan las condiciones siguientes:

- Variación fenotípica entre los distintos individuos de una población donde existe diversidad en sus caracteres observables (fenotipo), presentando diferencias en su composición, estructura, patrón organizativo, funciones y/o comportamientos, etcétera.
- Eficacia biótica diferencial asociada a la variación, o sea, ciertos fenotipos o variantes están asociados a una mayor descendencia y/o una mayor supervivencia.
- Herencia de la variación, suponiendo que se deba en parte a una variación genética o epigenética subyacente, que permita la transmisión de los genotipos seleccionados a la siguiente generación.

Si en una población de organismos se dan estas tres condiciones, entonces se produce un cambio por selección natural en la composición genotípica de la población. Si las diferencias en eficacia biótica tienen habitualmente una base genética variable, la selección natural favorecerá a aquellos fenotipos que produzcan mayor contribución de descendientes a la siguiente generación: si un fenotipo *A* contribuye a la población más que otro *B*, en la siguiente generación, los genotipos o alelos que originan el fenotipo *A* incrementarán su frecuencia con relación a los que producen el fenotipo *B*. Por lo tanto, la selección es un proceso direccional de cambio de las frecuencias génicas o de las frecuencias genotípicas.

A los factores ambientales que condicionan la reproducción diferencial de genotipos se les denominan agentes selectivos, como tal puede actuar cualquiera de los factores abióticos y bióticos que inciden en las comunidades donde se desarrollan las poblaciones en evolución.

Entre los múltiples agentes selectivos abióticos se encuentran los factores climáticos (temperatura, lluvia, sequía, humedad, iluminación), la presencia de sustancias tóxicas, la salinidad, los alimentos, la concentración de O_2 y de CO_2 , etcétera. Dentro de los agentes selectivos bióticos encontramos las diferentes relaciones intraespecíficas e interespecíficas que se establecen en las poblaciones y entre las comunidades: la competencia, el parasitismo, la depredación, el comensalismo, entre otras.

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. Por ejemplo: si el agente selectivo abiótico en un lago es el CO_2 , las plantas sumergidas competirían por ese recurso del medio que se encuentra limitado.

En el caso de los agentes selectivos bióticos son muy importantes las formas de alimentación, por ejemplo: si una isla cuyo único alimento en existencia fueran semillas duras fuera invadida por un grupo de aves, las aves de pico más duro y grueso dejarían mayor número de descendientes, mientras que las que presenten un pico menos grueso y más débil comerían menos y morirían o dejarían pocos descendientes, ocurriendo así la reproducción diferencial de genotipos.

El desarrollo de la resistencia a los antibióticos se explica porque la selección natural, en presencia de estas sustancias, favorece la sobrevivencia y reproducción de los genotipos con variaciones hereditarias que les confieren la resistencia. De esta forma, en los microorganismos se producen cambios evolutivos relativamente rápidos, que hacen que los antibióticos y otros antimicrobianos resulten ineficientes para combatir enfermedades

CAPÍTULO 3

ocasionadas por ellos. En este caso el agente selectivo es el empleo indiscriminado e inadecuado del antibiótico por los seres humanos.

Aplicación práctica

El desarrollo de la resistencia a los antibióticos es un resultado de la acción de las fuerzas evolutivas sobre las poblaciones de microorganismos. El uso indebido y abusivo de estos fármacos crea condiciones ambientales que favorecen este fenómeno, lo cual provoca serias dificultades al intentar controlar las infecciones. Entre las medidas que podemos adoptar para reducir su impacto podemos mencionar:

- Uso de antibióticos y otros antimicrobianos solamente prescritos por el médico.
- Cumplir las orientaciones médicas en cuanto a dosis del medicamento y duración del tratamiento, teniendo en cuenta que la suspensión precoz de este último incrementa el riesgo de resistencia al antibiótico.
- Lavar frecuentemente las manos y mantener una higiene adecuada durante la elaboración de alimentos.
- Evitar el contacto innecesario con personas enfermas.
- Mantener relaciones sexuales protegidas.
- Mantener actualizada la vacunación.

Otro ejemplo de selección natural documentado en Inglaterra, fue el de las poblaciones de polilla salpimentada o *Biston betularia*, especie que sirve de alimento a muchos pájaros. Antes de la primera mitad del siglo XIX, los ejemplares de esta polilla observados en los troncos de tonos claros eran de color blanco-grisáceo con un moteado negro sobre el cuerpo y las alas. Con la contaminación generada por la Revolución Industrial, los troncos de los árboles se oscurecieron con el hollín y predominaron las polillas de color oscuro o forma carbonaria (figura 3.19).



Fig. 3.19 Diferencia de colores en la especie *Biston betularia*: a) forma típica clara, b) forma oscura carbonaria

Estos cambios en la coloración de la polilla se explican por la selección natural, cuyos agentes selectivos debieron ser los pájaros y otros animales depredadores. El alelo de carbonaria es dominante sobre la forma típica del alelo de coloración clara, de esta forma la variedad oscura pasó a ser la más abundante en las zonas industriales; en zonas agrícolas continuó predominando la variedad clara.

Este ejemplo también demuestra cómo la actividad humana puede provocar cambios ambientales que transformen el efecto de los agentes selectivos en la evolución de las poblaciones.

Aplicación práctica

Cuando se introdujo por primera vez el insecticida DDT (diclorodifeniltricloroetano), se probó que era letal para la mosca común (*Musca domestica*) y fue ampliamente usado en aspersiones y lavados para el control de esta plaga. En unos pocos años se observó en diferentes partes del mundo, que con este veneno las moscas no morían como al principio. Las pruebas de laboratorio en las que sistemáticamente eran aplicadas grandes cantidades de DDT directamente sobre los cuerpos de las moscas, demostraron que algunos individuos y líneas podían tolerar dosis más fuertes que otros. La efectividad reducida del DDT como insecticida se atribuyó entonces al aumento en la frecuencia de los genotipos DDT resistentes, en las poblaciones de moscas que estaban regularmente expuestas a este nuevo factor ambiental.

El proceso de selección natural no siempre es progresivo ni hace que los organismos sean “mejores”, los rasgos fenotípicos favorecidos por la selección natural cambian conforme al medio ambiente. La selección natural constituye la fuerza evolutiva más importante que actúa sobre los genes, los individuos y sus poblaciones, y tiene lugar en poblaciones donde se evidencia la variabilidad genética; bajo la influencia de factores ambientales puede conducir a la estabilidad de la población durante mucho tiempo, diversificarla en diferentes genotipos vinculados a determinados factores que provocan presión selectiva, o favorecer a los fenotipos extremos.

La selección natural es el resultado de varios componentes como viabilidad, longevidad, emigración, éxito en el apareamiento, fecundidad diferencial, entre otros. Por ejemplo, los pavos reales machos de cola vistosa

CAPÍTULO 3

tienen mayor ventaja selectiva sobre los que no la posean, ya que logran atraer el interés de las hembras durante el apareamiento (figura. 3.20).



Fig. 3.20 Pavorreal macho

Ciertos individuos con determinados genotipos, pueden contribuir con más genes a la siguiente generación que otros de la misma población, por poseer más resistencia a enfermedades o al estrés climático. Como ejemplos de esto tenemos el que algunos individuos puedan emigrar a zonas en las que tengan mayores posibilidades de supervivencia; el mayor éxito reproductivo como resultado de que un macho pueda fecundar varias hembras, o una mayor fertilidad que produzca un gran número de progenies viables.

Deriva genética

En los organismos de reproducción sexual, una generación se relaciona con otra mediante los gametos que se transmiten de padres a descendientes. Estos gametos representan todo el acervo de genes o genofondo de la generación parental, y llevan una cantidad de alelos en cada *locus*, como *A* y *a* para un *locus* dado, que no tiene que ser necesariamente igual en cada generación pues esta cantidad fluctúa al azar entre generaciones. Precisamente esas fluctuaciones se definen como deriva genética.

La deriva genética son los cambios al azar que sufren las frecuencias genéticas de forma aleatoria de generación a generación, independientemente de las potencialidades adaptativas que posean los genotipos.

La influencia de la deriva genética en poblaciones de pocos individuos, puede alterar el equilibrio genético y también conducir a la acumulación de variaciones en estos, manifestándose mayor variabilidad, lo que puede alterar las frecuencias genéticas (génica y genotípica).

La magnitud de las fluctuaciones al azar de las frecuencias genéticas depende del tamaño de la población. Cuando una población reduce considerablemente su tamaño debido a un desastre natural, se puede producir lo que se denomina efecto de cuello de botella; en estos casos la deriva genética puede ocasionar cambios importantes en las frecuencias genéticas. Una situación similar sucede cuando un grupo pequeño se separa de la población principal para formar una colonia, en este caso los cambios al azar provocan el llamado efecto fundador.

La deriva genética no siempre es causa del desarrollo de adaptaciones, en este sentido puede desempeñar un papel negativo o positivo en las poblaciones de los organismos. El papel negativo de la deriva genética se refleja en que muchos de los genes de caracteres con valor de supervivencia, pueden perderse por azar en poblaciones pequeñas. El papel positivo de la deriva genética está en el hecho de que en acción conjunta con la selección natural puede facilitar rápidamente la formación de nuevas combinaciones de genes.

En determinados casos la deriva genética puede ser una fuerza evolutiva lo suficientemente fuerte como para fijar genes cuyo predominio depende de determinadas circunstancias. Este fenómeno puede ser causado por eventos geológicos, meteorológicos o cósmicos que provocan desastres naturales en los ecosistemas y **paisajes**; a la vez, estos efectos pueden provocar elevación de la mortalidad por afectaciones drásticas en los hábitats, nichos, tramas alimentarias, condiciones del medio, agotamiento del alimento, brote de alguna epidemia, entre otros fenómenos que se dan continuamente en la evolución del planeta.

Comprueba lo aprendido

- 1.** Identifica cuáles de los siguientes enunciados no constituyen fundamentos de la teoría sintética de la evolución.
 - a) La evolución se produce por un cambio de la frecuencia de genes en una población.
 - b) La alta complejidad y adaptación de los organismos vivos ha sido diseñada por una inteligencia superior.

CAPÍTULO 3

- c) Los organismos con variaciones genéticas favorables a las condiciones del medio ambiente tienen más probabilidades de dejar mayor número de descendientes.

- d) La recombinación genética es una de las causas de la variabilidad genética en las poblaciones.

2. Elabora una hipótesis para explicar, partiendo de tus conocimientos sobre la teoría sintética de la evolución, cómo pudieron evolucionar las serpientes a partir de reptiles con patas.

3. Una población de *Pisum sativum* —planta herbácea familia de las leguminosas— está conformada por 300 plantas de tallo alto homocigótico, 230 de tallo alto heterocigótico y 45 de tallo bajo.

- a) ¿Esta población es homogénea o heterogénea con respecto al carácter altura del tallo?

- b) ¿Qué fenotipos caracterizan a los miembros de esta población? ¿Cuál es el dominante? ¿Por qué?

- c) ¿Cuáles son los genotipos de los diversos tipos de individuos que la forman? Represéntalos.

- d) ¿Cuál genotipo tiene mayor número de individuos?

- e) ¿Qué gen se encuentra en menor proporción en esta población?

4. Según la teoría sintética de la evolución, las fuentes de variabilidad en las poblaciones se deben a:

las mutaciones

la lucha por la supervivencia

el dimorfismo sexual de las especies

la reproducción sexual

el flujo genético

5. Analiza la siguiente lista de opciones e identifica cuáles constituyen fuerzas evolutivas según la teoría sintética de la evolución:

variaciones genéticas

herencia de caracteres adquiridos

selección natural

deriva genética

6. Analiza las siguientes situaciones y determina si son verdaderas (V) o falsas (F):

La mutación es fuente de nuevos genes en las poblaciones.

Los individuos pueden contener diferentes alelos de cada gen.

___ El fenotipo con variaciones genéticas más favorables deja mayor número de genes en la descendencia.

___ La selección natural se realiza por la acción neutra de los genes.

7. Las mutaciones son importantes en la evolución si ocurren en:

- ___ células musculares
- ___ células epiteliales
- ___ gónadas
- ___ neuronas

8. Observa la figura 3.19 sobre la polilla salpimentada (*Biston betularia*).

Elabora una hipótesis que explique cuál es la causa de la diferencia de colores en esta especie.

9. Explica cómo actúan las fuerzas de la evolución, en el origen de la resistencia a los antibióticos en una población de bacterias *Escherichia coli*.

10. Al estudiar las poblaciones de caracol rayado *Cepaea nemoralis* en diferentes hábitats, se comprobó que los morfos con conchas marrón rojizo son más numerosos que los de concha amarilla, en los bosques con escasa luminosidad; los caracoles de concha amarilla predominan en los campos abiertos, más iluminados, donde habitan solo pequeñas plantas.

Completa los espacios en blanco basándote en la acción de las fuerzas evolutivas sobre las poblaciones antes referidas.

a) El surgimiento de los diferentes genes que dieron origen a dos alternativas para el color de concha se produjo por _____.

b) La menor proporción de individuos de concha amarilla con relación a los de concha marrón rojiza en la población que vive en el bosque, se debe a la acción de _____.

c) La información genética para el color amarillo de la concha se propagó desde la población del bosque hasta la población que habita en campos abiertos —inicialmente solo de caracoles con concha marrón rojizo— debido a _____.

11. Si en una población de la especie A los organismos se reproducen sexualmente, y en otra B mediante la reproducción asexual:

a) Explica en cuál población debe esperarse mayor variabilidad genética.

CAPÍTULO 3

b) Argumenta la importancia evolutiva que tiene la recombinación genética en la población identificada en el inciso a).

12. Argumenta la siguiente afirmación: Las fuerzas conservadoras y evolutivas que inciden sobre las poblaciones actúan como una unidad dialéctica.

13. Analiza las situaciones que se presentan a continuación:

A. Origen de alelos que determinan el albinismo.

B. Dispersión de los frutos de una planta mutada de guizazo de caballo —adheridos a los pelos de los mamíferos— a otra población de estas plantas.

a) Identifica qué fuerza evolutiva se evidencia en los ejemplos anteriores.

b) Explica su importancia en la evolución de los organismos.

14. Valora el siguiente planteamiento: La selección natural es un proceso que tiene como resultado la sobrevivencia y la reproducción en mayor número de individuos con variaciones genéticas favorables dadas determinadas condiciones.

15. En un jardín se sembraron plantas que producían flores de colores llamativos. Estas se adaptaron al medio con facilidad, y al cabo del tiempo surgieron variantes del mismo tipo de planta pero con colores más opacos; ambos grupos se cruzaban entre sí. Las plantas con flores de colores más claros no eran polinizadas por insectos como las otras, que lo hacían por la acción del viento. Con el transcurso del tiempo se observó un predominio de plantas con flores de colores opacos a consecuencias de la reducción de insectos polinizadores.

a) ¿Qué fuerza evolutiva se pone de manifiesto? Fundamenta tu respuesta.

b) ¿Qué importancia evolutiva tiene la fuerza manifestada?

16. Según Theodosius Dobzhansky: “Nada en la biología tiene sentido, excepto a la luz de la evolución”. Valora el planteamiento anterior a partir de lo aprendido en este epígrafe.

17. En los siguientes ejemplos identifica la fuerza evolutiva, y en el caso de las variaciones hereditarias, la fuente que la provocó:

A. Cambios en la información genética que ocurren al azar.

B. Surgimiento de nuevas combinaciones de genes como resultado del entrecruzamiento genético y la fecundación.

- C. Incremento en una población microbiana, de individuos con genotipos resistentes a un antibiótico.
- D. Introducción de nuevos genotipos como resultado del desplazamiento de individuos de una población, a otra de la misma especie.
 - a) Defina la fuerza evolutiva evidenciada en el caso C.
 - b) En qué niveles de organización de la materia viva actúan dichas fuerzas. Fundamenta con dos razones en cada caso.

3.3 La diversificación y la adaptación de los diferentes grupos sistemáticos son resultados de la evolución

La actual diversidad de organismos existentes es una forma visible de la evolución, además de ser la mayor riqueza de nuestro planeta, y se manifiesta tanto entre las especies como dentro de una misma especie, así como a nivel ecosistémico. El género *Polymita* está integrado por seis especies endémicas de nuestro país; en la figura 3.21 podrás observar las diferencias de coloración entre dos especies diferentes: *Polymita picta* y *Polymita versicolor*, también es visible la diversidad de coloración al comparar dos individuos de la misma especie de *Polymita versicolor*.



Fig. 3.21 Diversidad de colores en las conchas: a) *Polymita picta*, b) *Polymita versicolor*



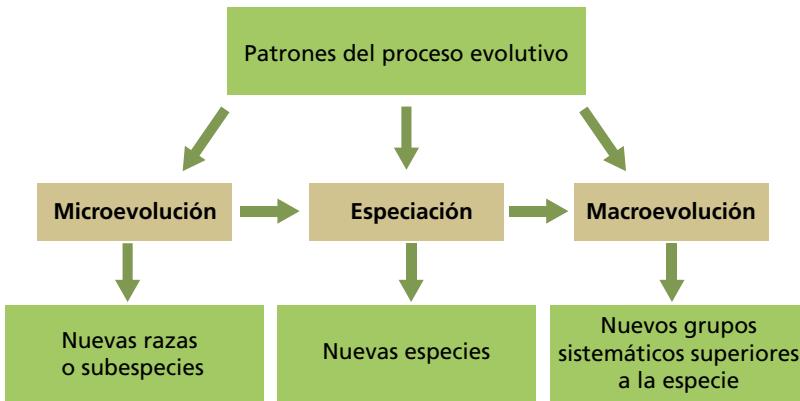
Reflexiona

- ¿Cómo explicar las diferencias observadas entre individuos de la misma especie, y entre diferentes especies?
- ¿Cómo interactúan las fuerzas evolutivas y conservadoras en el origen de la gran diversidad de grupos sistemáticos?

CAPÍTULO 3

El proceso evolutivo no siempre tiene el mismo resultado, en ocasiones solo origina variaciones dentro de las poblaciones de individuos de una especie, en otras puede proporcionar cambios más significativos que originan nuevas especies. También ha provocado cambios tan profundos en los patrones estructurales y funcionales de los organismos, como los que han originado nuevos grupos de organismos por encima de la especie: géneros, familias, órdenes, filo, etcétera; de manera que los evolucionistas han logrado identificar en tres patrones evolutivos (esquema 3.4).

Esquema 3.4 Patrones del proceso evolutivo



3.3.1 ¿Cómo se forman nuevas subespecies y especies?

El cambio en las frecuencias de genes de generación en generación, dentro de una población por la acción de las fuerzas evolutivas, es precisamente la transformación mínima requerida en el proceso evolutivo, de ahí que la microevolución sea la base del resto de los procesos evolutivos.

La microevolución es el proceso que explica los pequeños cambios evolutivos que ocurren dentro de las poblaciones en un plazo de tiempo relativamente corto, originando diversidad biológica dentro de una misma especie, y con ello nuevas razas y subespecies.

Como resultado de las variaciones genéticas en una población se originan nuevos genotipos que forman parte del genofondo de la población. Si cambian las condiciones ambientales, los genotipos con variaciones genéticas propicias son favorecidos por la selección natural, pues tienen más probabilidades de reproducirse y dejar descendencia. Esto provocará que

aumente su frecuencia génica y se altere el equilibrio genético, trayendo como consecuencia un cambio microevolutivo que puede dar origen a la formación de nuevas razas o subespecies.



Recuerda que ...

Una especie es un grupo de poblaciones naturales que se cruzan entre sí real o potencialmente, que comparten un acervo común de genes, y que están aislados reproductivamente de otros grupos similares.

La microevolución como proceso, es la principal causa de la diversidad que existe entre los individuos de una misma especie, y permite explicar el desarrollo de determinadas adaptaciones en las poblaciones. Sin embargo, en este proceso no se originan nuevas especies, ya que los individuos de diferentes poblaciones mantienen la posibilidad de reproducirse y tener descendencia, es decir, no dejan de pertenecer a la especie en cuestión.

La diversidad de coloración de cualquiera de las especies del género *Polymita* es explicable por el efecto de los cambios microevolutivos. El cambio de frecuencia de gris a negro en la polilla salpimentada (*Biston betularia*) de las zonas industriales de Inglaterra, la resistencia del estafilococo a la penicilina y de la mosca doméstica al insecticida dicloro difenil tricloroetano (DDT), son ejemplos de este proceso de microevolución (figura 3.22).

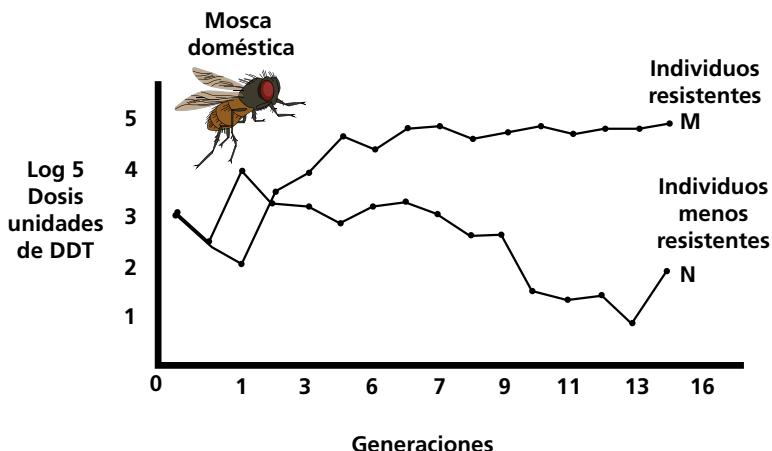


Fig. 3.22 Microevolución de la resistencia al DDT en la mosca doméstica

CAPÍTULO 3

Como puedes observar en la imagen, a partir de la tercera generación de la población de la mosca doméstica sometida al DDT, se incrementa el número de individuos resistentes a este insecticida. Esto ocurre porque la selección natural favorece la reproducción diferencial de los genotipos con variaciones genéticas que confieren esta resistencia. Estas fuerzas evolutivas superan el efecto de las fuerzas conservadoras, provocando cambios en la frecuencia genética, alteración del equilibrio genético, y los cambios en el genofondo de la población de mosca doméstica que se manifiestan en el desarrollo de la resistencia al DDT.



Reflexiona

El incremento de los fenotipos oscuros en las poblaciones de la polilla salpicada de los bosques de Inglaterra durante la Revolución industrial, es posiblemente uno de los ejemplos más conocidos de cómo la actividad humana interfiere en los procesos evolutivos al provocar cambios ambientales. En las poblaciones de polilla de los bosques predominaba el fenotipo claro, ya que esa característica les proporcionaba un mejor camuflaje sobre los troncos de los árboles, y evitar así a sus predadores. Pero como resultado de la contaminación producida durante la Revolución Industrial, los troncos se oscurecieron, dejando a las polillas claras más expuestas a los predadores. ¿Cómo influyó la selección natural en este caso? ¿Qué utilidad tienen los conocimientos evolutivos para evaluar con responsabilidad la influencia de la actividad humana en la conservación de la biodiversidad?

A lo largo de más de 3 800 millones de años la evolución dio origen a una gran diversidad de organismos, millones de especies han poblado la Tierra en sus diferentes ecosistemas. Todos los seres vivos hemos evolucionado, estamos y seguiremos evolucionando; sin embargo, la evolución como proceso no solo consiste en cambios en las frecuencias de los genes, también en la cantidad y la organización del material genético. Estos cambios implican patrones evolutivos más complejos, como la especiación y macroevolución.

La especiación es el patrón evolutivo mediante el cual se originan nuevas especies que guardan una estrecha relación filogenética entre sí.

La especiación como todo proceso evolutivo, ocurre a nivel de población y tiene como base cambios microevolutivos y el desarrollo de adaptaciones anatómicas, funcionales o conductuales, que imposibilitan el intercambio genético entre las poblaciones. Estas son las causas del aislamiento reproductivo que impide a los miembros de dos especies diferentes cruzarse o aparearse entre sí y producir descendencia fértil.

El aislamiento reproductivo es el fenómeno causado por características anatómicas, funcionales o del comportamiento de los organismos, que impiden el intercambio genético entre las poblaciones de diferentes especies.

El aislamiento reproductivo permite mantener la integridad de la especie como un sistema biótico cerrado, por lo que tiene un gran valor de supervivencia. Existen dos tipos de aislamientos reproductivos: los precigóticos o precopulatorios, que son anteriores al apareamiento e impiden la formación de cigotos híbridos; y los postcigóticos o postcopulatorios, que son posteriores al apareamiento y reducen la vitalidad o fertilidad de los cigotos híbridos.

Los aislamientos reproductivos precigóticos o precopulatorios pueden ser temporales, ecológicos, conductuales, mecánicos, por polinizadores y gaméticos.

Los organismos pueden madurar sexualmente y reproducirse en diferentes horas del día, estaciones o épocas del año, lo que impide el apareamiento (figura 3.23). Un ejemplo de este patrón temporal de aislamiento reproductivo lo constituye el que existe entre la caguama (*Caretta caretta*), la tortuga verde (*Chelonia mydas*) y el carey (*Eretmochelys imbricata*). Estas especies vienen a las costas a copular y a desovar en la arena, pero no coinciden en su actividad reproductora, por lo que aunque vivan juntas no se cruzan.

Algunas especies de plantas como la *Tradescantia canaliculata* y la *Tradescantia subaspera* ocupan el mismo territorio en toda su distribución geográfica, no obstante se hallan reproductivamente aisladas entre sí debido a que florecen en diferentes estaciones del año.

CAPÍTULO 3

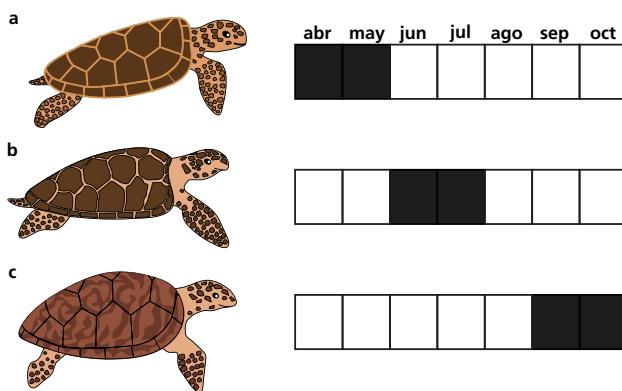


Fig. 3.23 Aislamiento reproductivo estacional en tortugas marinas:
a) caguama, b) tortuga verde, c) carey



¿Sabías que...?

Las especies de sapos *Bufo americanus* y *Bufo fowleri* pueden ser cruzados exitosamente solo en laboratorios, y producen híbridos vigorosos y fértiles. Tal apareamiento no ocurre en la naturaleza pese a que las distribuciones geográficas de ambas especies se superponen: el *Bufo americanus* se aparea a principios del verano y el *Bufo fowleri* lo hace hacia finales de esa estación (figura 3.24).



Fig. 3.24 Especies de sapos: a) *Bufo americanus*, b) *Bufo fowleri*

Cuando las poblaciones de especies ocupan diferentes hábitats en la misma región geográfica se produce un aislamiento ecológico que impide su reproducción. Este patrón de aislamiento es muy común en plantas y organismos marinos sésiles o fuertemente territoriales, a causa de su naturaleza sedentaria. Especies afines a estos grupos pueden vivir en la

misma área geográfica pero diferir en cuanto a requerimientos ecológicos como alimento, sustrato, luminosidad, altitud, temperatura, etcétera, de tal forma que quedan confinados a determinados hábitat, donde se dan las combinaciones adecuadas de los factores antes mencionados.

¿Sabías que...?

Las lagartijas del género *Anolis* constituyen un ejemplo de aislamiento ecológico, ya que muchas especies se han adaptado a diferentes hábitats como herbazales, árboles, arbustos y cuevas.

El aislamiento conductual se produce cuando la atracción mutua entre los sexos de diferentes especies es débil o ausente; los diferentes rituales de cortejo en las especies de animales constituyen barreras reproductivas denominadas aislamiento sexual o por comportamiento, las cuales son sumamente potentes y mantienen aisladas —en muchos de los grupos del reino animal— a las especies emparentadas. Los machos y las hembras de las especies dioicas han de buscarse, estar juntos, realizar los complejos rituales de cortejo y apareamiento, y finalmente copular o expulsar al medio ambiente sus gametos, haciendo posible la fecundación.

¿Sabías que...?

El despliegue de las señales de cortejo del ave del paraíso incluye postura, movimientos, plumaje y emisión de sonidos diferentes a los de otras especies similares.

Los cantos de las aves, insectos y muchos otros animales, son parte de un ritual de atracción a parejas potenciales de su propia especie. El canto presenta patrones específicos solo reconocibles por miembros de la misma especie por lo que provoca aislamiento reproductivo, por ejemplo: entre distintas especies de langostas del género *Chorthippus* y en las cigarras del género *Magicicada*, el sonido de su canto se emite a diferentes frecuencias si las especies viven en el mismo lugar.

Cuando la estructura corporal imposibilita la copulación entre los individuos se produce el aislamiento mecánico. La evolución ha conducido al desarrollo de órganos genitales con características crecientemente divergentes y complejas, que proporcionan el aislamiento mecánico entre las especies.

CAPÍTULO 3

Las especies de plantas diferentes atraen distintos insectos polinizadores, produciéndose aislamiento por polinizadores. Gran cantidad de especies de angiospermas necesitan de un polinizador específico en la transferencia de los granos de polen de una planta a los pistilos de otra, que permite la fecundación y formación de las semillas.

Cuando los gametos de ambos sexos no se atraen entre sí o no son compatibles, se produce aislamiento gamético. El desove sincrónico de muchas especies en los arrecifes marinos provocaría la hibridación interespecífica, pues los gametos de cientos de individuos de decenas de especies, son liberados en el agua en el mismo momento. El aislamiento provocado por la incompatibilidad gamética hace imposible la descendencia híbrida, a pesar de que los gametos comparten espacio y tiempo.

Como ejemplo de los aislamientos postcigóticos o postcopulatorios tenemos los producidos por la inviabilidad o esterilidad del híbrido, y por desarmonía genética de los híbridos.

Cuando los cigotos híbridos resultantes son débiles o no sobreviven, se produce aislamiento por inviabilidad del híbrido. Tanto en plantas como en animales se han observado numerosos ejemplos de este tipo de incompatibilidad. También puede ocurrir por esterilidad del híbrido, como en el mulo, que es un híbrido obtenido del cruzamiento entre un asno y una yegua, quienes tienen diferente número de cromosomas. La esterilidad se debe a la interacción entre los genes de las dos especies involucradas, a los desequilibrios cromosómicos debido al diferente número cromosómico de las especies parentales, o bien a las interacciones nucleocitoplasmáticas.

El aislamiento producido por desarmonía genética de los híbridos no se manifiesta hasta después de la fertilización de los gametos híbridos. Este fenómeno —conocido como ruptura del híbrido— ocurre cuando los híbridos F_1 , tanto de plantas como de animales se pueden cruzar entre sí, pero la F_2 es inviable, débil, anormal o estéril; esto ocurre por ejemplo entre las especies de algodón *Gossypium hirsutum* y *Gossypium barbadense*.

Al conocer la diversidad de adaptaciones que causan aislamiento reproductivo estamos en condiciones de analizar cómo ocurre en esencia el proceso de especiación. Como puedes observar en figura 3.25, la especiación tiene como base los cambios microevolutivos que ocurren en las poblaciones. En la formación de nuevas especies, es indispensable que estos cambios permitan el desarrollo de adaptaciones que conduzcan al aislamiento reproductivo, ya que solo podemos considerar que se ha formado una nueva especie si no tiene flujo genético con otras.

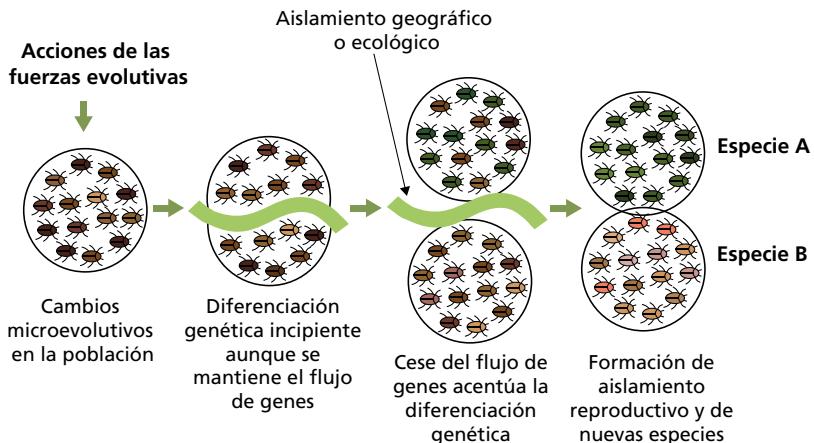


Fig. 3.25 Fases del proceso de especiación

Los principales sucesos que ocurren durante la especiación son:

- En las poblaciones de una especie ocurren cambios microevolutivos por la acción de las fuerzas evolutivas.
- Se produce una diferenciación genética entre estas poblaciones, pero se mantiene el flujo de genes entre ellas.
- Las poblaciones de esta especie pueden quedar aisladas como resultado del surgimiento de una barrera física o ecológica y se interrumpe el flujo genético.
- Por la acción de las fuerzas evolutivas se acentúan las diferencias genéticas entre las poblaciones, en concordancia con las nuevas condiciones ambientales.
- Con el tiempo las diferencias que se acumulan son tan significativas, que se produce el aislamiento reproductivo y llegan a formarse nuevas especies.

Generalmente la separación espacial de dos poblaciones de una especie durante un largo periodo de tiempo, puede dar como resultado la acentuación de las diferencias genéticas entre ellas, debido a que el medio ambiente es distinto en las diferentes zonas geográficas. Esto puede deberse a una barrera geográfica, a cambios provocados por procesos geológicos o por migración de parte de la población hacia ecosistemas diferentes, pero también puede ser provocado por cambios en la superficie terrestre, como por ejemplo cuando se forman zonas desérticas que separan zonas húmedas.

CAPÍTULO 3

Con frecuencia las poblaciones ocupan una misma área geográfica, sin embargo pueden producirse transformaciones en su nicho ecológico, como el cambio de organismo hospedero o de la fuente de alimentación. Estos cambios ecológicos pueden acentuar las diferencias genéticas, y provocar el desarrollo de adaptaciones que generen el aislamiento reproductivo y la formación de nuevas especies.



Reflexiona

En la actualidad, muchos especialistas consideran que la diversidad del género *Polymita* está afectada por la deforestación, la fragmentación de sus hábitats, además de la colecta y caza indiscriminada. Al tener una escasa movilidad, sus poblaciones se afectan fácilmente ante los cambios bruscos de la vegetación original.

Esto ocurre fundamentalmente en formaciones vegetales costeras y subcosteras donde viven diversas especies, lo que afecta el intercambio genético e incrementa su vulnerabilidad a la extinción. Se ha comprobado que poblaciones de las especies *P. picta* y *P. venusta* están menos afectadas, pues viven en los bosques semideciduos y siempreverdes de las montañas de Baracoa, en los que existe menos fragmentación.

El destacado científico y Profesor Emérito de la Universidad de La Habana Vicente Berovides (1941-2023) y sus colaboradores, han demostrado que la pérdida de los hábitats boscosos altera la diversidad dentro de la especie *Polymita picta*, reduciendo las de conchas pardas con bandas e incrementando las de color blanco y amarillo sin bandas.

La introducción de especies de plantas exóticas invasoras también afecta a las polimitas, ya que sustituyen a sus hospederos naturales. ¿Qué valor tienen los conocimientos evolutivos y ecológicos en la conservación de las diferentes especies de este género?

Sin lugar a dudas, las seis especies de polimitas endémicas de Cuba se originaron como resultado de procesos de especiación, y sus subespecies a partir de procesos microevolutivos. Además de ser reconocidas por su belleza y diversidad, las polimitas tienen un gran valor ecosistémico. Estos moluscos tienen hábitos arborícolas, por lo que están adaptados

a vivir sobre gran variedad de plantas —incluida la vegetación agrícola como el cafeto y el cocotero— de zonas de la región oriental de Cuba. Se alimentan de líquenes, hongos y musgos que crecen sobre los troncos, ramas y hojas de la vegetación donde habitan. Las plantas les ofrecen refugio y las polimitas contribuyen a eliminar la plaga de fumagina, de manera que se establece una relación simbiótica entre ellas y las plantas hospederas.

Las diferencias ecológicas de las variadas especies de polimitas permiten comprender cómo la selección natural sobre las variaciones genéticas, contribuyó a acentuar por la acción de las fuerzas evolutivas las diferencias genéticas entre poblaciones en diferentes zonas: al desarrollarse adaptaciones que permiten el aislamiento reproductivo entre ellas, se formaron las diferentes especies.

¿Sabías que...?

Algunos estudios muestran que las especies del género *Polymita* —por las características de su conducta y reproducción— son susceptibles a los cambios de temperatura y humedad. También se han realizado modelaciones de los efectos del cambio climático que pronostican la reducción de un 44 a un 100 % de las áreas climáticamente idóneas para ello en los próximos 35 años, lo que posiblemente ocasionaría la extinción de dos especies: *P. sulphurosa* y *P. versicolor*.

Las acciones de estudio y conservación del género *Polymita* deben tener en cuenta el efecto de reducción de sus poblaciones a consecuencia del cambio climático y de la fragmentación del hábitat, resultado de la actividad humana. Las poblaciones de pequeño tamaño están más expuestas a los cambios ocasionados por la deriva genética, que pueden provocar la pérdida por azar de variaciones genéticas, depresión genética e incremento de las probabilidades de invasiones por especies exóticas. Como principales medidas para la conservación de las polimitas —además de evitar su colecta indiscriminada—, son indispensables la reducción de los efectos de la actividad humana sobre sus hábitats y el incremento de la cobertura boscosa en las áreas donde habitan.

3.3.2 ¿Cómo se diversificaron los organismos vivos en grupos sistemáticos superiores a la especie?

Como hemos analizado, la especiación conduce a la formación de una o varias especies nuevas a partir de una población original, en la que la selección natural actúa sobre las variaciones genéticas preexistentes y la deriva genética, hasta que se produce el aislamiento reproductivo.



Reflexiona

¿Cómo explicar la diversificación de especies que dio origen a la formación de nuevos grupos sistemáticos superiores a la especie?

El proceso de diversificación se produce al formarse nuevas especies, mientras las que existen invaden diversos hábitats o zonas adaptativas con nuevas oportunidades ecológicas. Este proceso llamado macroevolución está determinado por la influencia de nuevos factores selectivos, por ejemplo: a partir de ciertas algas verdes ancestrales que irradiaron durante millones de años —en los que ocurrieron variaciones hereditarias que aumentaban las posibilidades de adaptación a las cambiantes condiciones del medio ambiente— se formaron diferentes grupos de plantas; así se fueron originando distintos grupos de algas, musgos, helechos, coníferas, plantas con flores, entre otras (figura 3.26).

La macroevolución es el patrón evolutivo en el cual la ocupación de nuevos hábitats produce grandes cambios en las especies, que conllevan a la formación de nuevos grupos sistemáticos superiores a estas como consecuencia de la acción de las fuerzas evolutivas.

Se pueden distinguir los siguientes eventos fundamentales en el patrón de macroevolución:

- Antes del cambio a un nuevo hábitat, ocurren procesos de especiación en los que se produce diferenciación genética con potencialidades de desarrollar adaptaciones a las nuevas condiciones. En las poblaciones existe tendencia a la expansión, y múltiples intentos por ocupar un nuevo hábitat diferente al original.
 - El paso al nuevo hábitat durante el proceso de cambio es rápido, el establecimiento exitoso en la nueva zona es favorecido por la ausencia de competidores.

- Despues del cambio de hábitat se desarrollan adaptaciones más específicas que permiten un mayor éxito en la nueva zona, lográndose mayor diversificación y ocupación de todas sus áreas disponibles (radiación adaptativa).

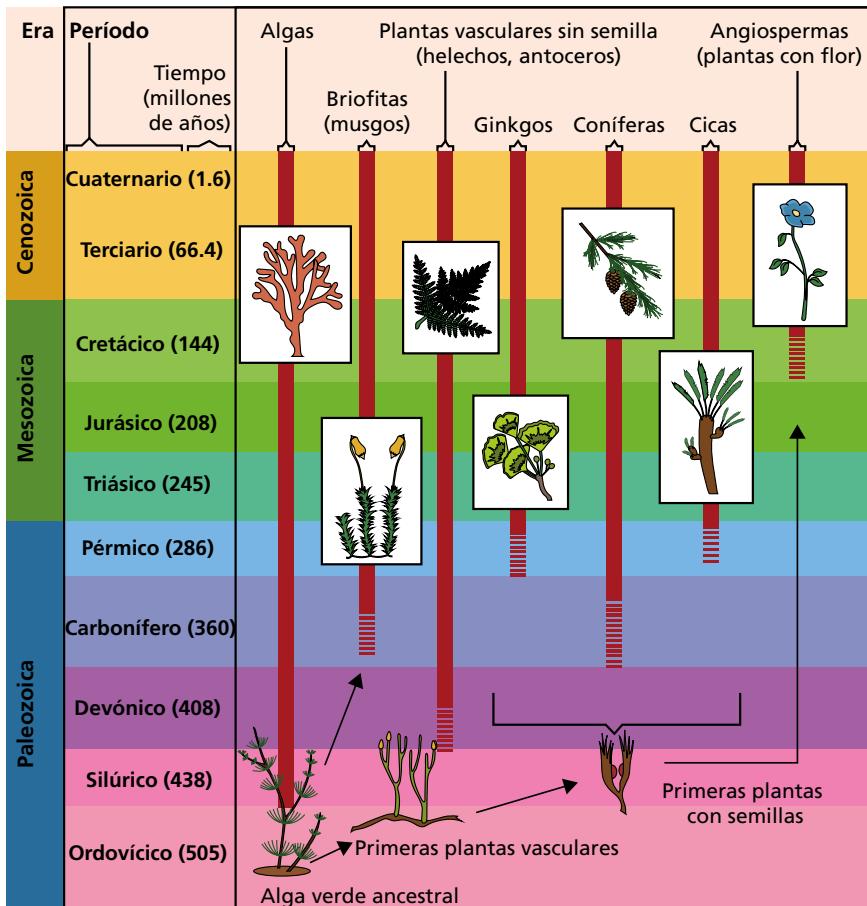


Fig. 3.26 Proceso de macroevolución del reino de las plantas

En la macroevolución se puede originar divergencia evolutiva. En ese caso, a partir de un tronco común, surgen varias líneas que se van alejando mientras se adaptan a las nuevas subzonas, por ejemplo: a partir de los mamíferos insectívoros irradian varias líneas de mamíferos, como quirópteros (murciélagos), y cetáceos (ballenas), cada uno adaptado a diferentes condiciones ambientales (figura 3.27).

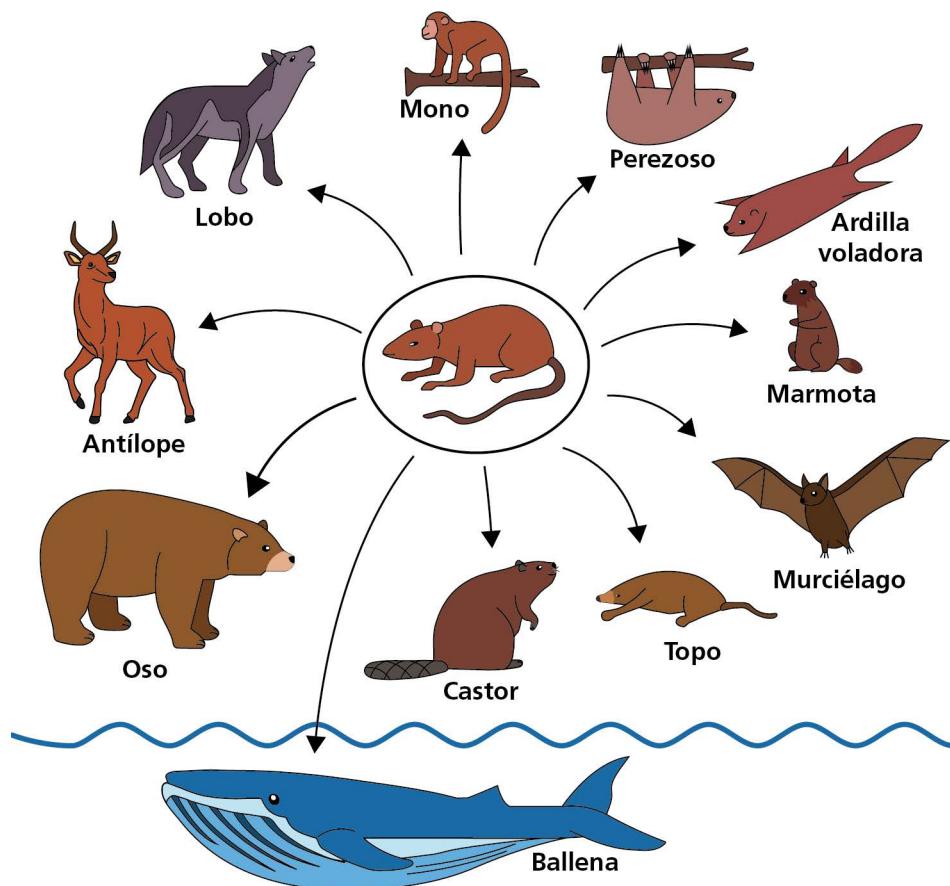


Fig. 3.27 Radiación de los mamíferos y divergencia evolutiva (macroevolución)

También puede producirse convergencia evolutiva cuando hay tendencia a la producción de líneas evolutivas que coinciden en determinados caracteres y conservan las adaptaciones generales de su grupo. Los ictiosaurios fueron reptiles acuáticos que mostraron convergencia evolutiva con los peces en la forma de su cuerpo, alimentación, locomoción y hábitats, pero conservaron adaptaciones generales de los reptiles como la respiración aérea y la presencia de cuatro extremidades. Las formas hidrodinámicas de los organismos son consecuencia de la adaptación a una mejor movilidad en el agua, por eso es semejante en delfines, tiburones, insectos acuáticos y otras especies (figura 3.28).

**a****b**

Fig. 3.28 Forma hidrodinámica en organismos diferentes:
a) pez cartilaginoso (tiburón), b) mamífero acuático (delfín)



Saber más

La evolución divergente se produce cuando una población queda aislada del resto de la especie y como resultado se originan adaptaciones diferentes, pero se mantiene la estructura original. Por ejemplo: el origen de las extremidades con cinco dedos en los mamíferos primitivos se ha diferenciado en numerosos tipos, como la pata del caballo, el ala de los murciélagos o las aletas de los delfines. La evolución convergente se produce cuando los organismos ocupan ambientes parecidos, por lo que tienden a tener grandes semejanzas en sus formas aunque no sean especies emparentadas.

Todo proceso macroevolutivo generalmente parte de adaptaciones que ya existen previamente en las especies, llamadas preadaptaciones. Por ejemplo, los reptiles irradiaron después de haber alcanzado ciertas adaptaciones a la vida terrestre —como las presentes en el tegumento, el huevo y el intercambio de gases— a partir de un ancestro común, durante la era Mesozoica hace 66 millones de años (figura 3.29).

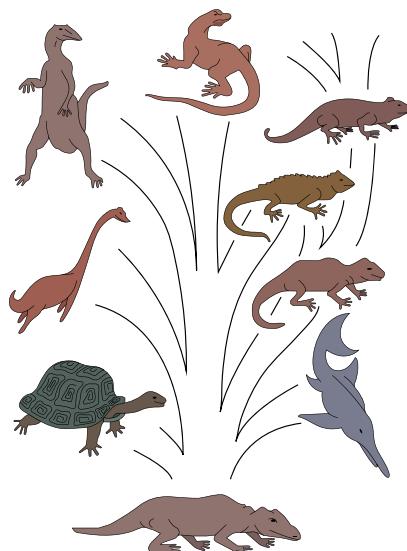


Fig. 3.29 Diversificación de los reptiles por macroevolución

CAPÍTULO 3

En la macroevolución intervienen procesos de variación más potentes que generan nuevos patrones organizativos en el cuerpo de los organismos. Las variaciones genéticas pueden estar causadas por mutaciones en los genes reguladores que controlan a otros genes, dando lugar a grandes cambios anatómicos, funcionales y conductuales. Ejemplo de ello es la transición de los peces con aletas lobuladas, que podían salir del agua y adentrarse en el ambiente terrestre, originándose los anfibios primitivos que pasan parte de su vida en la tierra.

En la figura 3.30 se representa el proceso que dio origen a diferentes grupos de vertebrados, en este se produce el paso a nuevas zonas adaptativas y en cada una de ellas ocurren procesos de radiación adaptativa. Se observa por ejemplo, una línea evolutiva a partir de una especie ancestral de peces que ocupó una nueva zona adaptativa fuera del ambiente acuático; en esa zona continuaron los procesos de especiación que dieron lugar al desarrollo de una diversidad de anfibios, con adaptaciones que les permiten vivir en ambientes terrestres, aunque todavía dependan del agua. Análisis similares podemos hacer para explicar la evolución de reptiles a partir de anfibios, y de mamíferos y aves a partir de reptiles.

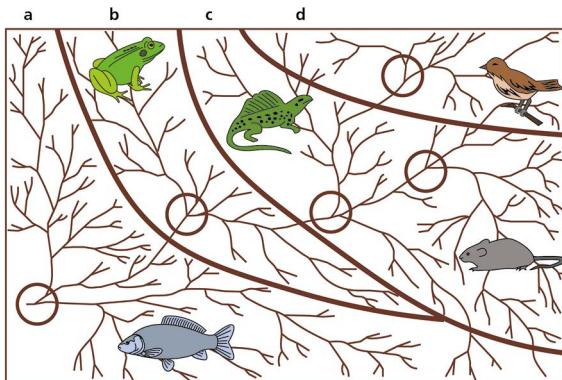


Fig. 3.30 Proceso macroevolutivo en el origen de vertebrados:
a) peces, b) anfibios, c) reptiles y mamíferos, d) aves



Recuerda que ...

Existen fósiles que demuestran la existencia de especies ya extintas, con características que evidencian una transición entre los diferentes grupos de vertebrados, por lo que son consideradas pruebas del proceso de macroevolución.

Durante el proceso evolutivo se han identificado tres patrones que originan diferentes grupos taxonómicos: microevolución, especiación y macroevolución. En la microevolución —como patrón evolutivo básico— la acción de la selección natural puede llevar al origen de una nueva variedad, subespecie o raza dentro de una población. Cuando los cambios microevolutivos conllevan a un aislamiento reproductivo entre poblaciones, entonces ocurre especiación. Si durante la formación de nuevas especies, estas pasan a nuevas zonas adaptativas o hábitats, y los cambios ocurridos implican la modificación de patrones anatómicos, funcionales y conductuales, entonces han ocurrido procesos macroevolutivos. Estos cambios tienen tal envergadura que permiten a las nuevas especies formadas, constituir nuevos grupos sistemáticos superiores a la especie, dando origen a la gran diversidad de adaptaciones que caracterizan la vida en nuestro planeta.



Saber más

Los organismos vivos son agrupados por la taxonomía en diferentes grupos; esta rama de las ciencias biológicas se encarga de clasificarlos a partir de su historia evolutiva y sus relaciones. Los científicos lo hacen de manera ordenada y jerárquica, partiendo de sus características comunes más generales hasta las más específicas.

Así se han establecido categorías taxonómicas principales de mayor a menor jerarquía: dominio, reino, filo, clase, orden, familia, género y especie. Por debajo de la especie están la subespecie, variedad o raza. Esta ofrece un marco organizativo que permite reconocer e interpretar la diversidad de los seres vivos.

La macroevolución es el proceso evolutivo que dio origen a los grupos taxonómicos superiores a la especie, nuevos y diversos géneros, familias, órdenes, clases, nuevos filos, reinos y dominios; esto fue posible por la reestructuración de determinados patrones anatómicos, funcionales y conductuales, en interacción con cambios medioambientales.

Comprueba lo aprendido

1. Selecciona los conceptos fundamentales estudiados en este epígrafe y elabora un esquema lógico de contenido que te permita resumir los contenidos esenciales.

CAPÍTULO 3

2. Compara los tres patrones de la evolución teniendo en cuenta los siguientes criterios:
 - Procesos básicos que intervienen.
 - Magnitud de las variaciones genéticas.
 - Resultado (categorías taxonómicas que se originan).
3. En una población de bijiritas, algunos individuos se separaron en diversas áreas geográficas y se desarrollaron caracteres que los diferenciaron a tal punto, que no fue posible la reproducción entre sus descendientes. Identifica el patrón evolutivo que se evidencia.
4. Al estudiar dos poblaciones del jabalí cubano se determinó que existen diferencias entre ellas, ya que los que habitan en la región más intrincada del bosque son mayores en tamaño, peso corporal y longitud de las orejas, que los que lo hacen cerca de las costas.
 - a) ¿Qué patrón evolutivo permite explicar estas diferencias en los caracteres mencionados? Argumenta con dos razones en qué te basaste para identificarlo.
 - b) ¿Qué fuerzas evolutivas deben haber provocado las diferencias entre estas poblaciones?
 - c) ¿Qué otro proceso evolutivo puede ocurrir si estas poblaciones quedaran aisladas geográficamente durante un tiempo relativamente largo?
 - d) ¿Cuál es la condición necesaria para que este patrón ocurra?
5. La forma originaria de las especies de cotorra de las Antillas Mayores vive en Centroamérica y Yucatán, a partir de dicha población se dispersaron hacia Cuba y Jamaica. Las formas recién establecidas comenzaron a diferenciarse sutilmente de la forma ancestral, y con el paso del tiempo estas diferencias se fueron acrecentando debido a un intercambio limitado por el océano; como resultado surgieron formas con nuevos acervos genéticos.
 - a) ¿Qué patrón evolutivo se pone de manifiesto?
 - b) Expresa dos de las etapas del proceso que se evidencia en la situación anterior. Ejemplifica su relación con el ejemplo en cada caso.

c) ¿Qué fuerzas evolutivas permitieron el surgimiento de formas con nuevos acervos genéticos?

6. El sijú cotunto y el sijú platanero son especies endémicas de nuestro país. El primero es de hábitos nocturnos y tiene el canto fuerte, algo desagradable; el segundo es un animal con hábitos diurnos y nocturnos, su canto es más bajo.

a) Identifica el patrón evolutivo que explica el origen de estas especies.

b) Argumenta tu respuesta.

7. A partir de un ancestro común con características de anélidos y de artrópodos, debieron originarse estos dos grupos. Los artrópodos comenzaron a ocupar diferentes hábitats: el aire, el mar y la tierra firme, dando lugar a grupos tan diversos como los insectos, los arácnidos y los crustáceos, entre otros.

a) Identifica qué patrón se pone de manifiesto.

b) Argumenta tu respuesta.

3.4 La evolución se ha podido demostrar mediante numerosas evidencias científicas

Los estudios actuales sobre la evolución han establecido las transformaciones evolutivas ocurridas en muchas especies durante diferentes eras y períodos geológicos; en el caso de las ballenas y delfines actuales, sus antecesores fueron animales de pequeña estatura —parecidos a los perros existentes hoy día— de los cuales derivaron dos líneas evolutivas: una dio origen a los hipopótamos, parientes más cercanos de los cetáceos; la otra a especies que poseen barbas, como la ballena azul, y a un grupo de cetáceos caracterizados por presentar dientes, dentro de los que se incluyen las orcas y los delfines (figura 3.31).



Reflexiona

- ¿Cómo los científicos han podido reconstruir estas líneas evolutivas sin observar directamente el proceso evolutivo?
- ¿Qué pruebas o evidencias demuestran que la evolución es un hecho irrefutable?

CAPÍTULO 3

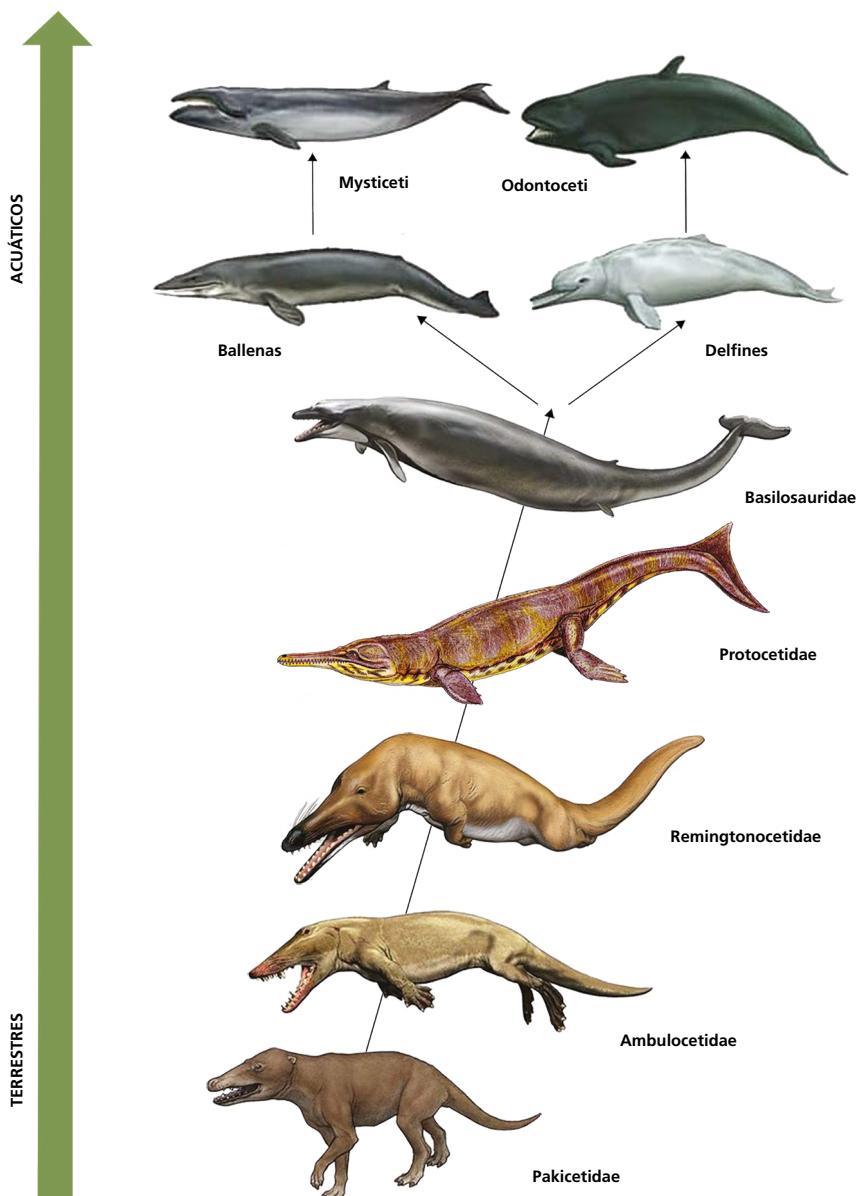


Fig. 3.31 Línea evolutiva de los cetáceos

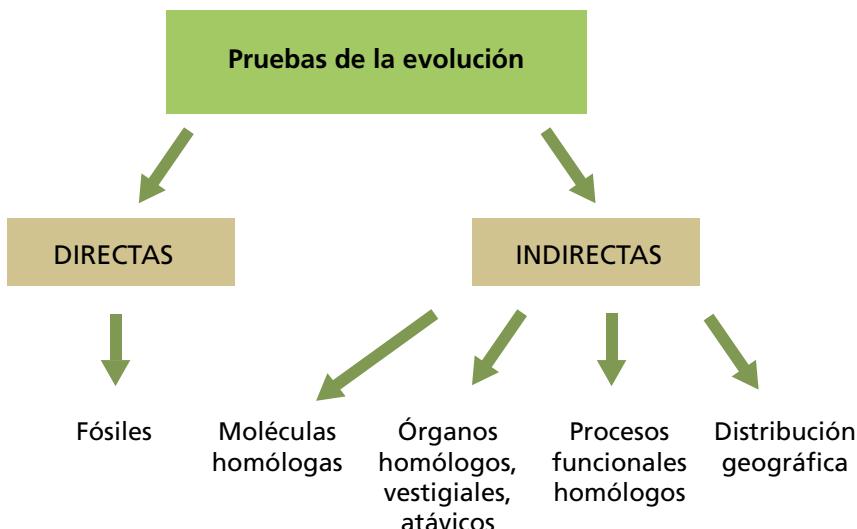
Recordemos que ya en la época de Darwin se habían hallado numerosos fósiles; también él observó y recolectó muchas evidencias y pruebas durante su viaje en el Beagle. Desde entonces la observación de la naturaleza

y el desarrollo de las ciencias han permitido aportar numerosas pruebas a la evolución biótica; cualquier investigación de sus diferentes ramas (citología, bioquímica, genética, botánica, zoología o microbiología, entre otras) conduce de una forma u otra a conclusiones filogenéticas, y con ello aporta pruebas de la evolución.

Como los procesos evolutivos se producen generalmente en largos períodos de tiempo, no es posible observarlos directamente y registrarlos durante un estudio científico. Sin embargo, mediante el estudio de la biodiversidad actual y de los restos de las huellas dejadas por los organismos que vivieron en otras épocas, que ya están extintos, se puede conocer acerca de las transformaciones ocurridas.

Durante el estudio de este epígrafe conocerás los aportes de diversas ciencias a la comprensión del proceso evolutivo y sus manifestaciones, estas se clasifican en dos grupos: directas e indirectas (esquema 3.5).

Esquema 3.5 Clasificación de las pruebas más importantes de la evolución



3.4.1 ¿Qué importancia tienen los fósiles como pruebas de la evolución?

En la figura 3.32 observarás restos de antiguas formas de vida que ya no existen: unas quedaron convertidas en piedra y enterradas en las capas terrestres de la época en que vivieron, otras son huellas y partes muy duras de animales (como los huesos) que se conservan con el paso del tiempo.

CAPÍTULO 3

bajo condiciones ambientales especiales y permanecen aún después de la extinción de estos.



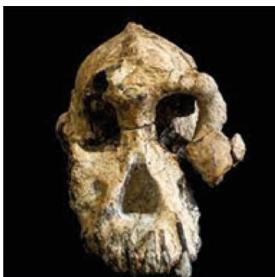
a



c



b



d

Fig. 3.32 Diversidad de fósiles: a) hojas petrificadas, b) *Trilobites*, c) *Ammonites*, d) cráneo de un homínido



Reflexiona

- ¿Por qué los fósiles son considerados pruebas directas que evidencian la científicidad del proceso evolutivo?
- ¿Cómo se forman los fósiles?
- ¿Cuál es la ciencia encargada de su estudio?
- ¿Qué importancia tiene su descubrimiento y estudio?

Las respuestas a estas preguntas y la información que emana de los estudios filogenéticos, te permitirán valorar la importancia científica de los fósiles como pruebas directas de la evolución.



Recuerda que ...

Entendemos por fósil toda huella dejada por un organismo que generalmente no existe en la actualidad.

La palabra fósil procede del verbo latino *fodere* que significa excavar, y originariamente se refería a todo lo que había sido excavado o descubierto en el suelo. La mayoría de los fósiles son cuerpos mineralizados, de consistencia dura, en los cuales la materia orgánica ha sido sustituida por materia inorgánica mineral molécula a molécula, como es el caso de un hueso fósil. También se consideran como tal a huellas, vestigios y restos: dientes, pelo, tejidos duros y heces, así como a organismos completos conservados a bajas temperaturas o atrapados en ámbar, entre otros.

La ciencia que se encarga del estudio de los fósiles es la paleontología.

Los fósiles constituyen pruebas tangibles, observables e irrefutables de la existencia de diversas formas de vida en épocas pasadas, y constituyen las pruebas directas más evidentes de la evolución, ya que su estudio científico permite demostrar la sucesión de formas vivientes que fueron transitando en diferentes épocas, y reconstruir líneas evolutivas.

Al estudiar los estratos geológicos de la Tierra se observa que los inferiores son más viejos que los superiores; en los estratos más viejos se hallan los fósiles más primitivos, y en los más recientes las formas más modernas (figura 3.33). De la única manera que se puede explicar esto científicamente es admitiendo que ha habido una sucesión geológica de formas, como evidencia de la evolución.



Fig. 3.33 Estratos fosilíferos en la provincia de Cienfuegos

Con la ayuda de diferentes técnicas —isótopos radioactivos como el carbono-14 (^{14}C), el rubidio-87 (^{87}Rb) y el potasio-40 (^{40}K)— se ha podido determinar la antigüedad de los fósiles que se estudian, y ubicar las diferentes especies en su tiempo geológico.

Las formas de transición constituyen relevantes evidencias aportadas por el estudio de los fósiles, ya que constituyen formas intermedias entre

CAPÍTULO 3

los antepasados más primitivos y las formas más modernas. Ejemplos de estos son el *Seymouria* (figura 3.34) y el *Archaeopteryx* (figura 3.35). El primero se considera por sus características una forma de transición entre los anfibios y los reptiles, y el segundo entre los reptiles y las aves.



Fig. 3.34 *Seymouria*: a) fotografía del esqueleto fosilizado,
b) reconstrucción pictórica

El *Archaeopteryx* vivió en el período jurásico. El estudio de su fósil permite reconocerlo como una forma de transición, pues presentaba rasgos de reptil —dientes en sus mandíbulas en forma de pico y muchos huesos en la cola— pero tenía plumas como las aves.



Fig. 3.35 *Archaeopteryx*: a) fotografía del fósil, b) reconstrucción

Los paleontólogos reúnen fósiles de determinados grupos en la modelación de líneas evolutivas, y construyen árboles filogenéticos que representan las relaciones evolutivas entre ellos. Entre las líneas evolutivas más estudiadas podemos citar las del caballo, los rinocerontes, la ballena y el ser humano (figura 3.36). Los árboles filogenéticos forman líneas evolutivas que conducen a determinadas especies.

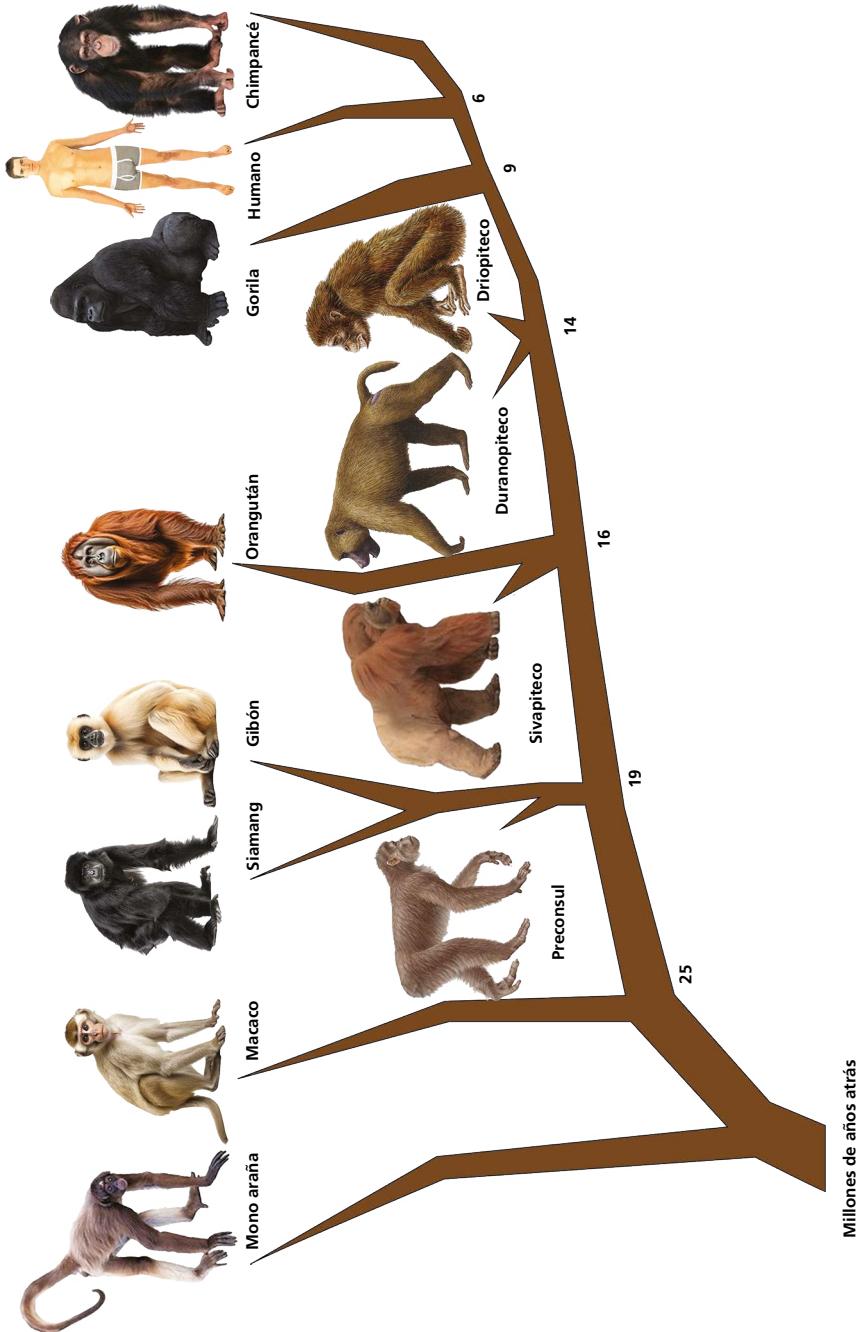


Fig. 3.36 Árbol filogenético de primates con diversas líneas evolutivas

3.4.2 ¿Qué contribuciones hacen otras ciencias biológicas a los estudios evolutivos?

Numerosas ciencias biológicas aportan evidencias al proceso evolutivo de manera indirecta, basadas fundamentalmente en los métodos comparativo, hipotético deductivo, y experimental. Entre ellas podemos mencionar a la biogeografía, la anatomía, la embriología, y la bioquímica comparadas, enriquecidas por otras como la biología del desarrollo y la biología molecular, que se han incorporado recientemente con valiosos resultados.

La rama de la biología que estudia la distribución de las especies en el mundo es la biogeografía, y ha constituido una fuente importante de evidencias en los estudios sobre evolución. Los seres vivos se encuentran distribuidos geográficamente en todos los rincones del planeta, no obstante se conoce que algunas especies diferentes pueden tener la misma función en un ecosistema.

La distribución geográfica de los organismos se explica, entre otras causas, teniendo en cuenta su historia evolutiva. Los factores climáticos como temperatura, humedad, y corrientes marinas, así como las barreras a la dispersión, influyen también en la distribución geográfica.

Darwin observó en las Islas Galápagos que en cada isla existían especies diferentes pero parecidas a las de la costa sudamericana. Esto se explica porque las poblaciones emigraron a las islas y siguieron su propio camino evolutivo, formando nuevas especies adaptadas a las condiciones de su hábitat. También observó que en las islas había pocos mamíferos, entre ellos los murciélagos, lo cual se explica por el hecho de que estos pudieron sobrevolar el océano. Los pinzones que Darwin observó en este lugar son una prueba más del origen de las adaptaciones evolutivas independientes a partir de sus antecesores locales (figura 3.37).

La anatomía comparada se dedica como ciencia al estudio anatómico de diferentes órganos en plantas, animales y seres humanos, con vista a establecer comparativamente las similitudes y diferencias entre los distintos organismos, y de esta forma agrupar los diversos grupos o taxa, existentes en la actualidad. Profundizar en los conocimientos anatómicos posibilitó a los científicos comparar órganos semejantes de diferentes organismos (figura 3.38).

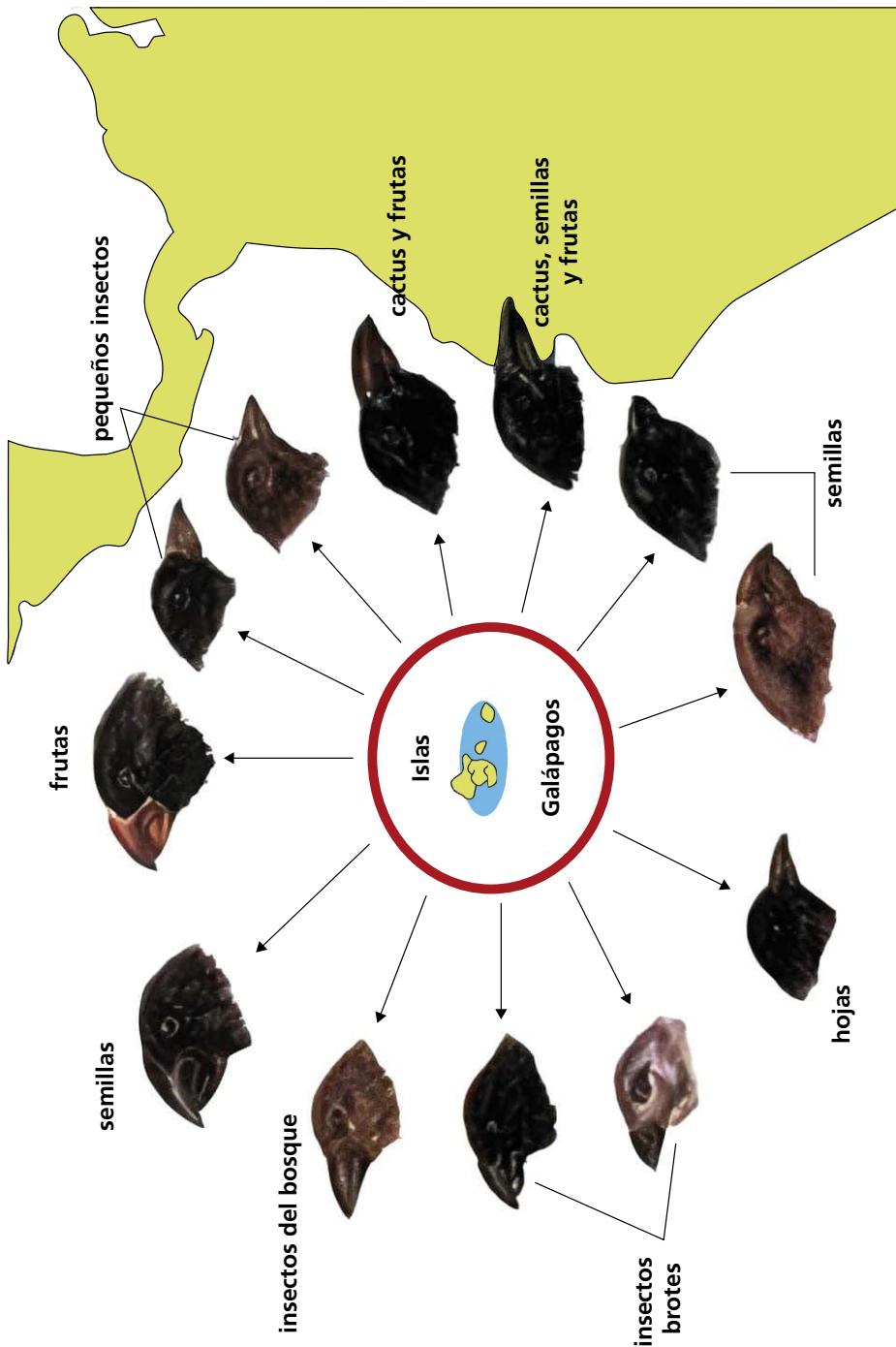


Fig. 3.37 Adaptaciones en los picos de los pinzones

CAPÍTULO 3

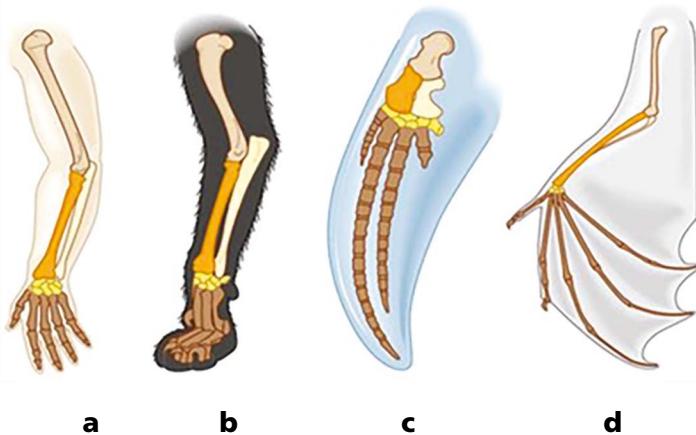


Fig. 3.38 Estructura de las extremidades anteriores de algunos mamíferos:
a) humano, b) gato, c) ballena, d) murciélagos

La comparación de órganos homólogos (órganos de distintas especies con un origen embrionario similar pero diferentes funciones) muestra que las semejanzas observadas son explicables por la existencia de un antepasado común que permite establecer relaciones filogenéticas entre las especies.

Los órganos vestigiales son órganos rudimentarios y sin función aparente, aunque algunos pueden realizar una función diferente a la original. Un ejemplo en los humanos son las llamadas muelas del juicio, los músculos que mueven las orejas, el coxis y el apéndice intestinal o vermiforme, resto del gran intestino que tuvieron nuestros antepasados simiescos como una adaptación a su alimentación herbívora (figura 3.39).

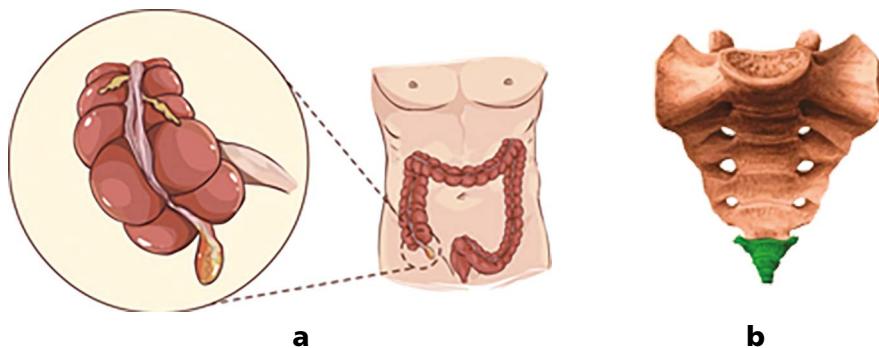


Fig. 3.39 Órganos vestigiales humanos: a) apéndice vermiforme, b) coxis

¿Sabías que...?

Los huesos residuales de las extremidades en ofidios, o los huesos de la pelvis de cetáceos, son órganos vestigiales que indican que estos animales debieron evolucionar a partir de antecesores cuadrúpedos. El hirsutismo es la presencia de pelos en toda la superficie del cuerpo en los humanos, como existía probablemente en sus antepasados.

Los órganos atávicos son aquellos que generalmente no aparecen en los individuos de una especie, sin embargo en algunas ocasiones llegan a aparecer aisladamente en algunos individuos, por lo que se consideran una reminiscencia de los antepasados de la especie. Dos ejemplos de órganos atávicos en humanos son los pezones supernumerarios y la cola (figura 3.40).



a)

b)

Fig. 3.40 Órganos atávicos humanos: a) pezones supernumerarios en un hombre, b) cola en un bebé

Otra ciencia biológica que brinda pruebas de la evolución mediante el estudio de las similitudes y diferencias entre los embriones de diferentes especies, es la biología del desarrollo. Desde la época de Ernest Haeckel (1834-1919) hasta la introducción más actual de técnicas de biología molecular, la embriología comparada aporta pruebas acerca de cómo pudo transcurrir el proceso evolutivo de las especies comparadas, y sobre sus posibles relaciones filogenéticas.



De la historia

Haeckel apoyó con entusiasmo la teoría de la evolución, su principal aporte consistió en la integración de la anatomía y la embriología en la teoría evolutiva. Propuso la teoría de la recapitulación, en la que sostendía que el desarrollo de un embrión de cada especie repite el desarrollo evolutivo. Aunque esta teoría ya está en desuso, sin lugar a dudas las similitudes observadas entre las diferentes etapas del desarrollo embrionario de organismos permiten deducir posibles relaciones filogenéticas.

Si observamos embriones de diversos vertebrados es posible encontrar similitudes entre ellos en las diferentes etapas del desarrollo, de manera que es posible asegurar que los patrones similares de desarrollo embrionario indican que comparten un ancestro común. En la figura 3.41 se muestran embriones de diferentes vertebrados en tres estadios del desarrollo. Podemos comprobar que todos poseen hendiduras branquiales y notocordio en estadios tempranos del desarrollo embrionario.

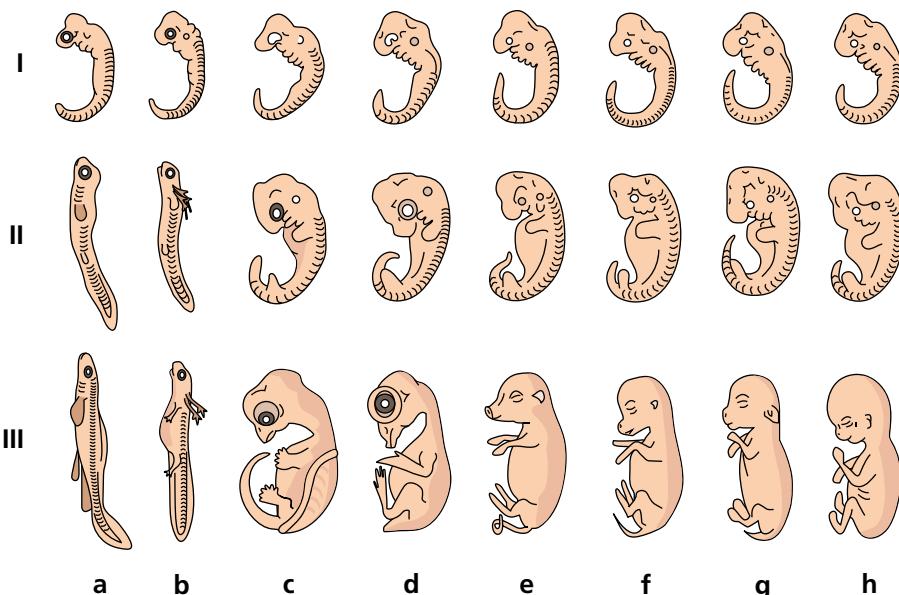


Fig. 3.41 Diferentes estadios de desarrollo en embriones: a) pez, b) salamandra, c) tortuga, d) pollo, e) cerdo, f) ternera, g) conejo, h) humano

Es significativo que al comparar los embriones de una misma clase dentro de los vertebrados —por ejemplo entre mamíferos: cerdo, ternera, conejo y humanos— el parecido es aún mayor.



Saber más

La biología del desarrollo —en particular en el ámbito molecular— brinda cada vez más respuestas a preguntas como la siguiente: ¿cómo los antecesores de las serpientes actuales perdieron sus extremidades? En muchos casos, los cambios evolutivos como la pérdida de extremidades en las serpientes son el resultado de variaciones en los genes que regulan la secuencia ordenada de eventos que ocurren durante el desarrollo. En las pitones por ejemplo, la pérdida de extremidades anteriores y la elongación del cuerpo están ligadas —en una gran variedad de animales— a mutaciones en un grupo de genes que afectan la expresión de los patrones corporales y la formación de extremidades. Las extremidades posteriores pueden no desarrollarse porque el tejido embrionario de la pitón no responde a señales internas que estimulan la elongación de las patas.

La evidencia científica demuestra de manera abrumadora que el desarrollo en diferentes animales está controlado por los mismos tipos de genes; tales semejanzas genéticas en una gran variedad de organismos reflejan una historia evolutiva compartida. Ya en 1975 los biólogos sugerían que los mecanismos reguladores en la expresión génica —en particular de los genes involucrados en el desarrollo— son la causa de muchas diferencias entre especies cercanamente relacionadas. Con frecuencia las mutaciones en los genes que regulan el desarrollo, resultan en formas, estructuras y funciones diferentes.

La bioquímica comparada estudia la composición, estructura, propiedad y actividad de moléculas orgánicas como proteínas y ácidos nucleicos, en diferentes organismos. A mayor similitud bioquímica entre los diferentes grupos de organismos más estrecha es la relación evolutiva.

De la misma forma en que un órgano primitivo se deriva de otros más complejos con adaptaciones a ciertos entornos, una biomolécula primitiva puede dar origen a moléculas más complejas. Por ejemplo: la hemoglobina de todos los vertebrados deriva de una molécula primitiva muy simple que se halla en los músculos. En las cadenas de hemoglobina de diferentes

CAPÍTULO 3

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. Se han encontrado homologías de carácter molecular que constituyen una de las características más notable de la escala evolutiva, por ejemplo: entre la hemoglobina contenida en los eritrocitos de un humano y la de un chimpancé solo existe una diferencia en 12 aminoácidos.

La biología molecular ha aportado pruebas a la teoría de la evolución que han permitido comparar secuencias de ADN y de proteínas, y obtener la información necesaria durante el análisis filogenético o evolutivo. El análisis de la evolución del ADN y de las proteínas, se ha convertido en el mejor método para poder reconstruir científicamente la historia de los linajes de los seres vivos, el ADN y las proteínas refieren una minuciosa información sobre los ancestros de un organismo, que hace posible la reconstrucción de eventos evolutivos antes desconocidos (figura 3.42).

Aplicación práctica

Con el desarrollo de las técnicas de secuenciación del ADN y de clonación, se han introducido nuevas y más poderosas metodologías en la investigación de la evolución a nivel molecular. Esta ciencia ha permitido encontrar semejanzas bioquímicas —como los aminoácidos de la hemoglobina con los que se trazan árboles genealógicos entre especies e individuos de una misma especie— comparando proteínas que desempeñan la misma función. También se pueden comparar con mayor fiabilidad los mensajes que codifican a estas proteínas, a partir de sus genes. Por ejemplo: cuando ocurren epidemias bacterianas y víricas se recurre a los estudios de este tipo para determinar desde la ciencia, la filogenia que relaciona las diferentes cepas infectivas, conocer cuál ha sido la primera cepa, y descubrir con ello donde ocurrió la primera infección.

Con el desarrollo de la genética molecular se ha avanzado considerablemente en la comparación de secuencias de ADN de diferentes especies, incluso de fósiles, lo cual ha revolucionado el campo de la taxonomía, modificando la ubicación taxonómica de muchas especies, géneros, hasta la propuesta de crear nuevos grupos sistemáticos.

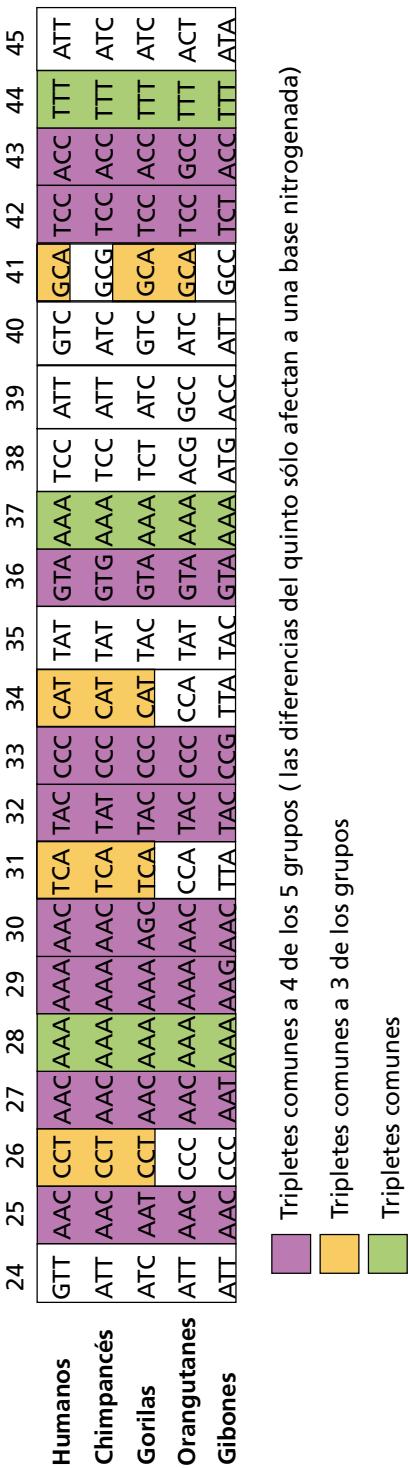


Fig. 3.42 Similitudes y diferencias entre los tripletes de bases nitrogenadas del ADN

CAPÍTULO 3

La genética molecular también ha proporcionado fundamentos a la evolución, al comparar los genomas de las especies durante la determinación de su parentesco; el análisis de las características del ADN mitocondrial también hace más propicia la determinación de las relaciones genealógicas entre especies diferentes —por ejemplo la humana y los otros primates— y la construcción del posible árbol evolutivo de esas especies.

Cada una de las ciencias biológicas anteriormente presentadas aporta diferentes pruebas indirectas de la evolución. La demostración de las relaciones filogenéticas entre los organismos es el resultado de la integración entre estas ciencias entre sí y con la paleontología, la cual aporta pruebas directas. La ciencia avanza paulatinamente desentrañando la complejidad de la evolución de la vida y cada nuevo descubrimiento, ya sea de pruebas directas como indirectas, permite realizar reajustes en las relaciones filogenéticas entre los organismos, lo que suele ocurrir cuando se encuentra un nuevo fósil o se descubren similitudes o diferencias genéticas entre especies.

Comprueba lo aprendido

- 1.** ¿Qué pruebas evolutivas aportan los fósiles?
- 2.** En el estudio de la especie de caracol *Cepaea nemoralis* se comprobó que estos moluscos contienen una proteína con estructura similar a la que poseen individuos de otras especies con coloración diferente en la concha, lo que demuestra su cercanía evolutiva.
 - a) ¿Qué ciencia aportó la prueba de la evolución que se obtuvo en esta investigación?
 - b) Clasifica esta prueba evolutiva. Argumenta tu respuesta.
- 3.** Elabora un esquema con la clasificación de las pruebas de la evolución en directas e indirectas e incluye las características fundamentales de cada una de ellas y las ciencias que las aportan.
- 4.** Selecciona un ejemplo que te permita explicar las relaciones que se dan entre las pruebas directas y las indirectas en el estudio de la filogenia de los organismos.
- 5.** Construye un párrafo para cada inciso explicando las relaciones entre los diferentes conceptos que incluyen, en relación con las pruebas de la evolución.
 - a) biogeografía–especies–distribución geográfica

- b) relaciones filogenéticas–biología del desarrollo–embriones
- c) pruebas directas–fósiles–evolución

3.5 La especie *Homo sapiens sapiens* es única y diversa, debido a la interacción entre factores bióticos y socioculturales durante su origen y evolución

Al observar una fotografía de estudiantes de preuniversitario o en tu propia escuela, puedes comprobar la gran diversidad de características fenotípicas que se manifiestan entre ellos. Sin embargo, todos pertenece-mos a una misma especie: *Homo sapiens sapiens*.



Reflexiona

- ¿Es correcto afirmar que existen razas dentro de la especie humana?
- ¿Qué opinas acerca de las personas que discriminan a otros por sus características?
- ¿Cómo se originó nuestra especie? ¿Es cierto que estamos em-parentados con otros primates?

Con el estudio del origen y evolución de nuestra especie y con el de las pruebas irrefutables de este proceso, comprenderás el porqué de la diversidad y a la vez de la unidad dentro de esta, así podrás valorar con mayor acierto y fundamentos científicos algunas actitudes discriminatorias que aún subsisten en la sociedad moderna.

El problema de cómo surgieron los humanos es una preocupación desde los albores de la humanidad. En las diferentes culturas se dan expli-caciones de acuerdo con los conocimientos y concepciones predominantes. Así tenemos que el creacionismo en sus diversas variantes ha explicado el origen de nuestra especie a partir de un acto de creación divino de un ser sobrenatural omnipotente, por lo tanto es una concepción idealista.

La ciencia ha dado una explicación científica a este problema, aplican-do los conocimientos sobre la evolución, con pruebas que fundamentan de manera irrefutable el origen natural de nuestra especie a partir de antepa-sados primates. Los evolucionistas en su mayoría plantean que los cuatro

CAPÍTULO 3

momentos clave de la evolución de los seres humanos fueron: el origen de la familia humana, la proliferación de especies antecesoras bípedas, el origen del género *Homo* —en el que ocurrió el incremento del tamaño del cerebro— y el origen de los humanos modernos.

La evolución que dio origen a nuestra especie *Homo sapiens sapiens*, es parte y continuidad del mismo proceso evolutivo que originó a todas las especies que habitan el planeta Tierra, con las que convivimos y tenemos una relación filogenética.



De la historia

Uno de los primeros en sugerir el origen de nuestra especie a partir de antepasados similares a los monos, fue Charles Darwin en su libro *La descendencia del hombre y la selección con relación al sexo*, publicado en 1871, en el que da continuidad a su teoría de la selección natural aplicada a nuestra especie. Federico Engels también contribuyó a explicar la evolución cultural de estos antepasados, valorando el papel del trabajo en nuestro origen.

Para poder comprender la evolución de la especie humana es necesario ubicarla taxonómicamente, estudiar sus principales antepasados fósiles y analizar la interacción entre los factores bióticos y culturales en la transformación de los antepasados homínidos en el humano moderno.



Recuerda que ...

- Los humanos contemporáneos constituimos la especie *Homo sapiens sapiens*: del latín *homo* que significa humano y *sapiens*, razonable, sensato, pensante, inteligente.
- Desde el punto de vista taxonómico somos parte del dominio Eukarya y el reino Animalia, por poseer una espina dorsal nos incluimos en el filo Chordata, y como esta es segmentada, en el subfilo Vertebrata.
- Somos mamíferos, de la clase Mammalia, pues las madres dan de mamar a sus crías.
- Estamos provistos de extremidades con cinco dedos, poseemos clavículas y un único par de glándulas mamarias situadas en el pecho, pertenecemos por tanto al orden Primates.

- Nuestros ojos se encuentran emplazados en la parte frontal de la cabeza —lo que facilita la visión estereoscópica— y nuestro cerebro es grande en relación con el tamaño del cuerpo.
- También formamos parte de la familia de los homínidos (*Hominidae*) que incluye además a los grandes simios, llamados monos antropomorfos.
- Finalmente, junto con especies antecesoras más directas de la humanidad ya extintas, integramos la subtribu de los homíninos (*Homininae*).

Las similitudes físicas y genéticas con los primates muestran que la especie humana está estrechamente relacionada con los grandes monos o simios. Dentro de ellos se encuentran los antropoides o monos superiores, que incluyen a los chimpancés, orangutanes y gorilas, con los que compartimos un antepasado común que vivió hace aproximadamente 7 millones de años.

Los genes del ser humano y del chimpancé son idénticos en aproximadamente un 98 %, lo que demuestra su cercanía evolutiva. Esto no significa que el ser humano evolucionara a partir del chimpancé, sino que existe un antepasado común con los homínidos que constituye la familia a la cual pertenece *Homo sapiens sapiens*, junto a otras especies ya extintas.

3.5.1 ¿Cómo se demuestra científicamente el origen de la especie humana como resultado de la evolución?

La investigación paleontológica ha sido clave en el estudio evolutivo de nuestra especie, pues hasta la actualidad ha aportado un gran número de evidencias que argumentan su evolución. El estudio de las diversas formas fósiles, su fechado por modernos métodos de cronología, los estudios de biología molecular, e investigaciones más profundas que se realizan en los primates actuales, nos demuestran el proceso evolutivo humano a partir de formas prehomínidas primitivas, de forma innegable.

Los descubrimientos de fósiles que se suceden en cada etapa hacen muy difícil el establecimiento de un orden concluyente en los diferentes antecesores, por lo que las relaciones filogenéticas entre ellos se reajustan con cada nuevo descubrimiento.

Entre los primeros fósiles conocidos se ubica el *Ardipithecus ramidus*, que vivió en un medio eminentemente arbóreo en Etiopía hace 4,4 millones

CAPÍTULO 3

de años, su alimentación era vegetariana. Se supone que este prehomínino dio origen a los *Australopithecus*, antecesores del género *Homo*. Un ejemplo de *Australopithecus* es un fósil denominado Lucy (*A. afarensis*), que fue encontrado en el desierto de Etiopía en 1974 (figura 3.43).

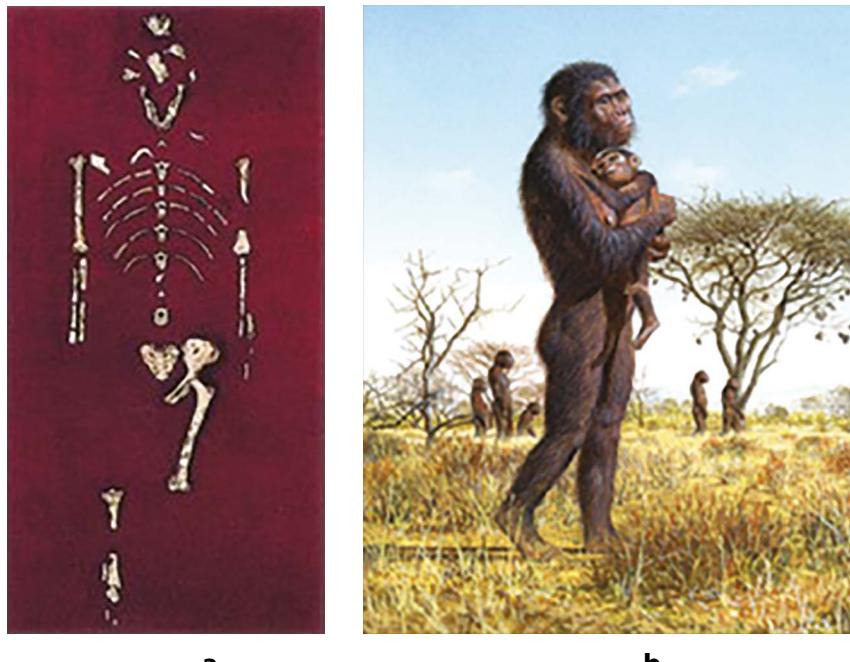


Fig. 3.43 Ejemplar hembra de *Australopithecus afarensis* (Lucy): a) huesos fósiles, b) reconstrucción pictórica

Los fósiles de *Australopithecus* demuestran que estaban adaptados a la vida en zonas abiertas o sabanas. Se ha planteado la hipótesis de que sus antecesores arborícolas presentaban preadaptaciones, como la habilidad manual, el acortamiento del hocico y la posición frontal de los ojos, y que esto —en las condiciones de las sabanas, más expuestos al clima y a los depredadores— influyó en el desarrollo de la posición erecta y un mayor desarrollo cerebral.

Los homíninos incluyen un conjunto de especies fósiles y al único representante vivo actualmente: el *Homo sapiens sapiens*. Es importante comprender que la evolución humana no fue un proceso lineal. Algunas especies del género *Homo* coexistieron en el tiempo y muchas se extinguieron, debido a la pérdida de sus hábitats por cambios en los ecosistemas, y a la competencia con los monos del Viejo Mundo.



Recuerda que ...

Las características más sobresalientes de los homíninos son:

- posición erecta que le posibilita la marcha bípeda;
- dedo pulgar oponible;
- dientes pequeños dispuestos en forma parabólica a lo largo de las mandíbulas, con tercer molar pequeño y caninos no salientes;
- desarrollo de la cavidad craneana y del cerebro;
- capacidad de comunicación mediante lenguaje articulado, y
- capacidad para confeccionar instrumentos rústicos.

Según los registros fósiles se sabe que los primeros homíninos del género *Homo* se originaron hace aproximadamente 2,5 millones de años en África, donde se diversificaron. Según dichos registros, las primeras especies encontradas fueron el *Homo habilis*, el *Homo erectus*, el *Homo rudolfensis*, y el *Homo ergaster*, que se caracterizaban por un gran desarrollo cerebral y la elaboración de herramientas.

Hasta el momento, el *Homo ergaster* es reconocido como la especie que continuó la línea evolutiva hasta el *Homo sapiens* y se supone que procede del *Homo habilis*, es descrito por algunos autores como el antecesor africano del *Homo erectus* y del *Homo heidelbergensis*. Algunos investigadores consideran que los homíninos *Homo ergaster* pueden haber sido los primeros en establecer relaciones sociales complejas, precisamente facilitadas por los primordios de lenguaje oral articulado.

Ya sabes que el estudio de los fósiles permite establecer líneas evolutivas que son reconstruidas constantemente por los científicos a partir del descubrimiento de nuevos registros fósiles.

Al observar la figura 3.44 podrás comprobar que el camino de la evolución humana no fue recto, se produjeron ramificaciones como la que dio origen al *Homo erectus* y al *Homo neanderthalensis*. Estos últimos aunque son homíninos emparentados con los humanos actuales, no están en la línea evolutiva directa que originó nuestra especie.

Estas especies extintas son evidencia científica del fracaso de diversas formas en su interacción con el medio ambiente, en realidad lo que observamos es un árbol evolutivo y dentro de él, la línea evolutiva que originó nuestra especie. Existe una diversidad de fósiles que se consideran relacionados con el origen de la especie humana. Entre los registros fósiles en estudio podemos citar el *Homo rudolfensis*, el *Homo ergaster* y el *Homo antecessor*.

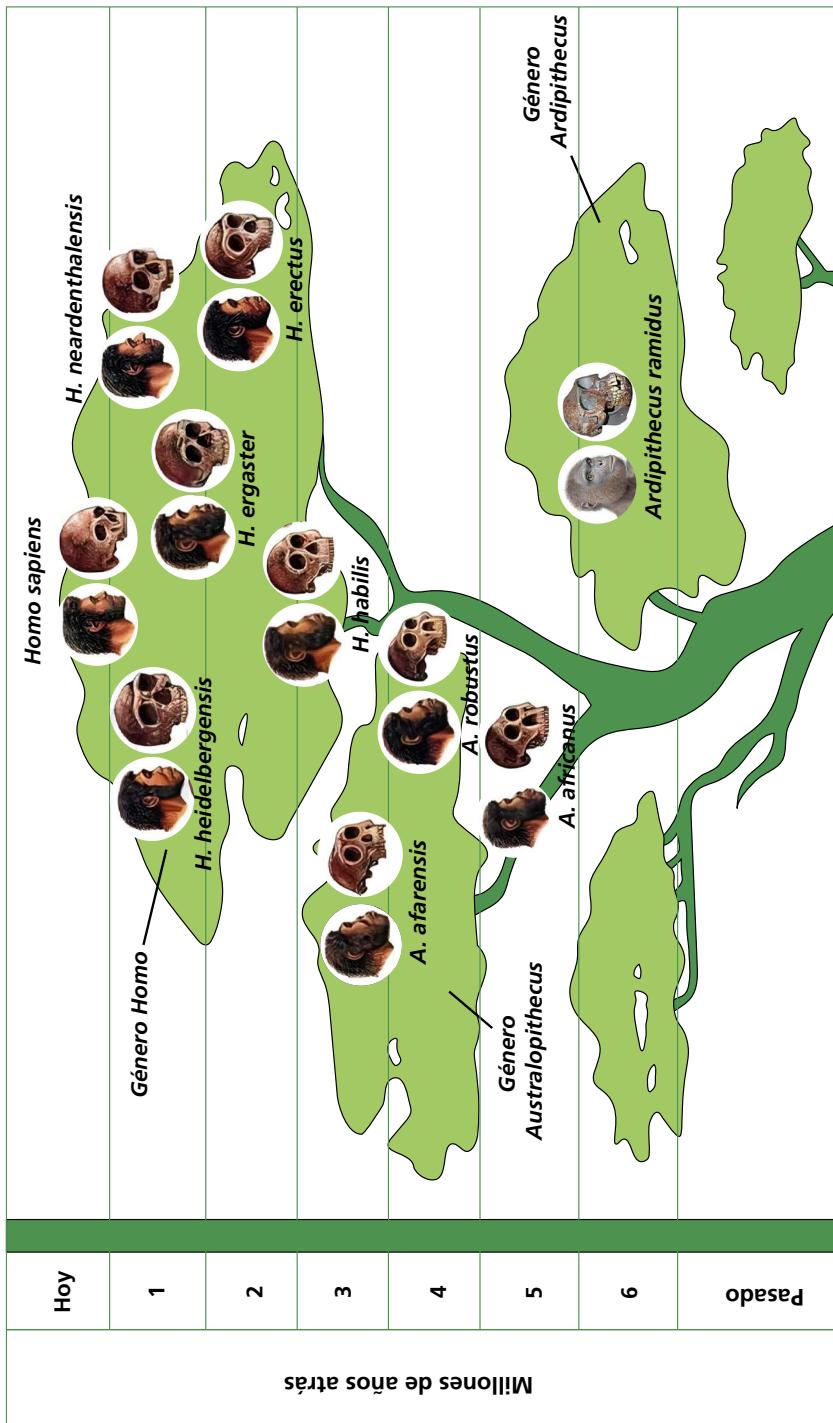


Fig. 3.44 Principales relaciones filogenéticas hacia los humanos actuales

¿Sabías que...?

Se calcula que hace 1,9 millones de años se originó el *Homo ergaster* en África oriental, el primero en controlar y utilizar el fuego. Algunos autores lo consideran el antecesor directo de *Homo erectus*, cuyos fósiles se han encontrado en Asia oriental (China e Indonesia) y en Europa, por lo que se deduce que migró fuera de África aproximadamente hace 2 millones de años. El *Homo ergaster* es considerado también el antepasado de los neandertales, denisovanos y de los humanos modernos (*Homo sapiens sapiens*).

Los descubrimientos de fósiles de homíninos, dataciones absolutas y otras evidencias, han respaldado la hipótesis de que la especie *Homo sapiens* se originó en África y luego se extendió por Asia y Europa.

Entre fragmentos de huesos de estos representantes del género, se han hallado piedras talladas (figura 3.45). La obtención de instrumentos a partir de la talla sistemática de piedras, parece haber sido una de las claves de la capacidad de nuestro género, que le permitió ocupar hábitats muy diversos y acceder a nuevos recursos.

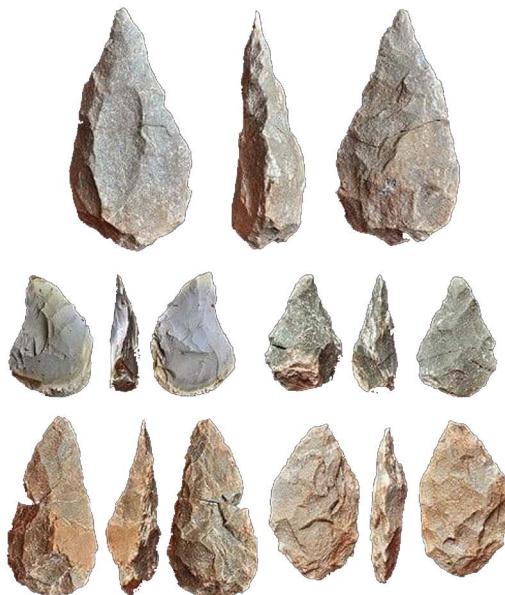


Fig. 3.45 Piedras talladas por homíninos

Los instrumentos más antiguos que se han encontrado atribuidos al género *Homo*, son lascas obtenidas al golpear las piedras con cantes redondos; estas les servían para fragmentar los restos de animales, lo que les permitió incorporar nuevos alimentos, sobre todo carne. Este hecho, unido a la conservación y el uso del fuego, tuvo un gran impacto en la nutrición, al poder cocinar la carne e incorporar una mayor cantidad de nutrientes, proteínas y calorías, lo que contribuyó al desarrollo del cerebro.



Saber más

Durante la última glaciación hace 30 000 años, desaparecieron los neandertales. Se considera que estos no son antecesores de la especie *Homo sapiens sapiens* como antes se pensaba. Existen muchas hipótesis que explican su extinción, pero lo cierto es que convivieron, se cruzaron y fueron sustituidos por humanos muy semejantes a nosotros.

Un fósil muy conocido de *Homo sapiens* es el que fue encontrado en Francia, en la cueva de Cro-Magnon. Su estudio arrojó que estos fabricaron utensilios y adornos de marfil, manufacturaron flechas y lanzas con las que capturaban a sus presas, construyeron sus viviendas de un modo rústico, y desarrollaron notablemente la comunicación mediante un lenguaje articulado. Otra forma de comunicación fue mediante las pinturas rupestres, o sea, dibujos que hacían en las paredes, representando diversos episodios como la caza, el baile, etcétera.

En la investigación sobre la evolución humana, además de los fósiles, existen otros métodos y técnicas muy eficaces para la búsqueda de evidencias científicas: el estudio de los cromosomas y del ADN.

La comparación entre cromosomas permite establecer semejanzas y diferencias en las relaciones filogenéticas (figura 3.46).

Los estudios comparados de mutaciones génicas en diferentes grupos de primates ofrecen pruebas de la cercanía filogenética entre estos. Por ejemplo, las mutaciones de la región del ADN que codifica la proteína globina muestran mayor cercanía filogenética entre chimpancés y humanos, lo cual se corrobora en la disminución del número de mutaciones (figura 3.47).

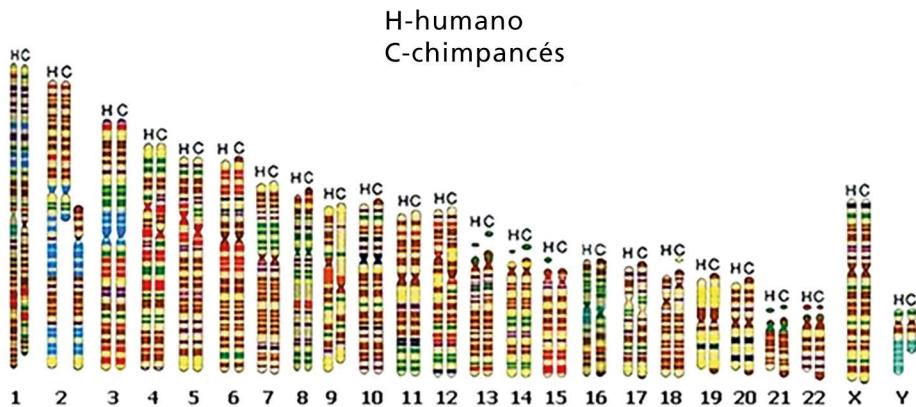


Fig. 3.46 Comparación entre los cromosomas humanos y de chimpancés

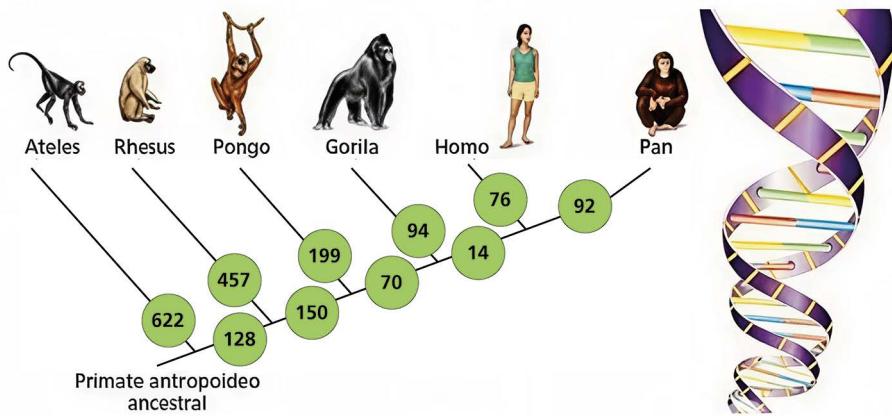


Fig. 3.47 Cambios de pares de bases en el ADN codificador de la proteína globina

Tanto la comparación de secuencias de ADN como de proteínas determinadas en él, han aportado gran información sobre los antepasados humanos, pues la uniformidad en la composición química y en los procesos metabólicos revela la existencia de antepasados comunes.

En el estudio evolutivo humano se ha utilizado el ADN mitocondrial, pues su variabilidad depende exclusivamente de las mutaciones y permite un seguimiento de la línea materna evolutiva. Una comparación del ADN mitocondrial de distintos grupos étnicos de regiones diferentes, demostró que todos los humanos vivos descienden, en última instancia, de una

CAPÍTULO 3

mujer a la que llamaron la “Eva mitocondrial”. Esta mujer, considerada el antepasado común de todos los seres humanos del mundo, existió entre 150 000 a 200 000 años atrás.

La humanidad siempre ha tenido curiosidad por conocer de dónde proviene, debido a esto son muchos los aportes científicos que se realizan en este sentido. El estudio de los fósiles y del ADN recuperado de estos en muestras conservadas aún frescas, ha aportado gran número de evidencias, consideradas pruebas irrefutables del origen de nuestra especie como resultado de la evolución. Sin embargo, aunque la evolución humana es continuidad de la del resto de las especies que habitan en nuestro planeta, esta se distingue como una especie única en la evolución. La especie humana se diferencia del resto de los animales porque somos seres biopsicosociales, por lo que en nuestra evolución no solo influyen los factores bióticos que hemos estudiado hasta el momento.

3.5.2 ¿Cómo interactúan los factores bióticos y socioculturales en el proceso de evolución humana?

Como recordarás de tus estudios de noveno grado, la evolución humana —a diferencia del resto de los animales— tuvo un doble carácter: biótico y sociocultural. Desde el punto de vista biológico se fueron desarrollando adaptaciones anatómicas, funcionales y conductuales, por la acción de las variaciones genéticas, la selección natural y la deriva genética.



Reflexiona

- ¿Cuáles fueron las adaptaciones surgidas en los antecesores de los humanos, que permitieron su supervivencia y desarrollo?
- ¿Qué características conductuales se desarrollaron durante el proceso de hominización?
- ¿Cómo interactuaron los factores bióticos con los socioculturales durante la evolución?

Las peculiaridades del grupo humano no son resultado de fuerzas sobrenaturales, sino el producto de transformaciones cuantitativas y cualitativas, de características similares que poseían sus antepasados prehumanos. Durante el transcurso de la evolución humana se adquirieron —mediante procesos de especiación— nuevas propiedades que no existían en sus antepasados.



Recuerda que ...

Entre las principales características que diferencian a la especie humana del resto, se encuentran la posición bípeda y las manos libres, los brazos cortos y las piernas largas y rectas, la cara pequeña y corta con mentón, los caninos poco desarrollados, el pulgar de la mano oponible y de gran movilidad, y el gran tamaño cerebral con relación al cuerpo.

En el proceso de hominización uno de los cambios anatómicos más importantes fue el desarrollo del cerebro: su volumen pasó a lo largo de más o menos 5 millones de años, de aproximadamente 500 cm^3 a los casi $1\,400\text{ cm}^3$ en los humanos. La figura 3.48 muestra la reconstrucción de dos cráneos de nuestros ancestros comparados con el humano.

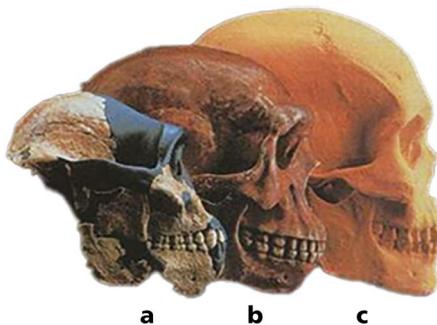


Fig. 3.48 Diferencias entre cráneos: a y b) fósiles, c) humano

Con el mayor volumen del cerebro se fueron diferenciando zonas cerebrales. El desarrollo del sistema límbico trajo consigo la capacidad afectivo-emocional y una mayor memoria. En este se sitúan los núcleos y las vías de interconexión con la corteza cerebral que hacen posible los sentimientos de afecto y solidaridad, la agresividad, el placer, la interrelación social y la gestión de la memoria. También se produjo un gran desarrollo del neocírortex o corteza cerebral, que es el soporte de la conciencia, la inteligencia y el conocimiento, además de las funciones motoras y sensoriales. Al mismo tiempo se desarrolló el cerebelo, de gran importancia en el equilibrio y el logro de la marcha erguida.

Entre los principales cambios conductuales que ocurrieron durante la hominización podemos señalar el andar bípedo, la elaboración consciente

de herramientas mediante el trabajo, y una dieta omnívora; comenzaron a desarrollarse una conducta social más compleja, y el lenguaje articulado, se incrementó la inteligencia y la capacidad de aprendizaje, esto permitió la transmisión de la herencia cultural.

De la historia

Federico Engels (1820-1895) en su artículo “El papel del trabajo en la transformación del mono en hombre” realizó una valoración de la importancia del trabajo en la evolución humana, develando la importancia de las relaciones sociales y laborales en los cambios anatómicos, funcionales y conductuales que ocurrieron en el origen de la especie humana.

El proceso de hominización es el producto de la interacción de factores bióticos y sociales, por lo que pasa de un proceso donde predominaron los cambios en su organismo a un proceso fundamentalmente sociocultural (figura 3.49).

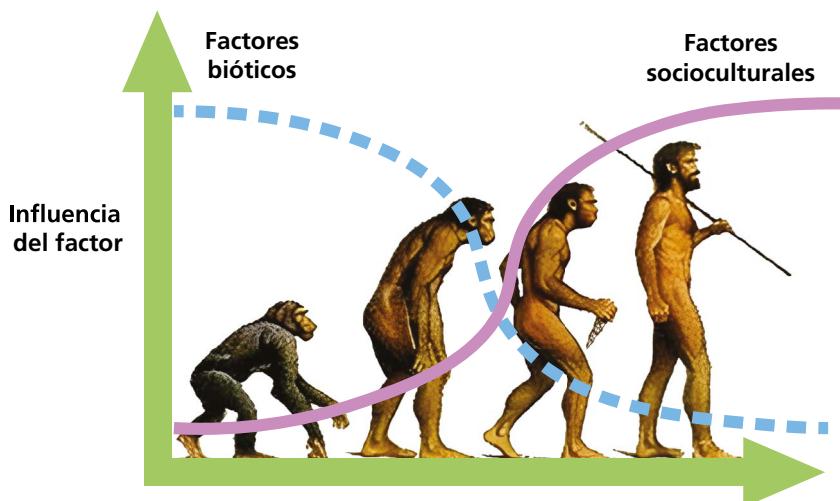


Fig. 3.49 Interacción entre factores bióticos y sociales en el proceso de hominización

En su evolución biótica los humanos se adaptan al medio ambiente como resultado de la acción de las fuerzas evolutivas, pero en la evolución sociocultural utilizan la tecnología creada por ellos para transformar el

medio ambiente mediante el trabajo consciente. Por eso la principal diferencia entre los humanos y los animales es que la especie humana modifica la naturaleza de forma consciente por medio del trabajo. El desarrollo de la actividad laboral como necesidad de transformar la naturaleza conscientemente y de forma planificada en su propio beneficio, fue determinante en la evolución humana como ser biopsicosocial (esquema 3.6).

Esquema 3.6



El surgimiento del *Homo sapiens sapiens* condujo a la adopción de leyes sociales completamente nuevas, que con el tiempo se harían predominantes y se sobrepondrían a las leyes bióticas, como esencia y factor rector del curso de la evolución humana.

Por ejemplo, el desarrollo del cerebro se produjo en interacción con los cambios conductuales: al ampliarse la corteza prefrontal se incrementaron las capacidades intelectuales y del afecto, y el control sobre las áreas asociadas a conductas primitivas como la agresividad. Esto explica cómo los homíninos y luego los humanos modernos aprendieron a controlar las conductas agresivas, orientándolas hacia actitudes constructivas de adquisición de conocimientos, búsqueda de alimentos, defensa, caza, elaboración de herramientas, trabajo, también hacia la creación artística y mágico-religiosa, entre otras. Junto a ello, las capacidades para el placer y el afecto hicieron posible la vida comunitaria con la consiguiente suma de esfuerzos y facilitación de comportamientos solidarios.

Entre estos comportamientos se encuentran el cuidado de las embarazadas, el parto asistido, la protección y nutrición de los bebés que nacen más desvalidos que en otras especies, la búsqueda y elaboración de alimentos, el cuidado de los enfermos, etcétera, lo que revela compasión y altruismo.

De la historia

Cuando un estudiante preguntó a la antropóloga estadounidense Margaret Mead cuál era según su criterio el primer signo de civilización en la humanidad, ella respondió que consideraba que fue el hallazgo de un fósil con un fémur sanado, después de haber sufrido una fractura. Explicó que ningún animal con una extremidad inferior rota sobrevive el tiempo suficiente para que el hueso se repare por sí solo. De modo que un fémur quebrado y curado es una evidencia de que alguien se quedó a cuidarlo hasta sanar, lo que es un rasgo de desarrollo sociocultural humano.

La habilidad para hacer y dominar el fuego, así como el transmitir esta experiencia a la descendencia, resultó una gran conquista cultural. El uso del fuego repercutió también en todo el sistema cognitivo y la organización social de los homíninos, que lo emplearon sobre todo para crear alianzas y defensas entre grupos. Como señaló Darwin, el arte de hacer fuego probablemente fue uno de los mayores logros alcanzados por la humanidad.

Otra de las adaptaciones surgidas en el cerebro fue el desarrollo de las áreas de asociación, que son las zonas de la corteza cerebral que conectan e integran las informaciones, y en interacción con el tálamo constituyen el sustrato físico de la actividad mental, emergiendo así la conciencia. Mediante esta, el ser humano percibe y comprende el medio natural, el social y el subjetivo, e interactúa con ellos. Hace posible que nos percatemos de nosotros mismos, de cómo somos y nos sentimos, a la vez que entendemos la relación con los demás individuos y objetos que nos rodean.

La conciencia es patrimonio del ser humano, y está vinculada al alto grado de desarrollo y complejidad del sistema nervioso y en especial del cerebro, siendo el lenguaje, el principal y no el único instrumento simbólico de comunicación y aprendizaje. Ella implica autoconciencia, pensamiento simbólico, capacidad para el desarrollo cognoscitivo, y para idear nuevas formas de adaptación a la naturaleza mediante la cultura, que al ser transmitida se logra la perdurabilidad de estas adquisiciones de una generación a otra.

Con el desarrollo del cerebro humano se ha logrado mejor integración de la percepción, almacenar más memoria y correlacionarla con la experiencia, recordar, pensar en proyectos, facilitar la comunicación con

los semejantes mediante el habla, imaginar deseos o miedos, hacerse preguntas sobre el pasado y el porvenir, etcétera.

La creación de utensilios y herramientas y su uso en una gran diversidad de funciones, posibilitó el uso de los recursos naturales y la adaptación al medio ambiente, no solo a partir de adaptaciones bióticas especializadas, sino con el empleo de dichas funciones, facilitado por el gran desarrollo del cerebro y la conciencia.



Recuerda que ...

Durante el paleolítico, los humanos comenzaron a fabricar herramientas muy simples en un principio que después fueron perfeccionando; así pudieron conseguir alimentos, defenderse de los animales o de cualquier otro tipo de peligro que surgiera.

Los humanos más antiguos no producían alimentos, solo los consumían. Con el desarrollo de las relaciones sociales aprendieron a cazar, y fue entonces que fabricaron armas o instrumentos de trabajo para hacerlo. También necesitaron instrumentos de trabajo para construir sus chozas y protegerse del clima. Confeccionaron hachas de mano para cazar, raspar y cortar.

A medida que fueron evolucionando, perfeccionaron sus instrumentos haciéndolos cada vez más específicos; así elaboraron punzones para agujerear, arpones de pesca, agujas con las que cosían pieles, arcos, flechas, dardos y cuchillos para cazar, espadas, puñales, armas, etcétera (figura 3.50).



Fig. 3.50 Herramientas e instrumentos de trabajo elaborados durante la evolución humana

CAPÍTULO 3

El lenguaje es uno de los elementos claves para poder comprender la evolución cultural, y la transmisión de los comportamientos aprendidos, a las siguientes generaciones. El lenguaje humano tiene la capacidad de:

- elaborar un sinnúmero de mensajes para todas las situaciones que se le presenten;
- producir nuevos sonidos que lo enriquecen;
- referirse a cosas temporalmente alejadas del momento y lugar de la comunicación.



¿Sabías que...?

La genómica ha aportado información en cuanto al desarrollo de cambios anatomicofuncionales, que permitieron variaciones en el comportamiento humano. Tal es el caso del lenguaje —que se basa en el control preciso de los músculos de la laringe y la boca—, pues se ha identificado un gen que se encuentra relacionado con este. Los miembros de una familia con una mutación en ese gen, presentan severas dificultades en su lenguaje.

Cuando se compara este gen humano con el de otros primates, se observa que contiene dos secuencias clave mutadas sobre las cuales ha actuado la selección natural, favorecedora de cambios específicos en los humanos.

La cultura es creada por la humanidad en la práctica histórico-social, y se desarrolla en dependencia de los cambios que acontecen en las formaciones socioeconómicas, ya que el proceso de la producción de bienes materiales es base y fuente del desarrollo de la cultura humana. La existencia de la cultura condiciona la herencia cultural, que se basa en la transmisión de información mediante un proceso de enseñanza y aprendizaje.

Esta herencia nos ha permitido la transmisión acumulativa de experiencias de generación en generación. La herencia cultural permite un nuevo modo de evolución que no existe en otros organismos: la evolución cultural.

En la evolución biótica, los seres humanos se adaptan al medio ambiente mediante la acción de las fuerzas evolutivas; en la evolución cultural —que es un aspecto de la evolución social— se transforma el medio ambiente

por medio del trabajo consciente, e implica la manipulación de herramientas, utensilios, y el desarrollo de la tecnología. Ambos procesos conducen a la adaptación de los seres humanos a su medio ambiente.



Recuerda que ...

La cultura no es más que el conjunto de modos de vida aprendidos y las creaciones humanas características de una determinada sociedad. Entre estos modos de vida se encuentran las organizaciones sociales, la forma de hacer las cosas, la ética, la religión, el lenguaje, el conocimiento científico, el arte y la tecnología, entre otras.

La evolución de la cultura requiere del aprendizaje, por lo que ocurre en dependencia e interacción con el desarrollo del cerebro. Se considera que el primer paso para desarrollar una cultura rudimentaria fue el contar con un desarrollo cerebral básico, y en la medida en que esta se fue haciendo más compleja, actuó como un factor selectivo que favoreció la evolución de un cerebro con mayor capacidad para el aprendizaje de aspectos complejos de la nueva forma de vida.

El cerebro humano es producto y a la vez creador de ese fenómeno que llamamos cultura; su anatomía, funciones y conducta están impregnadas de ella, lo que nos hace únicos dentro de los animales.

Es necesario considerar que la cultura es un instrumento de adaptación más eficaz que los procesos bióticos, entre otras razones porque tiene una influencia más amplia y rápida. Mientras que las variaciones hereditarias se transmiten a los descendientes mediante el proceso de reproducción, la herencia cultural y sus cambios implícitos pueden influir de una manera más general en las poblaciones humanas. De esta forma se desarrolló y evolucionó la capacidad de aprender el lenguaje, construir viviendas, confeccionar y emplear herramientas y ropas, desarrollar la agricultura y la ganadería, así como de asegurar la herencia de tradiciones que también conforman la diversidad humana (figura 3.51).

Desde el siglo XVI los estudios evolutivos y antropológicos se emplearon para fundamentar la creación de estereotipos a partir del aspecto anatómico con el fin de dividir a la especie humana por razas. Así se desarrolló el racismo como ideología que sustenta la supuesta superioridad

CAPÍTULO 3

racial, y justifica la existencia de relaciones de dominio de unos humanos sobre otros, y los comportamientos de rechazo o agresión. El racismo se relaciona frecuentemente con la xenofobia y la segregación social como manifestaciones de este.



Fig. 3.51 Danza de la tribu Masai

Reflexiona

Nuestro José Martí expresó con referencia al racismo: “[...] ¿de qué nos sirve tener a Darwin sobre la mesa, si tenemos todavía al mayoral en nuestras costumbres? [...]”⁶.

¿Qué significado tiene esta reflexión martiana a la luz de lo aprendido sobre la evolución?

Aunque el racismo no se haya erradicado, la ideología en la que se basa ha sido sometida a una crítica radical desde la segunda mitad del siglo xx; antropólogos, biólogos, genetistas y sociólogos han demostrado que la noción de raza carece de sentido, en la medida en que la especie humana es una e indivisible.

⁶ J. Martí: Discurso en conmemoración del 10 de Octubre de 1868 en Hardam Hall, Nueva York, *Obras completas*, t. 4, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 1975, p. 253.



Saber más

Como resultado de aplicar la teoría de la selección natural para interpretar a la sociedad, surgió el darwinismo social, cuyo principal ideólogo fue el sociólogo inglés Herbert Spencer. Cuando los lemas favoritos del darwinismo social “lucha por la supervivencia” y “ley del más fuerte” se aplican a la sociedad humana, suponen que el rico tiene mejores oportunidades que el pobre y por lo tanto, más éxito en la vida.

Estos conceptos están muy lejos de las intenciones de Darwin, quien siempre mostró su inconformidad ante el tratamiento injusto a los pueblos indígenas.

El racismo y la eugenesia tienen sus raíces en el darwinismo social. El pensamiento racista, surgido del darwinismo social, sirvió de fundamento a la eugenesia, es decir la aplicación de leyes biológicas al perfeccionamiento de la especie humana.

La ciencia rechaza el concepto de raza poniendo en evidencia su carácter subjetivo basado en prejuicios. La idea de raza superior carece de sentido, pues la especie humana es una e indivisible desde el punto de vista biótico, ya que por su origen común compartimos el 99,99 % de los genes, y se ha reconocido que la diversidad humana es resultado de diferencias que existen en las frecuencias génicas en las poblaciones humanas, por lo tanto es parte de la riqueza de nuestra especie.



¿Sabías que...?

El 21 de marzo de 1960 la policía sudafricana abrió fuego sobre una manifestación pacífica contra la ley de pases del apartheid y mató a 69 personas. Por esta razón en 1966 la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó el “Día Internacional de la Eliminación de la Discriminación Racial”, que se celebra cada 21 de marzo, e instó a la comunidad internacional a redoblar sus esfuerzos para eliminar todas las formas de este flagelo.

CAPÍTULO 3

Hace 10 000 años, cuando el ser humano comenzó a recolectar y cultivar granos y a domesticar animales, se produjo un cambio fundamental en la relación entre este y otros seres vivos de la Tierra. El desarrollo de la agricultura proporcionó a la humanidad mayor cantidad de alimentos y mayor estabilidad en su abastecimiento, surgiendo así las primeras civilizaciones.

Actualmente la cultura, y particularmente la tecnología, dominan la vida humana. La aplicación de la ciencia y la tecnología ha contribuido a resolver muchos problemas humanos, y al mismo tiempo ha ocasionado serias afectaciones medioambientales al provocar destrucción y degradación del medio ambiente, lo que se pone de manifiesto en los efectos del cambio climático y en la pérdida de la biodiversidad, entre otros problemas globales. La evolución de la vida no puede responder ante los cambios ambientales provocados por los humanos, a la velocidad en que estos están ocurriendo.

Cuando Martí hizo la pregunta a la que nos referimos con anterioridad, estaba haciendo una crítica al racismo, pero su contenido se refleja hoy día en la posición de dominadores de la naturaleza que adoptamos seres humanos, en la reproducción de las formas de vida, las conductas y decisiones cotidianas, incluso en la manera en que se hace la ciencia y se aplican sus resultados en la práctica, para la solución de problemas.



Reflexiona

¿Tenemos derecho destruir lo que ha logrado la naturaleza a lo largo de más de 4 000 millones de años?

¿Podemos seguir actuando como los mayordomos de la naturaleza?

La evolución cultural humana nos debe conducir a modificar nuestro comportamiento. Necesitamos una nueva cultura que parte de la idea de que no somos la cúspide de la evolución ni los dueños de la naturaleza, sino los responsables de su futuro. Necesitamos pasar de una visión egocentrista que promueve la destrucción del planeta, a una nueva visión ecosistémica que garantice el equilibrio de la naturaleza (figura 3.52).

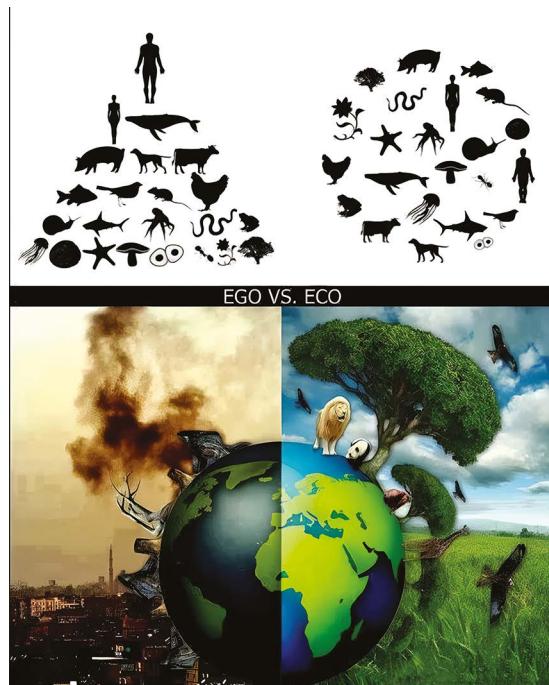


Fig. 3.52 Visión Egocentrista (EGO) vs. Visión Ecosistémica (ECO)

Consideraciones finales

Aunque a lo largo de la historia de la humanidad se ha producido un debate entre las ideas creacionistas y las evolucionistas para explicar el origen de la biodiversidad, la existencia de pruebas directas o indirectas demuestran científicamente que la evolución es un hecho irrefutable.

Las ideas evolucionistas se impusieron en la historia de la biología gracias al aporte de científicos de la talla de Charles Darwin, y se han enriquecido por el desarrollo de nuevas ramas de la ciencia como la genética poblacional, la ecología y la genómica.

El estudio de la teoría sintética de la evolución nos demuestra científicamente que la diversificación y la adaptación de los sistemas vivientes, son el resultado del proceso evolutivo en las poblaciones que depende de la interacción entre las fuerzas conservadoras y las fuerzas evolutivas. Cuando en una población el efecto de las fuerzas evolutivas supera al de

CAPÍTULO 3

las conservadoras se produce microevolución, patrón básico de la evolución que da origen a variedades, razas o subespecies.

En este proceso, la selección natural como fuerza evolutiva da paso a la reproducción diferencial de genotipos con variaciones hereditarias favorables a determinadas condiciones medioambientales, provocando alteraciones en el equilibrio genético y cambios en el genofondo de la población. La deriva genética puede provocar alteraciones al azar, en dependencia del tamaño de las poblaciones.

El origen de la diversidad de especies ocurre mediante procesos de especiación, mientras que los grupos sistemáticos supraespecíficos se originan como resultado de la macroevolución.

La evolución humana es el resultado de la interacción de factores bióticos y sociales: lo biótico antecede, coexiste y da paso a los cambios socioculturales. El conocimiento de la evolución humana y sus causas, nos permite refutar posiciones racistas que se fundamentan en concepciones reduccionistas y sirven de sustento a la eugenesia, es decir, a la utilización y aplicación de leyes biológicas al perfeccionamiento de la especie humana.

Los humanos somos los únicos que sabemos que hemos coevolucionado con el resto de los componentes de la biosfera, y que somos capaces de influir en el futuro de la humanidad y del propio planeta. La comprensión de nuestro origen y evolución nos demuestra que somos parte de la naturaleza y no sus dueños, por lo que tenemos responsabilidad moral con la sostenibilidad de la vida en el planeta.

Lo que hemos aprendido sobre la evolución nos debe preparar para asumir el cambio cultural que necesita hacer la humanidad en su propia evolución.

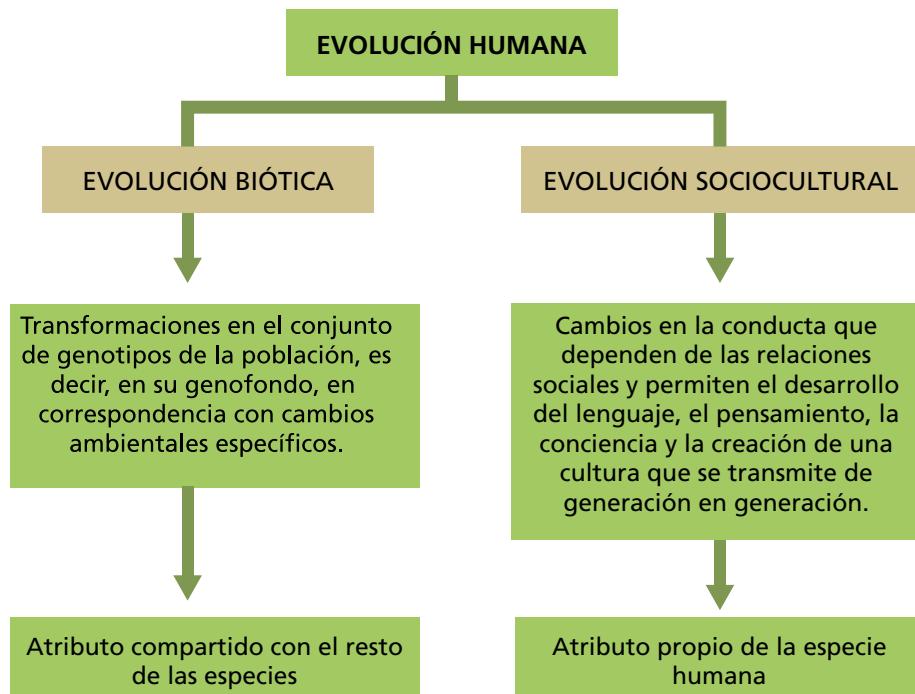
Comprueba lo aprendido

1. ¿Qué características evidencian la pertenencia de la especie humana al grupo de mamíferos primates?
2. ¿Cómo se puede probar científicamente que el origen y evolución humana es un hecho natural?
3. A partir de numerosas excavaciones realizadas por antropólogos se encontraron restos de fósiles de homínidos. ¿Qué características habrán observado estos antropólogos en los restos fósiles, que les

hicieron concluir que son de nuestros antecesores en el largo proceso de la evolución?

4. En el origen y la evolución humana fue de gran importancia la interacción entre los factores bióticos y socioculturales, pues le facilitó a esta especie adaptarse a las diferentes condiciones ambientales donde se desarrolló. Argumenta con tres razones la afirmación anterior.
5. La evolución cultural de la especie humana crea diversidad y genera progreso; el ser humano hoy en día no solo se adapta a su medio ambiente mediante los resultados de la evolución biótica, también lo hace por medio de la evolución cultural. Debate con tus compañeros y reflexiona acerca del planteamiento anterior.
6. Observa y comenta con tus compañeros el esquema 3.7, en el que se sintetizan los dos aspectos que componen y caracterizan la evolución de la especie humana.

Esquema 3.7 Aspectos que componen la evolución de la especie humana



CAPÍTULO 3

7. Elabora un escrito donde definas con palabras propias el concepto de evolución, y argumenta la importancia que ha tenido para la especie humana la evolución cultural.

DESAFÍOS

1. Analiza los siguientes planteamientos:
 - A. Al comparar la boca de los insectos encontramos los mismos tipos de piezas básicas, aunque con modificaciones adaptativas que les permiten masticar, lamer, succionar, picar, o cortar, en dependencia de la forma de alimentación de cada especie.
 - B. Los embriones humanos presentan estadios similares, no idénticos, a los embriones de los peces y los reptiles.
 - C. Existen grandes diferencias y semejanzas específicas del orden de los aminoácidos, entre los codones de la hemoglobina de diferentes especies de vertebrados.
 - D. En fósiles de *Australopithecus* se observa que al igual que en la especie humana, sus arcadas dentarias presentaban forma parabólica.
 - E. Los seres humanos poseemos una membrana en el ángulo interno del ojo considerado un vestigio de la membrana nictitante presente en los anfibios.
 - F. La mioglobina constituye una proteína común en el origen de las diferentes proteínas transportadoras de gases existentes en animales vertebrados.
 - a) ¿Qué ciencias aportan las evidencias de la evolución en cada caso?
 - b) Clasifícalas en directas o indirectas y explica por qué.
2. Redacta un párrafo con cada grupo de términos que te damos a continuación, relacionándolos con la evolución de los organismos:
 - órganos homólogos–evolución–anatomía comparada
 - paleontología–evidencias–pruebas directas
 - relaciones filogenéticas–biología del desarrollo–embriones
 - **cariotipo**–material genético–biología del desarrollo.
3. Cómo explicarían Lamarck y Darwin la evolución en cada uno de los siguientes ejemplos:

- A. Cambio de coloración de una población constituida fundamentalmente por ratones blancos, a predominantemente grises.
- B. Origen de las membranas interdigitales de los patos al ocupar un nuevo hábitat en los lagos.
4. Analiza las situaciones que te presentamos a continuación:
- A. Origen del alelo que determina el albinismo.
- B. Dispersión de los frutos de una planta de guizazo de caballo mutada, adheridos a los pelos de los mamíferos, a otra población de estas plantas.
- a) Identifica qué fuerza evolutiva se evidencia en los planteamientos anteriores.
- b) Explica su importancia en la evolución biótica.
5. En un cayo de nuestro archipiélago viven gatos cimarrones, unos rayados, muy ágiles y otros de coloración uniforme pero menos ágiles. Los gatos rayados tienen mayor éxito en conseguir el alimento, consistente en pequeños roedores y aves. Al cabo de unos años la mayoría de los individuos de la población de gatos del cayo son del tipo rayado y muy ágiles.
- a) Identifica qué patrón evolutivo se manifiesta. Explica tu respuesta.
- b) ¿Qué fuerzas evolutivas se ponen de manifiesto en este ejemplo? Argumenta en cada caso.
6. El Carpintero jabado (*Centurus superciliaris superciliaris*) es común en toda Cuba, y el *Centurus superciliaris sanfelipensis* solo en cayos de San Felipe. El primero vive en bosques y arboledas, el segundo en palmas de yuraguano; ambos muestran diferencias en correspondencia con el lugar donde viven, pero si se encuentran juntos pueden reproducirse. Identifica el patrón evolutivo que pudo haber dado origen a estas dos especies y explica la acción de las fuerzas evolutivas en este ejemplo.
7. En la Ciénaga de Zapata encontramos dos especies de cocodrilos: el cubano (*Crocodylus rhombifer*) y el caimán o cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*). Ambas especies viven en una misma área, pero el cubano habita en aguas dulces del interior de la Ciénaga, mientras que el americano tiende a ir hacia las costas de aguas saladas, por lo que generalmente no se cruzan.
- a) ¿Por qué se consideran dos especies diferentes?

CAPÍTULO 3

- b) Se conoce que en ocasiones puede ocurrir la hibridación entre ambas especies, lo que junto a la caza ilegal y la modificación del hábitat constituye una amenaza de su extinción. ¿Qué medidas de conservación propondrías para evitar su hibridación?
8. La especie *Polymita picta roseolimbata* se caracteriza por presentar diferentes morfos (fenotipos) en correspondencia con su diversidad genotípica. En un estudio de diferentes poblaciones publicado en 1987, el eminente científico y profesor cubano Vicente Berovides y colaboradores, observaron que en las zonas más afectadas por la deforestación se incrementan los fenotipos de color blanco o amarillo sin bandas, y se reduce el número de individuos de color pardo con bandas. Concluyeron en su estudio que los cambios drásticos de hábitat que eliminan o reducen la vegetación, no solo afectan el tamaño de sus poblaciones, sino que también afectan su diversidad fenotípica (figura 3.53).
- 
- Fig. 3.53** Diversidad de morfos de *Polymita picta roseolimbata*
- a) Identifica qué patrón evolutivo se manifiesta.
- b) Elabora una hipótesis que permita explicar sus observaciones sobre la base de la interacción entre las fuerzas conservadoras y evolutivas.
- c) Estos autores señalan la urgente necesidad de preservar zonas de vegetación y declararlas áreas protegidas, para preservar no sólo poblaciones de *Polymita* de tamaño óptimo, sino también para conservar su diversidad. ¿Estás de acuerdo con esta conclusión científica? Valórala sobre la base de los conocimientos ecológicos, genéticos y evolutivos.
9. Analiza las situaciones dadas a continuación e identifica qué patrón se pone de manifiesto en cada una. Argumenta tus respuestas.

- A. En Cuba existen dos grupos poblacionales de la mariposa *Parides gundlachianus* que se han diferenciado en correspondencia con las condiciones ambientales.
- B. A partir de algas presentes en los océanos se originaron las plantas terrestres y se produjo su diversificación.
10. En una población de mosquitos se aplicó un insecticida que en sus inicios resultó eficaz, pero al cabo del tiempo se observó que solo algunos mosquitos morían. Actualmente este insecticida es totalmente ineficaz, ya que los mosquitos son resistentes a él.
- Identifica el patrón evolutivo que se manifiesta en la situación anterior.
 - Argumenta tu respuesta.
11. Analiza las situaciones que a continuación te presentamos:
- A. A partir de los reptiles terápsidos se originaron los primeros mamíferos, que posteriormente dieron lugar a grupos muy diversos: los mamíferos voladores como los murciélagos; los acuáticos como los delfines, y diferentes grupos de mamíferos terrestres.
- B. En la población de bijiritas algunos individuos se separan en áreas geográficas distintas y desarrollan toda una serie de caracteres que los diferencian, a tal punto que no es posible la reproducción entre ellas.
- Identifica con qué patrón evolutivo se corresponden cada uno de estos fenómenos antes descritos.
 - Señala las características esenciales que te permitieron la identificación del patrón en la situación A.
12. El camarón blanco y el camarón rosado están aislados reproductivamente por la interacción de varios tipos de adaptaciones de aislamiento: el camarón rosado vive lejos de las costas de Cuba y el blanco cerca de estas.
- Identifica el patrón evolutivo que se manifiesta en esta situación.
 - Argumenta tu respuesta anterior.
13. Las microalgas unicelulares marinas dieron origen a las primeras plantas terrestres que se diversificaron en los musgos, y a las primeras plantas vasculares como los helechos, que dependen del agua en

CAPÍTULO 3

su reproducción. Después se originaron y diversificaron las coníferas y las plantas con flores que presentan numerosas adaptaciones al ambiente terrestre.

- a) Identifica el patrón evolutivo que se pone de manifiesto. Argumenta tu respuesta.
 - b) El cambio climático pone en riesgo la diversidad de microalgas acuáticas e incrementa la ocurrencia de incendios forestales, sumado a los efectos de la deforestación; todo esto acelera la elevación de la concentración de gases de efecto invernadero. Valora la situación anterior sobre la base de la importancia del origen de la diversidad de plantas en el equilibrio de la naturaleza.
- 14.** El proceso de hominización es el resultado de la influencia de factores bióticos y socioculturales.
- a) Explica cómo pudieron actuar las fuerzas evolutivas bajo el efecto de los factores bióticos y socioculturales en cada uno de los siguientes ejemplos de cambios evolutivos:
 - A. Desarrollo del bipedalismo.
 - B. Desarrollo del lenguaje.
 - C. Creación de instrumentos de trabajo.
 - b) Demuestra la existencia de pruebas que demuestran cada una de estas adaptaciones desarrolladas durante el proceso de hominización.
- 15.** La eugenesia, fundada en 1883 por el inglés Francis Galton, planteó como objetivo la mejora genética de la especie humana; después del redescubrimiento de las leyes de Mendel tuvo gran acogida en los Estados Unidos, donde se sentaron las bases del determinismo biológico. De esta forma surgió un movimiento que empleó la ciencia con el objetivo de demostrar la superioridad genética de los pueblos nórdico, germánico y anglosajón. Sus estudios fueron utilizados para justificar prácticas como la esterilización de pobres y discapacitados, los abortos forzados, la discriminación racial y de enfermos mentales; en Alemania sustentó el desarrollo de los crímenes fascistas, con lo que la eugenesia quedó desacreditada.
- a) ¿Estás de acuerdo con esas prácticas de la eugenesia? Argumenta tu respuesta.

- b) La genética ha desarrollado tecnologías como la de edición de moléculas de ADN denominada CRISPR-Cas 9, con la cual se puede modificar el genotipo de embriones humanos con fines reproductivos. Investiga sobre los riesgos y beneficios de la aplicación de esta tecnología y realiza una valoración bioética.
- 16.** Valora la siguiente situación a partir de lo estudiado sobre la evolución humana: El separatismo blanco es un movimiento negacionista de las políticas sobre la igualdad en los Estados Unidos, en la cual se plantea que estas políticas son la causa de la violencia y el desorden. Su propuesta es dividir al país en territorios: uno para los blancos y otros tres para afrodescendientes, latinos y mestizos, como forma de conservar la cultura de la raza blanca y evitar el sometimiento.

ACTIVIDADES PRÁCTICAS

Seminario: El racismo y sus manifestaciones en la sociedad

Objetivo: Valorar de forma crítica diferentes manifestaciones discriminatorias, desde fundamentos científicos y bioéticos que permitan el debate y la reflexión sobre el tema que se va a tratar.

Propuesta de temas a desarrollar:

- 1.** ¿Qué es el racismo? ¿Cuáles son sus orígenes? La discriminación social como una nueva modalidad de racismo.
Investiga utilizando la tecnología de la que dispones en tu escuela, sobre los tipos fundamentales de discriminación que se manifiestan actualmente en la sociedad, y cuáles son las causas y consecuencias de esta.
- 2.** Manifestaciones contemporáneas de racismo y discriminación racial. Ejemplifica su presencia en la familia, la escuela, la comunidad y la sociedad en general. Para ello auxíliate de entrevistas en estos medios.



CAPÍTULO 4

La conducta animal como resultado de su interacción con el ambiente

[...] todo hombre está obligado a honrar con su conducta privada, tanto como con la pública, a su patria.⁷

La ubicación geográfica de Cuba respecto a los continentes, y el hecho de ser una isla estrecha y alargada, favorece que en localidades como el Cabo de San Antonio y la Punta de Maisí se produzcan grandes concentraciones de aves en su migración hacia el sur; estas áreas son llamadas corredores biológicos. Especies de aves como el águila pescadora o guincho, utilizan corredores cubanos en sus rutas migratorias. Esta especie se vio fuertemente afectada en los años 60 por el uso del DDT como insecticida en los Estados Unidos; sin embargo, la construcción de embalses en la región oriental de Cuba contribuyó a mejorar su disponibilidad de alimentos al volar sobre tierra cubana (figura 4.1).



Fig. 4.1 Águila pescadora o guincho
(*Pandion haliaetus ridgwayi*)

7 J. J. Martí: *Obras completas Edición crítica*, t. 22, Centro de Estudios Martianos, La Habana, 2011, p. 322.

Existen muchas aves, peces, mariposas y otros grupos de animales, que realizan migraciones en determinadas épocas del año. Estas especies constituyen una proporción importante de la diversidad genética mundial. Como han evolucionado en estrecha interrelación con diferentes especies de diversas áreas, desempeñan una función esencial en el funcionamiento de los ecosistemas y en su interconectividad. La migración representa una adaptación fundamental a los ritmos naturales y los cambios evolutivos, y por la misma razón pueden verse afectadas tanto las especies migratorias como sus hábitats, a causa de los efectos de la actividad humana y del cambio climático.



Reflexiona

- ¿Qué factores determinan las conductas migratorias de diferentes especies, entre ellas las aves?
- ¿Estas conductas tienen causas bióticas o ambientales?
- ¿Qué importancia tiene el conocimiento de la conducta de los animales para su protección, conservación y uso sostenible?

Dedicaremos este primer epígrafe a responder esas preguntas, que te servirán de base para explicar muchos procesos que observas en la naturaleza, por ejemplo: cómo las abejas se orientan, encuentran las flores y regresan a la colmena; por qué las hormigas forman fila; cómo cada especie de ave realiza la construcción de su nido; cómo y por qué se producen las conductas de cortejo; cómo es posible el proceso de domesticación de animales afectivos y de interés en la ganadería, entre otros de gran interés en la vida. Para dar respuestas a estas interrogantes necesitarás integrar lo aprendido sobre regulación endocrina, nerviosa e inmunitaria, así como los conocimientos de genética, ecología y evolución.

4.1 Las diversas conductas de los animales son el resultado de la interacción genotipo-ambiente-fenotipo

Ya conoces que todos los organismos responden ante los estímulos del medio ambiente. Podemos considerar como conducta animal, desde el movimiento de retirada ante un pinchazo, o la reacción de un cachorro que busca las mamas de su madre para alimentarse, hasta los procesos

CAPÍTULO 4

complejos que implican las migraciones a través de los continentes. Por lo tanto, se refiere a lo que hace un animal y cómo lo hace, en respuesta ante estímulos de su medio ambiente.

La conducta es el modo en el que los animales interactúan dinámicamente con el medio ambiente.

Las conductas son tan diversas y particulares como las características morfológicas de cada especie animal. Al igual que toda propiedad de los seres vivos, la conducta de un animal es producto de la evolución por lo tanto, de la selección natural de los rasgos genéticos que determinan la expresión de determinados fenotipos en interacción con el medio ambiente.

¿Sabías que...?

En un sentido amplio, la **etología** es una rama de la biología que se dedica al estudio científico de la conducta de los animales en su medio ambiente. Su principal objetivo es describir el repertorio de conductas de una especie y explicar sus causas, ontogenia, valor adaptativo y evolución. Su fundación por Tinbergen (1907-1988) y Lorenz (1903-1989), se remonta a inicios del siglo xx (figura 4.2).



Fig. 4.2 Fundadores de la etología. De izquierda a derecha: Nikolaas Tinbergen y Konrad Lorenz

La gama de conductas de un animal es un conjunto de adaptaciones que le permiten vivir en un ambiente específico, y pueden ser de locomoción, limpieza, alimentación, reproducción, cuidados de las crías, comunicación, entre otros.



Recuerda que ...

Adaptación es la correspondencia entre la estructura, funciones y conductas de los organismos, con las características del medio ambiente donde se desarrollan, como resultado de la evolución.

Los animales manifiestan unos repertorios básicos y singulares de formas de conducta que pueden ser aprendidos o no, y que se conocen como patrones de conducta.

Es importante destacar que las conductas son el resultado de los cambios que se producen dentro o alrededor del animal, en respuesta a los cambios que acontecen tanto en su medio interno como en el medio ambiente. El aumento de complejidad de los procesos de regulación a lo largo del proceso evolutivo —fundamentalmente del sistema nervioso— determina la complejidad y diversidad de respuestas adaptativas conductuales.



De la historia

Anteriormente a Darwin prevalecía una visión mecanicista de la conducta de los animales. Él observó que en los animales se manifiesta variación dentro de una misma especie, tanto en la conducta como en la apariencia física.

La observación de las experiencias en la selección artificial le sirvió para fundamentar su idea de la selección natural; esto le ayudó a elaborar con gran sagacidad la teoría de la evolución aun sin conocimientos de genética. Planteó que los rasgos del temperamento de los animales son heredados y concluyó que la conducta, la anatomía y las funciones, se integran en un conjunto de adaptaciones que permiten a los individuos sobrevivir y reproducirse.

4.1.1 ¿Cómo se manifiesta la diversidad de formas de conductas que presentan los animales?

Podemos afirmar que la conducta es un resultado de la integridad biótica de los animales, conformándose como una mezcla de componentes heredados y adquiridos. Esto provoca que los animales manifiesten, de acuerdo con su complejidad, toda una gama de conductas en la naturaleza que se clasifican para su estudio, en innatas, adquiridas y sociales.

Las conductas innatas incluyen todas aquellas que presentan los animales al nacer, que no necesitan aprender, y que les permiten dar determinadas respuestas ante cambios tanto del medio externo como del interno; estas tienen su base en reflejos incondicionados y tienen como característica común el que se heredan de los progenitores. Tres ejemplos de estas conductas innatas en el zunzún son las siguientes:

- al nacer, esta ave sabe cómo construir su nido;
 - si un polluelo cae de este, inmediatamente agita sus alas, y
 - los pichones abren el pico instintivamente cuando los alimentan (figura 4.3).



Fig. 4.3 Conducta innata en la alimentación de los pichones de Zunzún

Conductas como la apertura del pico en un pichón, la succión en un bebé, o el lengüetazo de un sapo o un lagarto intentando capturar una mosca, se desarrollan con un mínimo de experiencia sensorial (figura 4.4). En estos casos el patrón es innato y aparece la primera vez que el organismo detecta el estímulo pertinente.



Fig. 4.4 Conducta de captura del alimento en un lagarto



De la historia

Konrad Lorenz realizó interesantes estudios de la conducta, haciendo rodar fuera del nido los huevos del ganso gris; observó que cuando una gansa clueca veía un huevo fuera de su nido, se desencadenaba un programa instintivo que le posibilitaba recuperarlo: la gansa lo hacía rodar de regreso hasta introducirlo de nuevo en el nido de manera mecánica.

Si se retiraba el huevo mientras la gansa extendía el cuello para regresarlo al nido, ella igualmente completaba el patrón de atraerlo, aun sin el huevo. El etólogo y ecologista holandés Nikolaas Tinbergen, también descubrió que se puede estimular a una gansa clueca a ejecutar esta conducta con otros objetos, como una lata de cerveza o una pelota de béisbol (figura 4.5).

Lorenz y Tinbergen llegaron a la conclusión de que en estos animales existían patrones fijos de conducta que pueden ser desencadenados por cualquier objeto o cosa parecida a un huevo, a lo que denominaron “estímulo señal”.

Los colores son la señal que desencadena muchos patrones fijos de acción, en diferentes especies de animales.

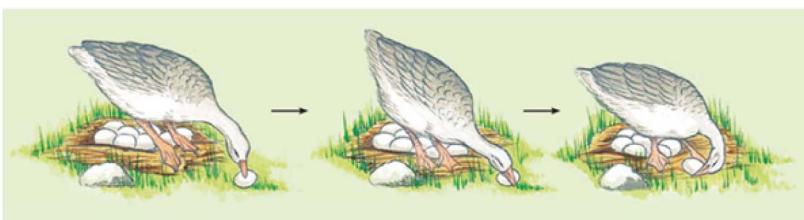


Fig. 4.5 Patrón fijo de conducta de una gansa

Estas conductas son altamente estereotipadas, rígidas y predecibles, además no tienen un control de retroalimentación externo, esto significa que una vez que esta se inicia, continúa hasta que finaliza. A este tipo de conducta se le conoce como patrón de acción fija. En realidad, esa denominación es en cierta forma esquemática, ya que esos patrones pueden ser variables y algunos de sus componentes pueden ser modificados por el aprendizaje.

Estos patrones son específicos de cada especie. El hecho de que sean tan específicos y constantes, como las características anatómicas de cada individuo, denota la importancia de la determinación genética de estas conductas. Existen patrones heredados, por los cuales ciertas áreas específicas dentro del cerebro responden a los estímulos que constituyen señales, poniendo en acción la secuencia de respuestas y movimientos que integran la conducta.

Existen estímulos señales (internos o externos) que desencadenan estas conductas. Entre los internos es posible citar los relacionados con el desarrollo individual de los organismos, como los cambios de origen endocrino y la maduración del sistema nervioso. Estas transformaciones indican el inicio de muchas de las conductas relacionadas con la reproducción, como el cortejo y el apareamiento (figura 4.6). Los estímulos externos pueden ser visuales (los colores de otros individuos), olfatorios (las feromonas del sexo opuesto), auditivos, o incluso los cambios de temperatura que inducen conductas como la cópula; la territorialidad o el cambio de coloración que les permite el camuflaje, entre otras.

El hambre puede ser el “estímulo señal” interno en un animal cazador que busca activamente su presa, y cuando la ve, oye o huele, esta constituye el “estímulo señal” externo de carácter visual, auditivo u olfatorio que desencadena el repertorio conductual de caza. Generalmente el cazador ha aprendido de sus progenitores algunas estrategias para capturar su presa, lo que demuestra que no todo es innato.



Fig. 4.6 Conducta de cortejo del cocodrilo cubano (*Crocodylus rhombifer*)

Las conductas adquiridas se manifiestan como resultado de la experiencia, mediante cambios adaptativos en la conducta individual. Estas conductas se desarrollan a partir de un aprendizaje, permiten obtener mayor información del medio y ofrecen más posibilidades de adaptación en ambientes variables. Además, producen una mayor diversidad de respuestas a condiciones ambientales cambiantes.

En etología, el aprendizaje es la capacidad para efectuar cambios en la conducta sobre la base de la experiencia. Por ejemplo: un sapo es capaz de aprender, sobre la base de la experiencia, a evitar insectos con sabor desagradable; los mamíferos aprenden a distinguir a su madre de otros adultos, y los seres humanos aprendemos a hablar.

El aprendizaje se puede producir por habituación, y ocurre cuando disminuye la respuesta a un estímulo repetido. El aprendizaje por habituación evita que un animal derroche su energía y su atención en estímulos sin importancia. Por ejemplo, una anémona de mar retrae sus tentáculos cuando se le toca, pero si se le toca de manera continua, va dejando gradualmente de retraerlos.

Otro tipo de aprendizaje es la llamada impronta, investigada por Konrad Lorenz (figura 4.7), que se distingue de otras formas de aprendizaje por la existencia de un período sensible en el desarrollo del animal, en el cual ciertas conductas pueden ser aprendidas.

CAPÍTULO 4



Fig. 4.7 Aprendizaje por impronta. De izquierda a derecha: gansos siguiendo a la madre y experimento de Konrad Lorenz

Usualmente este tipo de aprendizaje ocurre en las primeras etapas de vida, en las que el animal reconoce a su madre y a otros de su especie. Por ejemplo, las aves jóvenes deben escuchar durante un período determinado el canto de su especie y así aprenderlo correctamente.

Como puedes observar en la figura 4.8, si experimentalmente encerramos a un animal en una “caja-problema” y situamos comida fuera de ella, este se moverá de un lado a otro, y puede que con uno de esos movimientos casuales apriete el dispositivo de apertura de la caja, lo que le permitirá salir y obtener la comida. Si esta situación se repite, el animal acabará aprendiendo por ensayo y error, que para salir de la jaula y obtener la comida basta con apretar el dispositivo.

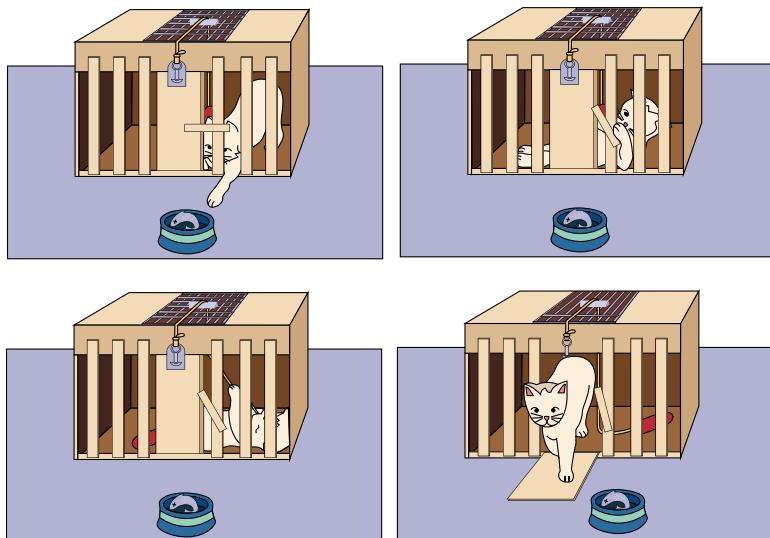


Fig. 4.8 Experimento con “caja-problema”

Este experimento demuestra que la conducta casual o aleatoria de un animal puede producirle respuestas satisfactorias ante los cambios del medio ambiente, y si esta circunstancia se repite es muy probable que este asocie dicha conducta con la respuesta que tras ella aparece. De ese modo, el animal habrá aprendido una conducta por asociación, que podrá utilizar siempre que necesite.



Reflexiona

La Cartacuba, ave endémica de Cuba (figura 4.9), se alimenta de insectos. Cuando estos son grandes, los golpean contra una rama para fragmentarlos y poderlos comer. Cuando esta pequeña ave vuela, emite un sonido peculiar con las alas, al que vulgarmente se le nombra “pedorrera”. Los ornitólogos cubanos han comprobado que este sonido lo producen a voluntad, pues durante el vuelo normal no se escucha; se supone que es una conducta que los ayuda a espantar los insectos que después capturan al vuelo.

¿Podremos considerar a estas conductas como resultado del aprendizaje?



Fig. 4.9 Cartacuba (*Todus multicolor*).

Foto de: Rafy Rodríguez

El aprendizaje asociativo se basa en la habilidad de asociar dos estímulos o sucesos que tienden a ocurrir con una determinada relación temporal. Esto provoca que un estímulo o una acción de poco significado, adquiera valor al inducir una consecuencia. Por ejemplo, si le das comida a tu perro cuando se sienta, podrás observar que se sentará cada vez con más frecuencia, porque la comida ha funcionado como reforzador.

Los primeros estudios sobre aprendizaje asociativo los realizó el fisiólogo ruso Iván P. Pavlov en la década de 1920. En sus experimentos de condicionamiento clásico, ofrecía diariamente un trozo de carne a un perro hambriento.

CAPÍTULO 4

Al principio del experimento el perro salivaba en presencia del alimento. Posteriormente, antes de presentarle el alimento se hacía sonar un diapasón. El perro pronto asoció ambos estímulos: el alimento y el sonido que lo anunciaba, y comenzó a salivar con este último, aun en ausencia de la carne. Cuando se asocia el reflejo de salivación producido por el estímulo del alimento, a un estímulo neutro como el sonido de un diapasón, el perro “aprende” la conducta de salivación ante este último. Este tipo de aprendizaje se da en la naturaleza y es la base para los procesos de domesticación y amaestramiento de animales (figura 4.10).

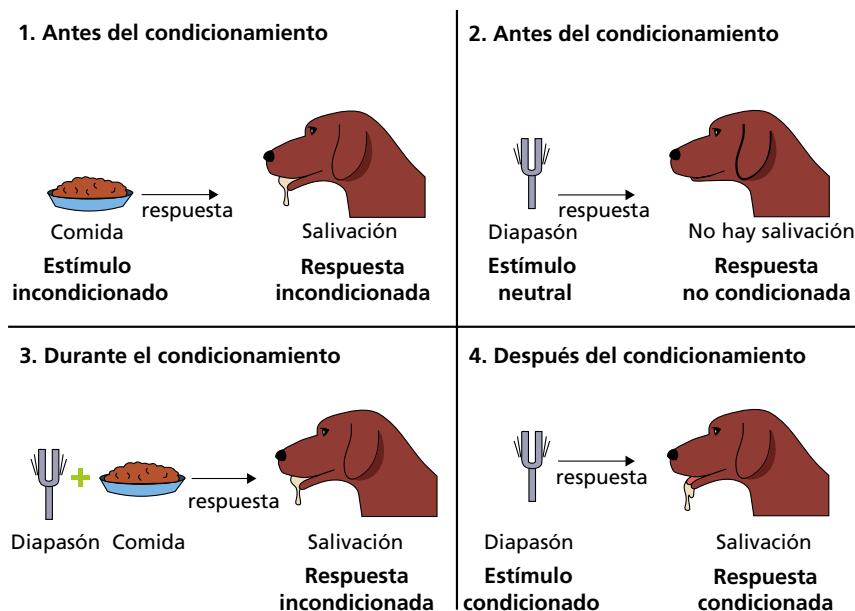


Fig. 4.10 Experimentos de Iván P. Pavlov

Aplicación práctica

Se ha utilizado el condicionamiento operante para adiestrar animales e inducirlos a que realicen tareas más complejas. Animales como los delfines aprenden conductas como empujar una pelota, o saltar dentro de un aro para recibir una recompensa o evitar un castigo (figura 4.11).

También existe un aprendizaje por observación e imitación de la conducta de otros, denominado aprendizaje social, que se pone de manifiesto en animales con mayor desarrollo del sistema nervioso. Los delfines nariz

de botella son bien conocidos por su habilidad para imitar. Este tipo de aprendizaje es muy común en primates; por ejemplo la hembra del mico aprende a lavar papas, y esta conducta se extiende a todo el grupo (figura 4.12).



Fig. 4.11 Conductas aprendidas por delfines del Acuario Nacional de Cuba



Fig. 4.12 Hembras de macaco lavando papas

Existen especies cuyos individuos viven en solitario, otras son gregarias cuando permanecen juntas, en dependencia de la relación entre costo y beneficios. Las llamadas especies “sociales”, son grupos dentro de una misma especie que responden a reglas complejas en las que interviene el parentesco, el reconocimiento individual y las interacciones entre los individuos. Las conductas sociales incluyen cualquier interacción que resulta de la respuesta de un animal a otro de la misma especie, por ejemplo: la

CAPÍTULO 4

territorialidad, la vida en grupos, las conductas competitivas y los sistemas de apareamiento.

Es importante aclarar que la conducta social en poblaciones naturales de especies de insectos, mamíferos marinos o primates, no es el mismo que el comportamiento social humano, que se distingue por su alta complejidad. Puede que en algunos libros y documentales encuentres referencias a la “sociedad” de las abejas o las hormigas, pero nunca el uso de esa palabra tendrá la misma repercusión que cuando nos referimos a la sociedad humana, que es más compleja.

Las colonias de insectos son un ejemplo de conductas sociales en las que existe jerarquización y distribución de las diferentes actividades. Tanto en las hormigas como en las abejas, los machos tienen función reproductora y presentan un aspecto bien diferente de las hembras. Las abejas obreras ejecutan diferentes conductas: unas realizan la limpieza, otras alimentan las larvas, o llenan las celdas con miel, de acuerdo con su rol en la colmena. Las hembras encargadas de la reproducción son diferentes a las que desempeñan funciones de alimentación, defensa o cuidado de la colmena (figura 4.13).



Fig. 4.13 Abejas obreras

En los vertebrados también se observan conductas sociales en las que el aprendizaje tiene una gran importancia. Los carnívoros generalmente forman grupos menos numerosos, pero con una compleja y variada organización. Muchos herbívoros como los caballos salvajes y las cebras, entre otros, se unen en grandes manadas, lo cual tiene valor protector ante los depredadores.

Las conductas sociales en general permiten reducir el riesgo ante los depredadores, mejorar los procesos de defensa y vigilancia, así como de localización del alimento y de caza cooperativa, de termorregulación y protección frente al clima, entre otros. Con estas conductas también aumenta la posibilidad de apareamiento al facilitarse el encuentro con la pareja, y la supervivencia de las crías es mayor, ya que brindan posibilidad de encontrar ayudantes de crianza; la protección y alimentación de juveniles es mejor, y además facilitan el intercambio de señales que permiten aprender y transmitir información útil dentro del grupo.

En los diferentes tipos de conducta animal las señales tienen gran importancia durante la comunicación entre los individuos. Estas señales son características comportamentales, anatómicas o funcionales, que transmiten información a otros organismos de su misma especie o de otra; son adaptaciones desarrolladas por selección natural, clasificadas como visuales, sonoras, químicas o táctiles.

Como ejemplo de señales visuales podemos citar a los lobos y los perros, que muestran los colmillos en señal de amenaza; los diversos y llamativos colores de las ranas, sapos y ventorillas (figura 4.14) constituyen señales que alertan a los posibles atacantes, sobre la existencia de un medio de defensa oculto, que puede ser una sustancia venenosa.



Fig. 4.14 Ranas de colores llamativos

¿Sabías que...?

El almiquí (figura 4.15) es un representante arcaico y endémico de la fauna de mamíferos cubanos y se encuentra en peligro crítico de extinción. Este insectívoro es manso, pero cuando se le irrita, eriza el pelo y muestra los dientes. También emite chillidos penetrantes y gruñe como un cerdito.



Fig. 4.15 Almiquí (*Solenodon cubanus*)

Entre las señales sonoras existen ejemplos muy interesantes, como el canto de las ballenas jorobadas que se oye a cientos de kilómetros de su origen. El de las aves, las ranas y ciertos insectos como los grillos, es específico de cada especie y permite atraer a la pareja.



Saber más

Las ranas y los sapos cantores poseen un sistema vocal-auditivo que les permite comunicarse; concurren en lagunas y arroyos en la época de lluvia, y llaman a sus congéneres para el apareamiento. Los cantos son característicos de cada especie, desde los que se asemejan al sonido de flautas, gangarrias, campanitas, silbidos, matracas, hasta los similares al mugido de una vaca.

El canto de las aves también tiene como función fundamental atraer a la pareja. Generalmente, las que exhiben un plumaje atractivo no poseen un bello canto, si por el contrario su plumaje no es vistoso, están dotados de un hermoso canto. Ese es el caso de las tres mejores aves canoras de Cuba: el sinsonte, el ruiseñor y la ferminia (figura 4.16).



a



b

Fig. 4.16 Aves canoras cubanas: a) Sinsonte (*Mimus polyglottos*), b) Ferminia (*Ferminia cerverai*)

¿Sabías que...?

El molesto zumbido del mosquito hembra ocurre cuando esta ha ingerido la sangre que necesitan los huevecillos en su desarrollo. Este zumbido constituye un estímulo a los machos cercanos, que responden copulando con la hembra. De esta manera se logra la fecundación en el mejor momento de su estado nutricional.

Las sustancias químicas producidas por un individuo, que influyen en la conducta de otros miembros de su especie, se denominan feromonas. La abeja reina produce una feromona llamada sustancia de la reina, que evita que otras hembras de la colmena maduren sexualmente. Las hormigas y las termitas dejan un rastro de feromonas para guiar al resto hacia el lugar donde hay alimento, por eso es muy común ver hileras de hormigas cargando el alimento hacia su nido.

Puede que en determinada etapa evolutiva, una conducta relacionada con la alimentación o la conservación de la temperatura del cuerpo, fuera favorecida por la selección natural y se convirtiera en una señal comunicativa entre miembros de la misma especie; esto explicaría el origen de las conductas de cortejo o de amenaza. Es posible establecer relaciones filogenéticas entre especies, no solo mediante comparaciones morfológicas sino, también a partir de los estudios etológicos.

¿Sabías que...?

La ecología conductual es el estudio de la conducta en ambientes naturales desde el punto de vista de la evolución. Esta nueva concepción de la etología es más reciente, pues se ha desarrollado en los últimos decenios y responde a la siguiente pregunta: ¿por qué ese animal se comporta como lo hace?

La migración es el desplazamiento recurrente de animales de una región a otra en respuesta a un ritmo del entorno. Los cambios estacionales se manifiestan en el clima, las fuentes de alimentación y los lugares donde anidar, entre otros factores. Muchos tipos de aves migran grandes distancias; algunas bandadas de aves migratorias, como el águila pescadora o guincho, toman rigurosamente el mismo camino todos los años, pasan siempre por los mismos lugares y recorren miles de kilómetros.

CAPÍTULO 4

Mediante la colocación de anillos se ha verificado que siempre retornan a la misma región, y muy a menudo al mismo nido. Se supone que en esta conducta intervenga una memoria topográfica visual, aunque también se plantea que se orientan por el Sol, las estrellas, y el campo magnético de la Tierra. Determinadas señales ambientales, como la longitud del día y la noche o los cambios de temperatura, activan los llamados “relojes biológicos” y provocan respuestas funcionales que desencadenan la conducta migratoria.

Entre los científicos siempre ha existido un fuerte debate con relación a si la conducta está determinada por los genes o por el medio ambiente. Hoy podemos asegurar que no existe una dicotomía verdadera: toda conducta tiene una base genética determinada por la norma de reacción del genotipo, debemos analizarla como un componente del fenotipo, y por lo tanto su expresión depende de la interacción del genotipo con el medio ambiente, que incluye las experiencias en la interacción con los diferentes estímulos. Los genes no determinan los caracteres, sino los patrones de desarrollo de las características fenotípicas, incluyendo la conducta, en condiciones dadas del medio ambiente.

4.1.2 ¿Cómo se integran las diferentes funciones en la conducta de los animales?

Las conductas de los animales frente a situaciones de peligro —como la presencia de un depredador— se conocen como respuestas de huida, porque el animal reacciona preparando la escapada (figura 4.17).



Fig. 4.17 Conducta de huida ante un depredador



Reflexiona

- ¿Cómo las señales ambientales desencadenan las respuestas funcionales que conllevan la conducta de huida?
- ¿Cómo se integran las funciones del organismo en estos y en otros tipos de conductas?

Ya has aprendido que la conducta es la respuesta de los animales a determinados estímulos (señales) internos o ambientales, por lo que involucra la integración de todas las funciones de los organismos.



Recuerda que ...

Una de las características fundamentales de los seres vivos es su propiedad de responder ante los más variados estímulos, lo que les permite mantener la homeostasis y adaptarse. Esta propiedad tiene la actividad refleja en su base funcional. Los reflejos pueden ser condicionados o incondicionados.

Cada patrón de conducta puede tener su propio funcionamiento especial, activado por estímulos externos o internos particulares que son transformados y transmitidos mediante una vía nerviosa, de modo que resulta un proceso integrado entre los sistemas nervioso, endocrino y osteomioarticular.

Los estudios etológicos han demostrado que conductas animales como la agresividad, el cortejo y el apareamiento, están influenciadas por la regulación endocrina. En estas se manifiestan variaciones, determinadas por la cantidad de hormonas producidas y la reactividad de los órganos ante la influencia hormonal. También se ha observado que esta diversidad tiene su base en las diferencias de las características del sistema nervioso y sus órganos receptores.

Toda conducta se inicia con la detección de estímulos por los receptores. En animales con mayor desarrollo del sistema nervioso, los receptores son los órganos de los sentidos. La transformación de este estímulo en un impulso nervioso permite que la información se transmita a los centros nerviosos, en los que esta se procesa y se elaboran respuestas adaptativas que son conducidas posteriormente a los efectores a través de vías. Estos efectores: músculos o glándulas del sistema endocrino, ejecutan la respuesta.

CAPÍTULO 4

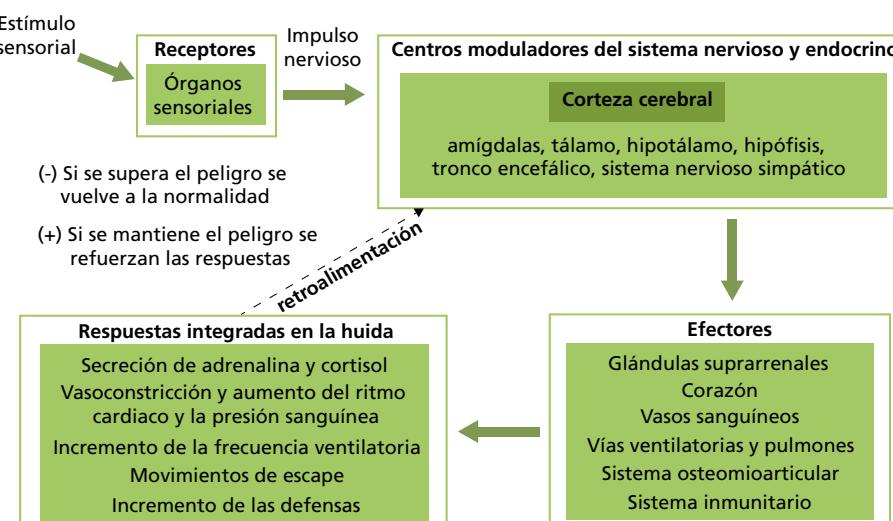
Generalmente, las respuestas motoras son a corto plazo y las hormonales a un plazo relativamente mayor.

La mayoría de los órganos reciben y responden tanto a señales del sistema nervioso como a las hormonas; estas últimas inducen el desarrollo del cerebro antes y después del nacimiento.

Las hormonas también pueden afectar procesos nerviosos como los ciclos de sueño/vigilia, las emociones, el humor y la memoria. En los mamíferos, ante situaciones de estrés como la presencia de un depredador, las señales detectadas por los receptores llegan a órganos **moduladores** del sistema nervioso central, y se desencadena la respuesta de huida.

Entre las principales manifestaciones de la conducta de huida se encuentran la dilatación de las pupilas, el incremento del flujo de sangre hacia el cerebro y los músculos, y la inhibición del sistema digestivo. La respiración se acelera, el ritmo cardíaco y la presión sanguínea aumentan, se produce vasoconstricción de capilares, de manera que por ellos fluye menos sangre; con esto se benefician sobre todo, los órganos internos y los músculos que intervienen en los movimientos de escape (esquema 4.1).

Esquema 4.1 Interacciones entre diferentes funciones durante la conducta de huida



Como observas en el esquema, en la respuesta de huida intervienen varios sistemas: nervioso, endocrino, inmunitario, circulatorio, respiratorio y osteomioarticular, entre otros, que funcionan estrechamente relacionados. En primera instancia la respuesta de huida es instintiva, a partir

de respuestas generadas en componentes del tronco encefálico, como la amígdala y el tálamo. Estos órganos modulan las respuestas de aumento del ritmo cardíaco, la presión sanguínea y la frecuencia respiratoria, la vasoconstricción, el incremento de las defensas, y la secreción de las hormonas del estrés. Estas respuestas pueden ser modificadas por el aprendizaje, de ahí la importancia de la subordinación de todo el proceso a la actividad de la corteza cerebral.

Analicemos cómo se integran los sistemas nervioso, endocrino y osteomioarticular en la conducta de huida.

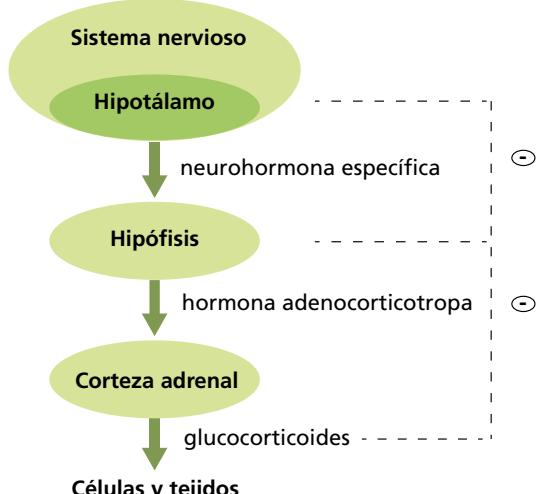


Recuerda que ...

El sistema hipófisis-hipotálamo regula la secreción de hormonas de las glándulas suprarrenales.

Los receptores auditivos, olfatorios o visuales detectan los estímulos de alarma, y el cerebro envía impulsos nerviosos al hipotálamo mediante el sistema límbico. El hipotálamo estimula la adenohipófisis mediante neurohormonas específicas, y esta aumenta la secreción de hormona corticotropina, que incide sobre la corteza suprarrenal estimulando la secreción de glucocorticoides.

El incremento de la concentración de glucocorticoides en sangre provoca el aumento de glucosa, esto es fundamental porque permite al sistema osteomioarticular ejecutar los movimientos necesarios en la respuesta de huida (esquema 4.2).



Esquema 4.2 Modelo de regulación neuroendocrina en la conducta de huida

Por otro lado, la médula suprarrenal aumenta la secreción de adrenalina por estimulación por el sistema nervioso simpático, con lo que contribuye a la preparación del cuerpo del animal que responde ante la amenaza. Esta hormona incrementa la frecuencia y la fuerza del latido cardiaco, la presión sanguínea y la respiración, también se dilatan las vías ventilatorias.



Saber más

Está demostrado que aunque el sistema de reacciones de respuestas ante el estrés es necesario en la supervivencia a corto plazo, su sobreactivación incrementa el riesgo de obesidad, de diabetes tipo II e hipertensión, conlleva una serie de problemas psiquiátricos —incluido el riesgo aumentado de suicidio— y acelera el envejecimiento y la degeneración de partes del cerebro, como el hipocampo.

Es importante que reconozcas la importancia de los procesos de retroalimentación que se ponen de manifiesto, y permiten mantener, ajustar o cambiar la conducta, en dependencia de sus resultados. Al igual que en otros tipos de conductas, la intensidad de la respuesta de huida depende del estímulo que la origina y de la manera en que este es percibido por el animal.

Aplicación práctica

En la ganadería, la avicultura, en bioterios y en zoológicos, así como en las acciones de conservación de la biodiversidad, es muy importante conocer a profundidad cuáles son los factores que pueden provocar estrés en los animales; por ejemplo: un animal homeotermo —como cualquier ejemplar del ganado vacuno— responde ante un día caluroso de verano, reduciendo su tasa metabólica de producción de calor y empleando todos los procesos disponibles en la disipación de este, pero también adopta conductas que permiten reducir la tasa metabólica, como ingerir menos alimentos y cambiar a posturas que facilitan el enfriamiento del cuerpo.

La persistencia del calor por mucho tiempo puede desencadenar estrés, por lo que deben cambiarse los horarios de alimentación hacia las horas frescas de la mañana, a la caída de la tarde o incluso hacia la noche, reservándose el mediodía para que el animal se mantenga

tumbado a la sombra. También se requiere aumentar el consumo de líquido, ya que el calor se elimina mediante el sudor.

Estos son algunos aspectos que deben tenerse en cuenta para el cumplimiento de los principios bioéticos en el manejo de los animales en cautiverio.

Seguramente te has percatado de que en determinados períodos del año se inician e intensifican las conductas de apareamiento. En las zonas geográficas en las que existen estaciones delimitadas, este proceso se manifiesta con mayor intensidad durante la primavera. Se conoce que determinadas señales ambientales, como los cambios en la longitud del día o en la temperatura, activan los genes reguladores que estimulan o inhiben la supresión de genes estructurales; estos a su vez controlan la producción de las hormonas sexuales, que regulan las conductas de cortejo y apareamiento.

Otro ejemplo interesante es el de las aves migratorias, como el águila pescadora o guincho. Existen evidencias de que la glándula pineal, situada en el encéfalo, percibe los cambios en la duración del día y la noche que se producen según la época del año; la secreción de melatonina por esta glándula es considerada por algunos autores como un “reloj biológico” que responde al fotoperíodo. De esta manera, determinados cambios fotoperiódicos pueden inducir conductas que incrementan el vuelo durante largos períodos. Esto demuestra cómo se integran la regulación nerviosa y endocrina con el resto de las funciones del organismo, en la conducta de los animales.



Reflexiona

Las especies migratorias constituyen una proporción importante de la variedad genética mundial por haber evolucionado en interrelación con especies de plantas y animales, y desempeñan una función esencial en el funcionamiento de los ecosistemas. Su conexión multidimensional les confiere una función especial, como especies clave desde el punto de vista ecológico y como indicadores de los vínculos entre los ecosistemas y el cambio ecológico. Lo que hemos aprendido sobre las causas de las migraciones de los animales nos permite prever el posible efecto del cambio climático en esta conducta. Si

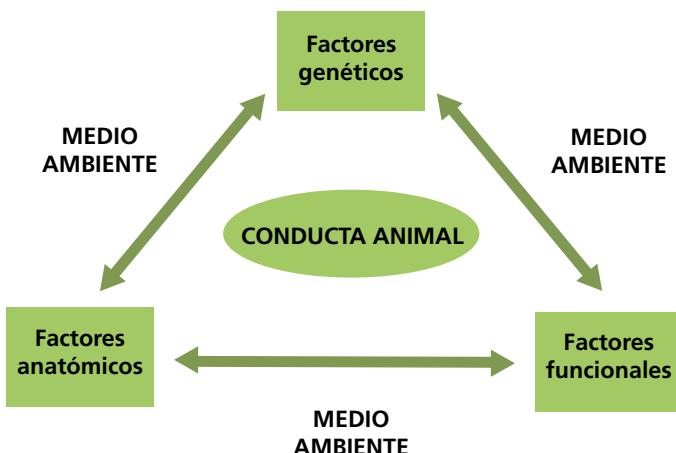
consideramos que estas transformaciones pueden afectar la temperatura promedio, la longitud del día y la noche, o la topografía de las regiones hacia donde migran estas aves, cabe preguntarnos:

- ¿Qué efecto ejercerían en sus conductas y en sus posibilidades de sobrevivencia?
- ¿Qué consecuencias traerían estos cambios a otras especies con las que interactúan durante las migraciones?

En el momento de tomar decisiones relacionadas con la intervención humana en la vida de los animales y sus efectos en los ecosistemas, deben tenerse en cuenta las investigaciones etológicas, ya que los cambios en las conductas de unos individuos pueden afectar a otros y alterar el equilibrio ecosistémico.

Las variaciones en las conductas de los animales se sustentan en su integridad biótica: los receptores detectan los estímulos del medio ambiente, el sistema nervioso recibe esta información, la procesa y elabora las respuestas que ejecuta el sistema endocrino mediante el control hormonal y/o el osteomioarticular. Las conductas dependen no solo del desarrollo del sistema nervioso, del endocrino y del inmunitario, también de la circulación de la sangre, de los procesos excretores, de la concentración de iones y de hemoglobina en sangre, entre otros muchos factores anatómicos y funcionales que constituyen el fenotipo de un organismo (esquema 4.3).

Esquema 4.3 Incidencia de factores bióticos y del medio ambiente en la conducta animal



Los genes intervienen en todos estos procesos, determinando qué enzimas que se encuentran en la base de todas estas respuestas fisiológicas, regulan los procesos metabólicos. Las variaciones en la concentración de las hormonas, la producción de **neurotransmisores**, los tipos de receptores de membrana o las sustancias que regulan el desarrollo del cerebro, tienen una base genética. Sin embargo, las proteínas determinadas por los genes interactúan entre sí, con el medio interno, y el medio ambiente que rodea al organismo, de manera que se establecen influencias epigenéticas que modifican la expresión de los genes. Entre el genotipo y el fenotipo que expresa la conducta se interpone el sistema epigenético, que regula las complejas interacciones producidas durante el desarrollo de los animales.

Durante la ontogenia de un organismo se desarrollan todas sus características fenotípicas, incluyendo la conducta, como resultado de la interacción de su genotipo con el medio ambiente; los genes no determinan los caracteres sino los patrones de desarrollo del organismo. La variabilidad fenotípica siempre tendrá dos componentes: el genético y el ambiental.

En resumen, la conducta es heredada pero se modifica en respuesta a las condiciones ambientales y la experiencia, por lo que en la actualidad los etólogos plantean que no hay una conducta totalmente innata o totalmente aprendida; su diversidad es tan amplia como la que existe en estructura y funciones de los organismos. Por esta razón, la etología es considerada una ciencia fundamental para establecer las estrategias de protección, conservación y uso sostenible de la biodiversidad.

Comprueba lo aprendido

1. Argumenta la siguiente afirmación: La etología es una ciencia con importantes aplicaciones prácticas.
2. Valora la importancia de los aportes de Konrad Lorenz y Nikolaas Tinbergen para el desarrollo de la etología.
3. ¿La conducta migratoria del águila pescadora tiene causas bióticas o ambientales? Justifica tu respuesta.
4. La forma de aprendizaje en la que un animal forma un vínculo intenso con un objeto en movimiento —usualmente su pariente— a las pocas horas de nacer es:

CAPÍTULO 4

- aprendizaje asociativo
- condicionamiento operante
- impronta.

5. Una conducta se define como adaptativa si:

- ocurre sin aprendizaje previo
- aumenta el éxito reproductivo del individuo y la especie
- se extiende a toda una especie.

Argumenta tu selección.

6. Argumenta el siguiente planteamiento: no existe una conducta totalmente innata ni totalmente adquirida.

7. Ejemplifica los diferentes tipos de señales que desencadenan conductas en los animales.

8. A partir de tus conocimientos sobre regulación neuroendocrina, modela la conducta de una perrita recién parida que amamanta a sus cachorros.

9. Argumenta la siguiente afirmación: cualquier conducta animal es un ejemplo de integridad biótica.

10. Ejemplifica la importancia de conocer las características y regularidades de las conductas de los animales para su protección, conservación y desarrollo sostenible.

4.2 Los estilos de vida están muy relacionados con la salud humana

En el libro *SOS alcohol y otras drogas*⁸, el Dr. Ricardo González, recoge el testimonio de Alberto, un alcohólico que desatendiendo los consejos de su esposa, padres y amistades, presentaba frecuentes estados de embriaguez, ejerciendo un efecto negativo sobre su pequeña hija de cinco años.

Cuenta que una noche al llegar a su casa, encontró a la niña acostada con los zapatos puestos y al indagar sobre el porqué de esa situación, la niña le respondió que lo hacía para salir corriendo, porque tenía mucho miedo a que él “les diera pau pau” a ella y a su mamá si llegaba borracho.

⁸ Ricardo González: *SOS alcohol y otras drogas*, Ed. Oriente, Santiago de Cuba, 1998, pp. 99-100.

El testimonio anterior pertenece a un paciente de un servicio de rehabilitación de adicciones. Las estadísticas muestran que el 80 % de los pacientes que acuden a estos servicios se convirtieron en alcohólicos desde muy jóvenes, empezando a beber por la presión de las amistades como forma de divertirse y compartir.

La figura 4.18 nos muestra lo que pueden representar las adicciones para cualquier persona.



Fig. 4.18 Consecuencias de las adicciones

Reflexiona

- ¿Cómo es posible que el consumo de alcohol lleve a una persona a violentarse hasta con su propia familia?
- ¿Por qué puede una persona volverse adicta al alcohol y otras drogas?
- ¿Qué relación existe entre los estilos de vida, el comportamiento humano y la salud?
- ¿Cómo podemos prevenir situaciones similares a la que se describe en el testimonio anterior?

Para responder estas preguntas estudiaremos las características del comportamiento humano como resultado de la interacción entre los factores bióticos y socioculturales; esto te permitirá adoptar un estilo de vida saludable, caracterizado por la práctica de una sexualidad responsable y por el rechazo a conductas como el consumo de drogas y otras sustancias adictivas, la violencia y la discriminación racial y de género.

CAPÍTULO 4

La etología humana o estudio del comportamiento humano, ha estado muy influenciada por grandes avances de la genética y la medicina, que han conducido a explicar la salud humana sobrevalorando sus causas bióticas.

Los seres humanos somos animales, por tanto, lo que hemos estudiado sobre la interacción entre lo biótico y lo ambiental en la conducta animal, sirve para interpretar la integridad biótica de nuestro comportamiento. Sin embargo, hay un elemento fundamental que distingue a los seres humanos: su condición de ser biopsicosocial, por lo que en su estudio es necesario un enfoque más integrador, que tome en cuenta los aportes de ciencias como la psicología, la sociología, la pedagogía, la historia, la antropología, entre otras.

Los factores bióticos y la personalidad de los seres humanos constituyen condición indispensable en el desarrollo psíquico, ya que este depende fundamentalmente del funcionamiento del cerebro y el sistema nervioso. Lo social es imprescindible en el desarrollo psíquico de las personas, pues la formación del ser humano sucede en el sistema de relaciones interhumanas en las que este actúa y se comunica; lo psíquico mediatiza la influencia de lo biótico y lo social. Las potencialidades de regular y autorregular el comportamiento se van gestando en los individuos a lo largo de su desarrollo psíquico.

Los seres humanos transformamos el mundo que nos rodea de forma material e ideal, nos diferenciamos de los animales en que proyectamos conscientemente nuestras acciones y modelamos nuestro comportamiento para transformar al mundo y a nosotros mismos; en función de ello producimos y utilizamos herramientas, creamos una visión del mundo futuro y de nuestro proyecto de vida.

En el desarrollo individual y evolutivo del comportamiento humano, debemos considerar lo sociocultural como parte integrante del medio ambiente.

Es por eso que al estudiar el comportamiento humano, adquieren gran importancia el estilo de vida de los individuos y las influencias socioculturales sobre la salud humana. Los valores, los gustos y los deseos, influyen con tal fuerza sobre el desarrollo de las personas, que generan necesidades, motivaciones, decisiones y comportamientos determinantes de

las características de cada individuo en la sociedad. De igual forma, este proceso condiciona la calidad de vida, y deja su huella en el componente biótico del ser humano y por tanto en su salud, mediante las influencias epigenéticas.

Los estilos de vida están determinados por el conjunto de patrones que caracterizan la manera de vivir de un individuo o grupo, son el fruto de la interacción entre las reacciones aprendidas durante el proceso de socialización y las condiciones de vida de aquellos. En los estilos de vida influyen las características personales y del medio ambiente, el entorno sociofamiliar junto a las relaciones entre las personas que lo conforman —familiares, compañeros de estudio, y/o trabajo, amistades, etcétera— y las costumbres, entre otros factores.

El estilo de vida es el patrón de elección comportamental construido a partir de las alternativas disponibles, de acuerdo con las circunstancias socioeconómicas y la facilidad con que las personas son capaces de elegir alguno sobre otro, socialmente condicionado, culturalmente determinado y económicamente limitado.

Los estilos de vida están muy relacionados con la calidad de vida y algunas personas la asocian solo con la satisfacción de las necesidades materiales. Sin embargo, esta debe ser definida por la presencia de condiciones tanto materiales como espirituales, ya que ambas son determinantes en el desarrollo biopsicosocial del individuo y en la formación de los valores, elemento muy importante en cada persona.

La calidad de vida es la percepción de cada individuo sobre su posición dentro del contexto cultural y el sistema de valores en el que vive, con respecto a sus metas, expectativas, normas y preocupaciones.

Se ha demostrado que cuando las condiciones estresantes se hacen duraderas, dañan la calidad de vida; se producen cambios epigenéticos que alteran la regulación neuroendocrina, y traen como consecuencia afectaciones bioquímicas, fisiológicas e inmunitarias que participan en la génesis del cáncer, la diabetes, la hipertensión y otras enfermedades crónicas. De ahí la importancia de asumir un estilo de vida saludable.

CAPÍTULO 4

Un estilo de vida saludable es aquel que permite ir introduciendo pautas de comportamiento en la manera de vivir de las personas, que permitan mejorar de forma cotidiana la calidad de vida individual y colectiva.

El estilo de vida se expresa por la manera en que se vive, las decisiones que se toman y cómo estas influyen en la salud y la calidad de vida. Está muy vinculado con la conducta humana, en condiciones determinadas por la influencia de factores bióticos, psíquicos y sociales. De ahí la importancia de comprender qué factores influyen y determinan el desarrollo de la conducta humana.

4.2.1 ¿Cómo interactúan los factores genéticos y ambientales en el comportamiento humano?

En las décadas de 1920 y 1930, en los Estados Unidos se utilizaron conocimientos de la genética, con un carácter pseudocientífico: se esterilizaron unos 70 000 individuos que vivían en la pobreza o padecían de problemas mentales y alcoholismo, con el objetivo de mejorar la mal llamada "raza humana"; estas políticas racistas y clasistas fueron apoyadas por los más prestigiosos genetistas de la época, liderados por Charles Davenport. La eugenesia, cuyo término fue acuñado por un primo de Charles Darwin llamado Francis Galton, sirvió de inspiración a los nazis para sus actividades genocidas y antihumanas, también bajo el liderazgo de los mejores genetistas alemanes.



Reflexiona

- ¿Todas las características de una persona están determinadas en su genoma?
- ¿El conocimiento de la secuencia del ADN explica todas las funciones de los genes y la variabilidad humana?
- ¿El comportamiento humano tiene una determinación genética o ambiental?

Quizás estos hechos te parezcan cosas del pasado, sin embargo, cuando se trata de estudiar el comportamiento humano es muy importante responder con profundidad estas preguntas, pues tus decisiones y comportamientos futuros pueden estar influenciados por posiciones que dan más

relevancia a los determinantes bióticos. Por ejemplo, algunos educandos piensan que no son lo suficientemente inteligentes para estudiar asignaturas como Matemática o Física. Lo más probable es que se apoyen en esta idea para no hacer el esfuerzo que requiere estudiarlas, lo que podría afectar su proyecto de vida futuro. Hay quienes piensan que los genes predisponen a las personas a ser delincuentes o adictos; esta forma de pensar conduce a no ejercer acciones preventivas que ayuden y orienten a las personas en riesgo.

Todas las personas llevamos a cabo diversos comportamientos en todo momento; el estar callados, pensando, observando o resolviendo un problema mentalmente, es incluso una forma de comportarnos. La ausencia de comportamiento no existe, este hace referencia a la realización de cualquier actividad en la que esté implicada una acción, un pensamiento o una emoción.

El término comportamiento humano está relacionado con las manifestaciones de nuestro modo de actuación, estas incluyen las diferentes acciones e interacciones sociales que desarrollamos en nuestra vida diaria.

El comportamiento humano se distingue de la conducta de los animales en que el ser humano no solo aprende a partir de su experiencia individual, también de toda la experiencia anterior de la sociedad, es decir de su cultura.

Los comportamientos humanos están influenciados por el conjunto de exigencias que la sociedad plantea en la vida cotidiana, estas exigencias están condicionadas culturalmente por el conjunto de valores y normas que los regulan. Cuando los valores se concretan en normas o exigencias morales y se convierten en instrumentos para lograr algo, se puede decir que han asumido una función normativa de la moral. Estas exigencias tienen un carácter histórico-cultural, y devienen obligaciones del individuo para con otros individuos, la familia y la comunidad, y se reflejan en la conciencia moral.



Saber más

Como resultado del desarrollo histórico-cultural la humanidad ha alcanzado grandes adelantos científicos, a la vez que se ha instaurado

la idea de que la ciencia es un instrumento para dominar la naturaleza. Los comportamientos humanos basados en los ideales de consumo ilimitado, han provocado graves daños en el entorno y conducen hacia un desastre natural que puede ocasionar el exterminio de la humanidad.

¿Qué responsabilidad moral tiene la humanidad con esta situación?

La ética, como la ciencia encargada del estudio de la moral, contribuye a dilucidar la cuestión del desafío de las relaciones del hombre consigo mismo; la bioética amplía este campo de reflexión a las relaciones humanas con la naturaleza, y así responde al cuestionamiento del conocimiento como valor absoluto, y a la necesidad de alertar sobre las consecuencias nocivas de la ciencia y la tecnología sobre la vida en el presente y el futuro. En este sentido, valorar desde el punto de vista bioético el impacto del comportamiento humano sobre la naturaleza, nos ayudará en la solución de problemas relacionados con el futuro de la vida humana y de toda la biosfera.

Podemos afirmar que un comportamiento moral se logra mediante el aprendizaje: con la apropiación de la experiencia histórico-cultural por parte de cada individuo, durante su formación. Este es un proceso complejo que va desde la aceptación de normas impuestas socialmente, hacia un nivel superior en el que podemos autorregular nuestro comportamiento; dicha autorregulación depende de una concepción moral del mundo, conformada por el conjunto de normas y valores que asumimos e internalizamos como nuestras.

Reflexiona

En los seres humanos se manifiesta la integridad biótica, el conjunto de todos los caracteres anatómicos, funcionales y conductuales, constituyen su fenotipo. El fenotipo está determinado por la interacción del genotipo con el medio ambiente, que incluye lo sociocultural como un elemento distintivo de lo humano. ¿Cuál de los dos predomina en la determinación de los diferentes comportamientos humanos?

Es difícil diferenciar la influencia de los genes, de la del medio ambiente en el largo y complejo proceso del desarrollo humano, particularmente de su comportamiento. Los dos están indisolublemente ligados a lo largo de nuestro desarrollo ontogenético y filogenético.

Para aprender un oficio es necesario un desarrollo de los sentidos y del cerebro que predispongan a la persona a este fin. Sin embargo, esto no va a ocurrir si el sujeto no se desarrolla en un ambiente apropiado para ello —como las tradiciones familiares de educadores, médicos, músicos, etcétera, que transmiten esta enseñanza—, entre otros factores sociales. Estos ejemplos demuestran la importancia del medio ambiente en la expresión de una característica del comportamiento humano.

La interpretación errónea de la etología, al no comprender la peculiaridad de la evolución humana como resultado de la integración biopsicosocial, ha conducido a concepciones reduccionistas que sirven de sustento a la eugenésia, al racismo y a la discriminación.

Una comprensión plena de la esencia del comportamiento humano exige la integración de lo biótico, lo psíquico y lo sociocultural, en la que durante el desarrollo individual ninguno tenga prioridad sobre el otro, sino que sus efectos se consideren dialógicamente relacionados, sin que se eliminen mutuamente o se niegue la existencia de alguno de ellos.

Aún persisten criterios erróneos que sostienen que el coeficiente de inteligencia, la criminalidad y la agresividad son comportamientos humanos determinadas por los genes, por lo que son una condición innata que no puede ser transformada por factores sociales.



Saber más

El Proyecto Genoma Humano ha logrado descifrar la secuencia de nucleótidos de nuestros genes. En la Declaración Universal sobre el Genoma Humano y los derechos humanos se expresa:

Artículo 1: El genoma humano es la base de la unidad fundamental de todos los miembros de la familia humana y del reconocimiento de su dignidad intrínseca y su diversidad. En sentido simbólico, el genoma humano es el patrimonio de la humanidad.

Artículo 2:

- Cada individuo tiene derecho al respeto de su dignidad y derechos, cualesquiera que sean sus características genéticas.

- b) Esta dignidad impone que no se reduzca a los individuos a sus características genéticas y que se respete el carácter único de cada uno y su diversidad.

En el comportamiento humano, lo biótico y lo ambiental están indisolublemente relacionados y en continua interacción. Consideremos que lo ambiental incluye también las relaciones interpersonales y todo lo creado por los seres humanos —que constituye la cultura—, por lo que utilizamos el término sociocultural. Los comportamientos de cada individuo se forman y desarrollan durante su vida en condiciones socioculturales concretas; las premisas de estos comportamientos están condicionadas por los genes, pero ellas no predeterminan su desarrollo de un modo inevitable.

El ser humano es una de las especies con mayor variabilidad en sus caracteres fenotípicos, entre ellos los más variables son los conductuales. Un comportamiento puede estar presente, ausente, o manifestarse diferente en cuanto a su intensidad de aparición, en dependencia de condiciones bióticas o socioculturales como edad, sexo, clase social, grupo de descendencia geográfica, etnia, entre otras.

Al estudiar un fenómeno tan amplio y diverso como el comportamiento humano, podríamos hacer clasificaciones muy diversas en dependencia de la ciencia que se ocupe: antropología, psicología, sociología, o etología.

En el estudio de la conducta animal, explicamos que los etólogos investigan las conductas innatas y adquiridas mediante el aprendizaje. En los seres humanos por ejemplo, la succión por un recién nacido del pecho de la madre, es una conducta instintiva (figura 4.19). Sin embargo, muy tempranamente mediante el aprendizaje, este distingue a su madre de otra persona que lo cargue, y en ocasiones gusta más de succionar de un pecho que de otro.



Fig. 4.19 Conducta innata en un bebé

La inmensa variedad de los comportamientos humanos, suelen agruparse para su estudio en individuales, sexuales y sociales; no obstante, es necesario que tengas en cuenta que es muy difícil establecer los límites entre estos, puesto que los humanos somos seres biopsicosociales, toda conducta humana es social.

Sin embargo, atendiendo a las diferencias que se producen en los comportamientos entre una persona y otra, se pueden considerar los individuales, como aquellos que se manifiestan a nivel de cada persona. No es posible esperar que gemelos idénticos tengan el mismo comportamiento, ya que las interacciones con su medio ambiente, incluyendo el sociocultural, siempre van a ser diferentes. En la manifestación de estos comportamientos individuales es importante considerar la influencia de las características del temperamento y el carácter de cada persona.

El temperamento es un rasgo fundamentalmente innato y caracteriza las particularidades dinámicas de la actividad psíquica. El carácter es un sistema más complejo de la **psiquis** humana que resulta de la influencia decisiva de las condiciones de vida y la actividad, incluyendo la comunicación.

Aunque las características del temperamento son determinadas por los genes, se modifican a medida que se forma el carácter. Este último se puede describir en términos de: valiente-cobarde, extrovertido-introvertido, dominante-sumiso, enérgico-pasivo, agresivo-pacífico, emotivo-estable, entre otras manifestaciones. Sin embargo, no es posible clasificar a las personas en uno solo de los casos, pues en la realidad se da toda una gama de posibilidades entre cada uno de los tipos extremos.

Otros ejemplos de caracteres conductuales individuales están en relación con las actividades diarias de los individuos, con los procesos funcionales, o con sus preferencias y costumbres, muchas de estas también pueden ser consideradas comportamientos sociales: soñar, reír, bostezar, escupir, cruzarse de brazos, bañarse, comer, saludar, besar, en los que se manifiestan diversos patrones motores empleados para llevarlos a cabo.

¿Sabías que...?

El beso es una acción humana que tiene significado como expresión de amor. En la década de los años 1950 los científicos plantearon que el beso podría ser dañino para la salud porque se consideraba

CAPÍTULO 4

un medio de transmisión de enfermedades. Sin embargo, en la actualidad existe el criterio de que mediante el beso se produce el intercambio de sustancias químicas entre las personas, que inundan los centros de placer.

Un ejemplo de diferencias individuales en los comportamientos, es el que se muestra entre las personas que trabajan mejor en las horas matutinas —a las que se denominan “alondras”—, y otras denominadas “lechuzas”, porque son más productivas durante la tarde y la noche. Al parecer esto está asociado a los ciclos diarios, diurno y nocturno.

Muchos otros aspectos de las funciones y los comportamientos humanos —como las secreciones endocrinas, la procreación, el sueño, la alimentación, la creatividad, la capacidad intelectual y para los deportes, etcétera—, están influidos por ritmos diarios, semanales, anuales, solares, lunares, mareales, y estacionales; muchos otros son regidos por nuestro “reloj biológico”, controlado por los genes y regulado epigenéticamente.

Los comportamientos sexuales forman una gama extensa que se manifiesta tanto individual como socialmente. Las características del comportamiento sexual humano son muy diversas y las estudiaremos con mayor profundidad en un próximo epígrafe.

Los comportamientos sociales humanos dependen de la organización de la sociedad, de su cultura, normas, valores, formas de pensar y de la autoconciencia de los individuos que la integran. En realidad, no existe comportamiento humano que no sea social, ya que los seres humanos lo son, por su condición de seres biopsicosociales.

En este caso, los etólogos se refieren a aquellos comportamientos generalizados en determinados grupos humanos. Algunos ejemplos son los ritos funerarios, las guerras, la caza y el reparto de piezas cobradas en esta, la posesión de territorios, el intercambio de objetos, el canto, la danza, los rituales religiosos, entre otros.

Muchos de estos resultan de la evolución sociocultural humana, y contribuyeron a su adaptación al medio ambiente. La fabricación de instrumentos y abrigos, de casas para cobijarse, así como la domesticación de animales, entre otros, condujeron a que los factores socioculturales determinaran la evolución humana. Estos comportamientos constituyen nuevas adaptaciones diferentes a las somáticas, que distinguen las características de la evolución humana, como ya pudiste estudiar con anterioridad.



Recuerda que ...

El proceso de evolución del cerebro humano ocurrió en interacción dialéctica con importantes cambios en el comportamiento.

Los comportamientos humanos también tienen una gran incidencia en la vida de otras especies y en el equilibrio de la naturaleza. Las transformaciones que la humanidad ha emprendido para desarrollar la agricultura, la ganadería, la urbanización, el transporte, etcétera, afectan el sistema de relaciones que mantiene la vida en los diferentes ecosistemas, de ahí la importancia de la reflexión bioética al asumir determinado comportamiento. Nuestra supervivencia depende de la naturaleza, en la que hemos evolucionado y de la que formamos parte, por ello es indispensable que comprendamos la importancia de sentirnos y mostrarnos responsables y comprometidos con la sostenibilidad de la vida.

Conocer que los comportamientos humanos están determinados por la interacción entre lo genético y lo ambiental tiene gran implicación para la vida, ya que estos pueden ser modificados mediante el aprendizaje de aquellos que nos permiten lograr nuestros proyectos, con la adopción de estilos de vida saludables que contribuyan al desarrollo sostenible.

4.2.2 ¿Cómo las habilidades para la vida ayudan a conformar las formas de comportarse, a prevenir la violencia y las adicciones?

El siguiente fragmento corresponde al testimonio anónimo de una muchacha atendida en un centro de salud mental para el tratamiento de una adicción:

"Yo tenía apenas 15 años, me gustaba mucho un muchacho del pre, que siempre veía en las fiestas, pero él solo andaba con su grupito. Un día se acercó y me invitó a bailar. Yo estaba súper, me sentía grande. En medio de la fiesta me presentó a sus amigos que se pasaban entre ellos un cigarro raro.

—Prueba, niña que ya tú no eres una fiñe. Esto es mejor que el alcohol, porque no emborracha y coges más rápido el vuelo, me dijeron.

CAPÍTULO 4

Yo me dije: si les digo que no, hago un papelazo, ¿qué pierdo con probar?

La gente dice que la marihuana es medicinal...

Ese día empecé y en cada fiesta del fin de semana, fumábamos en grupo. Una noche me volé tanto que me llevó para su casa, me violó y no me di ni cuenta hasta el otro día. Al poco tiempo, ya no podía esperar para fumar y empecé a buscar la forma de comprar marihuana por mi cuenta. Vendí el celular y dije en mi casa que me lo robaron. Después le robé a mi mamá un broche para lo mismo. Me puse muy nerviosa, no quería estudiar, comer, ni bañarme, empecé a ponerme flaca, me alteraba mucho cuando no fumaba, le gritaba a mi mamá y cuando tenía, se me ponían los ojos rojos y hacía cosas locas. Ahí fue cuando mi mamá se dio cuenta, me presionó y le conté todo".⁹



Reflexiona

- ¿Cuál es la causa que llevó a esta joven a convertirse en adicta?
- ¿Por qué no pensó o pensaron, que la marihuana los iba a "enganchar"?
- ¿Qué consecuencias le trajo a la muchacha el consumo de marihuana?
- ¿Qué estilos de vida te pueden ayudar a evitar la violencia y las adicciones?

Seguramente la lectura de este testimonio te provoca inquietudes relacionadas con los riesgos a los que se exponen los jóvenes cuando asumen determinados comportamientos, por ello es necesario que sientas la necesidad de adoptar un estilo de vida en el que se ponga en evidencia el rechazo a las adicciones y a la violencia. Para contribuir a tu preparación te proponemos un grupo de habilidades para la vida, que puedes integrar a tu modo de actuación y te ayudarán a poner en práctica estilos de vida saludables, tanto en la prevención de las adicciones y la violencia, como en la adopción de una sexualidad responsable.

⁹ Raquel Rodríguez Artau: *Luces para la vida*, Libro electrónico, Cinesoft, pp. 122-123.

La violencia es un mal en sí mismo desde el punto de vista de los derechos humanos, así como un problema de salud pública, por la pérdida de años de vida saludable.

La violencia es el uso intencional de poder o fuerza física, de hecho o como amenaza contra uno mismo, otra persona, un grupo o comunidad, que provoque o tenga probabilidad de provocar lesiones, trastornos psicológicos o del desarrollo, privaciones o muerte.¹⁰

Los comportamientos violentos constituyen un fenómeno complejo que obedece a múltiples factores psíquicos, bióticos, económicos, sociales y culturales. Los fenómenos que acompañan a estos comportamientos traspasan constantemente las fronteras entre individuo, familia, comunidad y sociedad, sus consecuencias también abarcan todos estos ámbitos.

La violencia es un problema que afecta las relaciones interhumanas y la salud, tanto el castigo físico como el psíquico se consideran comportamientos violentos. Asimismo toda expresión de discriminación, ya sea por el color de la piel, por discapacidad, por tener VIH/Sida, por la orientación o identidad sexual o por determinadas situaciones sociales, son consideradas violentas; también el acoso escolar, el ciberacoso y la negligencia en la atención a los hijos o a los adultos mayores u otros familiares.



Saber más

La “trata de personas” es considerada una forma de violencia en la que se acude a la amenaza, o al uso de la fuerza u otras formas de coacción para captar, transportar, o trasladar personas, a fin de someterlas a la prostitución u otras formas de explotación sexual, a trabajos o servicios forzados, a la servidumbre, o para la extracción de órganos. Mediante el rapto, el fraude y el engaño, los infractores se aprovechan de una situación de vulnerabilidad de las personas y les ofrecen determinados pagos o concesiones para lograr sus fines.

La trata es un delito grave contra la dignidad, pues los individuos son sometidos a explotación forzada en condiciones de esclavitud.

¹⁰ OMS: Informe Mundial sobre la violencia y la salud, p. 14.

CAPÍTULO 4

Existen otros comportamientos que pueden clasificarse como violentos, aunque en ocasiones no seamos conscientes de que lo son. Entre ellas podemos mencionar la forma irrespetuosa de comunicarnos con otras personas, el maltrato a los animales y a la propiedad social, la práctica de acciones vandálicas, y otras que afectan las relaciones interpersonales y la convivencia social.



¿Sabías que...?

El estrés provocado por la violencia en forma de trauma físico, emocional o sexual, o como resultado de guerras, entre otras causas, tiene graves consecuencias en la regulación endocrina, el cerebro y la psiquis humana, y puede ser la causa del desarrollo de comportamientos antisociales.

La violencia también es el resultado de la interacción entre lo biótico y lo sociocultural. Se conoce que la agresividad en los animales es una adaptación que asegura su subsistencia y la perpetuación de la especie, sin embargo, en los seres humanos existen centros moduladores cerebrales que la pueden desencadenar o frenar. En la regulación de una acción violenta intervienen componentes del tronco encefálico como la amígdala y el tálamo; estos a su vez están subordinados a la corteza cerebral, fundamentalmente a la corteza frontal —de gran desarrollo en la especie humana—, que controla y frena las conductas agresivas como resultado del aprendizaje iniciado desde el nacimiento y de las influencias socioculturales.

Lo que hemos estudiado hasta ahora confirma la influencia de los factores socioculturales en el comportamiento humano. Debemos valorar hasta qué punto nuestras costumbres y creencias pueden causar manifestaciones violentas hacia otras personas. Uno de los principales enemigos de la lucha contra toda forma de violencia, es la extendida y errada creencia de que esta es parte inevitable de las características bióticas humanas. Los estudios sobre estos comportamientos demuestran que la violencia es aprendida, y que en dicho proceso desempeñan un decisivo papel las experiencias vividas en la infancia y la juventud, junto a las personas con las que se establecen los primeros vínculos sociales y se aprende a interpretar el mundo. La construcción de un mundo de paz empieza en la mente de los seres humanos.



Reflexiona

En muchas sociedades los varones son adoctrinados desde pequeños en el ejercicio de la violencia. Esto puede ocurrir de diferentes maneras: mediante la imitación de comportamientos violentos de sus padres y hermanos, al ser tratados de forma violenta por sus amigos y familiares, o estimulados por los padres a pelear y jugar con armas, quienes les dicen que para ser "hombre de verdad" es necesario atacar a quien los insulte. También es muy común que se transmitan conductas machistas en la forma de relacionarse con las niñas y las mujeres.

- ¿Qué opinas de esta situación?
- ¿Cómo influiría en su comportamiento futuro?
- ¿Qué pudiéramos hacer para revertirla?

La violencia de género es todo acto de este tipo, que tenga o pueda tener como resultado un daño o sufrimiento físico, sexual o psíquico contra una persona. Una gran proporción de la violencia de género es ejercida contra las mujeres, por lo tanto la mayoría de las veces este concepto se asume como sinónimo de violencia contra las mujeres. Se incluyen en estas acciones las amenazas, la coacción, o la privación arbitraria de libertad o de recursos económicos, tanto si se produce en la vida pública como privada.



¿Sabías que...?

En el Artículo 4 del Código de las familias de Cuba, se reconoce el derecho de las personas a una vida familiar libre de discriminación y violencia en cualquiera de sus manifestaciones.

Los sistemas de creencias y las costumbres establecidas, suelen dejar a las mujeres muy pocas alternativas legítimas de rehusar las insinuaciones sexuales. De esta manera, muchos hombres excluyen la posibilidad de que una mujer pueda rechazar sus insinuaciones sexuales, o que tenga derecho de tomar una decisión autónoma acerca de su participación en una relación sexual.



Saber más

“El enfoque de derechos humanos se basa en la obligación de los estados de respetar, proteger y cumplir con los derechos humanos y, por consiguiente, de prevenir, erradicar y castigar la violencia contra las mujeres y las niñas [...], se reconoce la violencia contra la mujer como una violación de muchos derechos humanos: el derecho a la vida, la libertad, la autonomía y la seguridad de la persona; el derecho a la igualdad y a la ausencia de discriminación; el derecho a no ser víctima de torturas ni de tratamientos o castigos crueles, degradantes o inhumanos; el derecho a la privacidad; y el derecho a gozar del máximo estándar de salud que se pueda lograr”.¹¹

El abuso sexual, como le ocurrió a la testimoniente presentada al inicio de este epígrafe, es un ejemplo de comportamiento violento. En este caso el agresor se aprovechó de la falta de autonomía resultante del consumo de una droga, sobre la decisión de tener o no una relación sexual. Las acciones violentas se producen con mucha frecuencia bajo los efectos de este tipo de sustancia.

El problema de las adicciones es muy complejo, pues está muy relacionado con el comportamiento humano. Sin lugar a dudas las adicciones también tienen un fuerte determinante sociocultural, con la particularidad de estar asociadas a patrones propios de la sociedad de consumo, en la que la pérdida de valores y la proliferación del mercado ilícito de drogas desempeñan un papel hegemónico.

Aunque la farmacología considere que una droga es toda sustancia que introducida en un organismo vivo puede modificar una o varias de sus funciones, la OMS asegura que "...en el lenguaje coloquial el término suele referirse concretamente a las sustancias psicoactivas..."¹², por lo que en lo adelante nos referiremos a droga con la definición siguiente:

Las drogas son sustancias psicoactivas, legales o ilegales, que conducen a la adicción.

¹¹ OMS: Prevención de la violencia sexual y violencia infligida por la pareja contra la mujer: qué hacer y cómo obtener evidencias, p. 6.

¹² OMS: Glosario de términos de alcohol y drogas, Ministerio de Sanidad y Consumo, Centro de Publicaciones. Madrid. 1994. 60 p.

A diferencia de los fármacos o medicamentos, que son indicados por prescripción médica, las drogas son autoadministradas. Muchas personas no identifican el tabaco, el alcohol, el café y el té como drogas, entre otras razones porque se producen, comercializan y consumen en un circuito legal, es decir son drogas legales; sin embargo, causan muchos daños a la salud.

De manera que las drogas pueden ser legales o ilegales, naturales o sintéticas, pero todas producen efectos en las funciones psíquicas, determinan tolerancia y **dependencia**, y provocan consecuencias nefastas sobre la salud y la calidad de vida de las personas.

Las drogas actúan sobre el sistema nervioso central y en la psiquis humana, provocando cambios en el comportamiento y generando dependencia, por lo que conducen a la adicción.

Una adicción es un síndrome de dependencia en el que la persona disminuye, o incluso pierde el control y la voluntad, se genera ansia permanente por el consumo, aunque reconozca las consecuencias adversas que tenga.

Las adicciones en un primer momento pueden producir efectos aparentes de placer, pero cuando disminuye la concentración de la sustancia en sangre, la persona suele sentirse peor y sobreviene la necesidad imperiosa de consumo, hasta el punto de sentir que “no puede vivir sin ella”. Esto se produce porque las drogas crean reacciones a nivel orgánico y psíquico, que acentúan la necesidad de su consumo, por lo que los adolescentes deben prepararse para evitar los riesgos de las adicciones (figura 4.20).



Fig. 4.20 Momento de reflexión

CAPÍTULO 4

Muchas drogas tienen un efecto inhibidor sobre el control que ejerce la corteza prefrontal del cerebro sobre el comportamiento, esta es la región del cerebro situada detrás de la frente y por encima de la cavidad supraorbitaria. La corteza prefrontal es exclusiva, por sus funciones, de los seres humanos y la más importante en el desarrollo de nuestra conciencia, valores, principios, responsabilidad, entre otros aspectos de nuestra conducta que nos distinguen de los animales.

En la figura 4.21 puedes comparar imágenes del cerebro tomadas mediante una tomografía de emisión de positrones, y observarás una coloración más oscura en la que se encuentra bajo la influencia del alcohol, lo que indica un aumento de la actividad del sistema límbico. Esto ocurre porque el alcohol inhibe el control que ejerce la corteza prefrontal sobre este sistema, desencadenando las conductas más primitivas, lo que explica por qué las personas tienen comportamientos violentos bajo sus efectos, o hacen lo que no harían nunca sin su consumo, pues prácticamente pierden el control cortical sobre sí mismos; este es el llamado proceso de liberación subcortical.

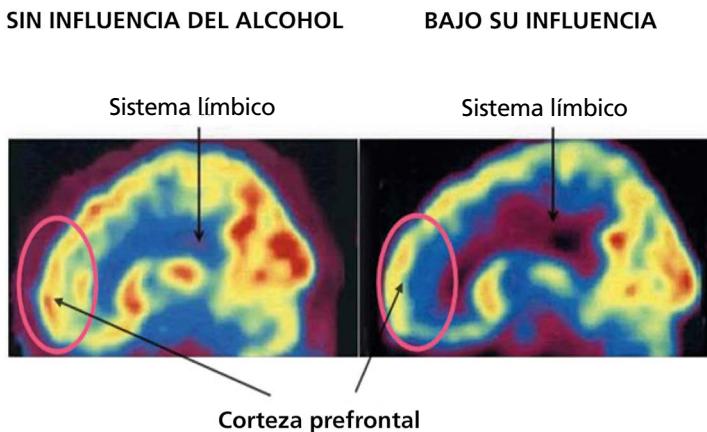


Fig. 4.21 Influencia del alcohol sobre el sistema límbico



Saber más

Además del proceso de liberación subcortical descrito, las drogas actúan modificando la función de los neurotransmisores. Algunas compiten por los receptores de los neurotransmisores y otras por el proceso de gasto adelantado.

También provocan una estimulación artificial del centro nervioso de las gratificaciones, una región de la zona central del cerebro llamada *núcleo accumbens* que determina comportamientos de autoestimulación. Estos procesos son los causantes del desarrollo de la dependencia a las drogas.

Lo que caracteriza una dependencia es la incapacidad de detenerse cuando se inicia el consumo, tener que consumir para realizar las actividades cotidianas, e imposibilidad de dejar de hacerlo.

Cuando una dependencia se convierte en el eje fundamental del estilo de vida de una persona, provoca una disfunción en áreas esenciales de su existencia que se manifiesta tanto en la salud física y psíquica, como en lo social y espiritual.

Hay diversos tipos de adicciones, las más comunes son la dependencia al tabaco, al alcohol y otras drogas, a la comida, entre otras. Sin embargo, también existen adicciones a los videojuegos, a las redes sociales, a la internet, al juego, o al ruido. Estas —que pueden parecer más inofensivas— no deben descuidarse, pues son llamadas de atención de los jóvenes, formas de escapar de lo que sienten y no pueden controlar. Las tecnoadicciones se manifiestan en la presencia de un deseo incontrolable de estar conectado a las TIC en todo momento, y un comportamiento que puede causar malestar y un deterioro en la vida del individuo (figura 4.22).

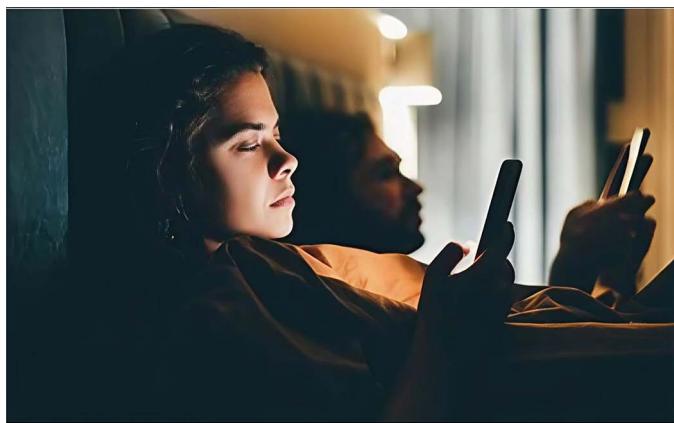


Fig. 4.22 Tecnoadicciones

Existe el riesgo del uso de estas tecnologías como vía para sustituir los contactos sociales o interpersonales directos, ya que permiten satisfacer

carencias de protección, afecto y contención; garantizan algunas condiciones como el anonimato, lo que facilita a los sujetos mostrarse como desean; contribuyen a manejar o generar ansiedad y a sustituir carencias de vínculo afectivo real con las personas. Cuando el abuso de las tecnologías afecta las relaciones interpersonales se puede llegar a producir la llamada enajenación tecnológica, esta tiene efectos tan negativos en la formación de los adolescentes, que se hace necesario considerar el potencial adictivo de las tecnologías. También debes tener en cuenta que pueden ser utilizadas para acosar o dañar a las personas.



Reflexiona

Los “chatbots” son programas informáticos basados en inteligencia artificial que permiten gestionar información, tener una conversación y generar contenidos con rapidez. Como tecnología emergente nos ofrece nuevas oportunidades, a la vez que entraña nuevos riesgos entre los que se encuentra el de generar adicción, fundamentalmente en los adolescentes, que presentan mayor vulnerabilidad si llegan a considerar más tentador y divertido conversar con un “chatbot” que con un amigo o un adulto.

¿Cómo prepararte para enfrentar este nuevo riesgo?

Los riesgos y daños asociados a adicciones en adolescentes son sumamente peligrosos. En esta etapa del desarrollo no solo se producen cambios estructurales y funcionales, también ocurren transformaciones de los procesos psíquicos que conforman la personalidad y determinan su comportamiento individual y social.

La adolescencia es una etapa de construcción de la identidad, de definiciones a nivel afectivo, sexual, social, intelectual y físico. Es un período decisivo en la formación de la personalidad. El desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo, así como la asimilación de las normas morales, permiten pasar de la dependencia del grupo de coetáneos a la autorregulación y la autonomía moral.

Estos procesos que ocurren en la adolescencia —por los que no transitan todos los adolescentes de la misma manera— los hacen más susceptibles a las adicciones. Una de las áreas del cerebro que continúa madurando durante la adolescencia es la corteza prefrontal, que es fundamental en

la evaluación de situaciones, y en el mantenimiento de las emociones y deseos bajo control. Como esta región del cerebro adolescente no ha culminado su proceso de maduración es mayor el riesgo de tomar malas decisiones, como la de probar las drogas.

En la actualidad se está dando el fenómeno del consumo múltiple de sustancias o policonsumo, que combina el efecto negativo de las drogas e incrementa su toxicidad, lo que provoca el aumento de la gravedad de las consecuencias y dificulta las acciones de prevención.

Los trastornos relacionados con las adicciones son causados por múltiples factores incluyendo los sociales, las presiones de "amigos", el estilo de educación en la familia, las características individuales de la personalidad y la existencia de ambientes favorables al consumo, entre otros. Los estudios realizados plantean que este es un fenómeno de causa multifactorial y diferente en cada individuo.

Las normas culturales también ejercen influencia sobre lo que se considera correcto en relación con las adicciones, sobre todo cuando se legaliza el uso de las drogas, como sucede con el tabaco y el alcohol, que constituyen drogas porteras.

Es muy frecuente que los adolescentes se inicien en el consumo para comprobar el placer referido por otros, por imitar, por probar que "están en la última", y creen que son invulnerables. No saben negarse ante la presión de los coetáneos. Es en este momento que se pone en evidencia la ausencia de destrezas psicosociales para enfrentar los problemas y conflictos, y para resistirse ante la presión del grupo o de supuestos amigos, que los incitan a consumir.

Un riesgo es el incremento de la probabilidad de un resultado o consecuencia negativa. Si conoces los riesgos, puedes adoptar comportamientos de prevención.

Entre los principales factores de riesgo podemos encontrar: baja autoestima, dificultades de comunicación, uso precoz de sustancias adictivas como el café o el tabaco, o la tendencia a someterse a presiones grupales sin que medie la valoración propia.

Una de las principales oportunidades que ayudará a fortalecer tu comportamiento ante los riesgos de las adicciones, es el desarrollo de las habilidades para la vida.

Estas habilidades te proporcionan la capacidad de vivir una vida más sana y feliz, mediante la adopción responsable de estilos de vida saludables,

CAPÍTULO 4

es decir, de aprender a vivir. De manera que si te propones incorporarlas a tu modo de actuación, te ayudarán a evitar las adicciones y la violencia, a mejorar tu comportamiento, y a desarrollar una sexualidad responsable.

Las habilidades para la vida son destrezas de naturaleza psicosocial, útiles para afrontar las exigencias y los desafíos de la vida diaria.

Las diez habilidades para la vida propuestas por la Organización Panamericana de la Salud (OPS), son: **autoconocimiento, empatía, asertividad, relaciones interpersonales adecuadas, toma de decisiones, solución de problemas y conflictos, pensamiento creativo y crítico, manejo de emociones y sentimientos, así como de la tensión y el estrés.**¹³

Toda persona necesita conocer sus cualidades y aceptar sus virtudes y defectos, pero con disposición a mejorar. El autoconocimiento es una habilidad para la vida que permite saber quiénes somos, qué queremos o no, y qué nos complace o disgusta. El reconocimiento de las propias debilidades contribuye a la formación de la imagen de uno mismo y permite tomar decisiones más realistas. Conocerte, saber qué quieres en la vida y el proyecto de vida que deseas emprender, e identificar los recursos personales con los que cuentas, son aspectos que te ayudarán a mejorar tus relaciones con los demás y a desarrollar las cualidades que necesitas para lograrlo (figura 4.23).



Fig. 4.23 Autoconocimiento

¹³ OPS. Enfoque de habilidades para la vida para un desarrollo saludable de niños y adolescentes Washington: 2001. Disponible (julio 17 de 2006) en <http://www.paho.org/Spanish/HPP/HPF/ADOL/Habilidades.pdf>

La empatía ayuda a aceptar diferencias entre las personas, a mejorar la comunicación y las interacciones sociales, por lo que te ayudará en la prevención de las adicciones. La empatía contribuye a evitar comportamientos violentos al fomentar la tolerancia y la capacidad para establecer relaciones solidarias, te prepara para enfrentar la presión grupal hacia el consumo y ayudar a los amigos cuando están ante situaciones de riesgo.

Ya hemos explicado que las emociones y los sentimientos tienen gran importancia en el comportamiento humano. Las emociones son aquellas respuestas psíquicas inmediatas ante un estímulo, que suelen ser de corta duración y pueden expresarse de forma funcional, como la elevación del pulso cardíaco o el rubor, pero también pueden ser conductuales, como huir o comportarse agresivamente.

Aprender a manejar tus emociones y sentimientos contribuye a que puedas relacionarte con los demás. Es importante que aprendas a identificar la emoción o el sentimiento que estás sintiendo: rabia, tristeza, alegría, miedo, decepción, o enfado; en este momento debes detenerte y no dejarte dominar por ellos, debes utilizar la razón para dominar la emoción, toma el tiempo necesario para relajarte. No temas nunca expresar tus emociones y sentimientos, pero busca la manera apropiada para hacerlo; si es una preocupación o una idea que te genera angustia y/o ansiedad, adopta una postura crítica hacia lo que te preocupa, así podrás evitar que ese problema te conduzca hacia una adicción.

Si logras una **comunicación asertiva** podrás transmitir tus sentimientos y expresar tus preocupaciones de forma abierta y respetuosa. El desarrollo de la autoestima y de la empatía contribuye a una comunicación asertiva (figura 4.24), por ello, la asertividad integrada a otras habilidades para la vida, es un factor protector en la prevención del consumo de alcohol, tabaco y otras drogas.

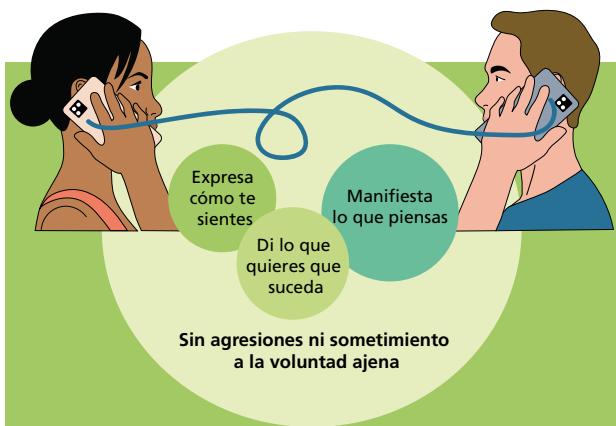


Fig. 4.24 Pasos para una comunicación asertiva

CAPÍTULO 4

Mostrar consideración y preocupación por los demás, comportamientos solidarios y autocontrol en las relaciones interpersonales, son factores de protección ante las adicciones; por el contrario, los comportamientos antisociales de resistencia a las normas y la agresividad, son elementos de riesgo de consumo de drogas. Para adquirir la habilidad de establecer relaciones interpersonales positivas, debes aprender a iniciar, mantener o terminar una relación y a relacionarte positivamente con las personas, sobre la base de la autenticidad, el respeto mutuo y la reciprocidad.

La televisión, los teléfonos celulares, las tabletas, las redes sociales y la internet, ofrecen muchas ventajas para la comunicación entre las personas, pero también es indispensable que evalúes su influencia en tus relaciones interpersonales.

Ya conoces que en la adolescencia se forma tu imagen corporal y se desarrolla tu identidad sexual, también se producen cambios bióticos y físicos acompañados de fluctuaciones y falta de madurez emocional, cognitiva y social. A eso se suma la presión académica, la necesidad creciente de alcanzar autonomía con relación a los padres y de ser aceptado por el grupo. Sin duda, todos estos elementos constituyen fuentes potenciales de estrés.

Es conocido que muchas personas se han iniciado en el consumo del tabaco o del alcohol como una vía de evasión ante las tensiones y el estrés; aprender a manejarlos constituye un factor de protección ante las adicciones (figura 4.25).

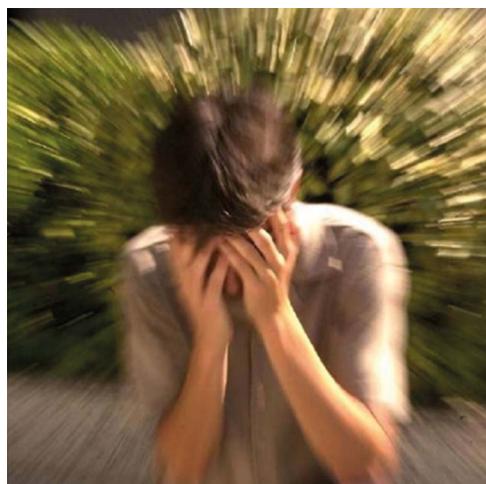


Fig. 4.25 Efecto del estrés

Es indispensable que asumas estilos de vida que contribuyan a minimizar la ansiedad, comienza por indagar sobre las causas del estrés y enfrentalo realizando actividades placenteras: meditar, relajarte, hacer ejercicios físicos, leer un libro, escuchar música, entre muchas otras. También sería oportuno pedir ayuda a personas con las que puedas compartir tus preocupaciones.

Otra forma de combatir el estrés es mediante la recreación sana, promovida tanto desde la familia como desde la escuela. Propuestas como la realización de un cine debate, la práctica de deportes, visitas a museos, la organización de un festival, formar grupos de diferentes manifestaciones artísticas, asistir teatros, conciertos, bailes —sin consumir alcohol—, participar en un partido de pelota, preparar una simple merienda o una cena especial, o cualquier actividad similar que te ayude a descansar de tus preocupaciones y no implique el consumo de drogas.

Si la vida está plagada de conflictos inevitables, es menester que comprendas que no todos son malos, y que siempre son fuente de aprendizaje y de crecimiento personal cuando los enfrentas de una manera constructiva, tanto en la escuela como en la familia. Prepararte para dar solución a problemas y conflictos, es aprender a manejar las fuerzas con las que has de luchar en la vida; la falta de experiencia y de destrezas para resolverlos puede conducirte por la vía de la evasión, lo cual constituye un factor de riesgo ante las adicciones.

Para poner en práctica la habilidad de negarte al consumo de drogas, necesitas en primer lugar conocer con claridad la situación o el problema, los riesgos a los que te expones, y tomar una decisión. En ello deberás proponer y valorar diferentes alternativas, haciendo balance de riesgos y beneficios de cada una de las opciones posibles, antes de poner en práctica la solución.

Aun cuando no exista un problema, el pensamiento creativo te permite responder de manera adaptativa y flexible a las situaciones que se presentan en la vida cotidiana, por lo que contribuye a desarrollar un estilo de vida saludable, basado en el uso de la iniciativa y el razonamiento. El pensamiento creativo no solo es útil para resolver problemas, también permite desarrollar ideas o inventar productos que satisfagan tus necesidades materiales y espirituales, te ayuda a ver más allá de tu experiencia personal, por lo que te prepara ante los retos de la vida.

CAPÍTULO 4

Existe la creencia de que las drogas ayudan en la creación artística y el pensamiento creativo; esta idea es reforzada por películas, series audiovisuales y otros medios, que muestran una visión exitosa de la vida de artistas famosos que consumen tabaco, alcohol y otras drogas. El éxito asociado al consumo de drogas que proyectan hoy algunos medios es uno de los problemas que inciden en la prevalencia de esta falsa creencia.

La mayoría de los especialistas están de acuerdo en afirmar que el alcohol y otras drogas pueden producir una sensación de euforia y falsa confianza, que pueden ser interpretadas por los consumidores en un inicio, como estimulantes de la creatividad.

Es un hecho que existe la tendencia a vincular la recreación con el consumo de sustancias como el alcohol. Existen elementos culturales que promueven ambientes facilitadores del consumo en actividades recreativas; el pensamiento creativo junto a otras habilidades, puede ayudarte a evadir la presión del grupo en estos espacios e inducirte a la búsqueda de alternativas para el empleo del tiempo de ocio en una recreación sana, lo que convierte esta habilidad en una fortaleza ante los riesgos de las adicciones.

Todo ser humano requiere desarrollar el pensamiento crítico como una habilidad que le permite analizar la información y discernir entre lo positivo y lo negativo, hacer balance de riesgos y beneficios, y prever las consecuencias de los comportamientos humanos, por lo que esto es fundamental en la solución de problemas de la vida cotidiana.

Ante la avalancha de información tergiversada o la influencia de diferentes medios como la música, las películas, las series y otros, el pensamiento crítico te permite tener una visión propia y fundamentada de los riesgos y los daños a la salud que provocan las drogas.

En ambientes facilitadores del consumo de drogas, pensar críticamente puede significar “nadar contra la corriente”, algo que puede ser sumamente incómodo para ti, ya que puedes encontrar rechazo a tus puntos de vista. Por ello, aunque el pensamiento crítico desarrolla tu percepción de las influencias socioculturales sobre tu comportamiento, actitudes, sentimientos y valores, es indispensable que te entrenes en aplicar simultáneamente otras habilidades como el manejo de emociones y sentimientos, la empatía y la toma de decisiones en la solución de conflictos.

La toma de decisiones es una actividad cotidiana en la vida humana, por eso no siempre se tiene conciencia de su importancia en la solución

de problemas que pueden trascender en la vida de las personas, como el enfrentamiento a las adicciones.

Para tomar una decisión ante un problema es indispensable identificarlo, cuando son muy simples y cotidianos se solucionan rápidamente; sin embargo, existen otras circunstancias en las que las consecuencias de las decisiones pueden repercutir en la vida —como es en el caso del consumo de drogas— por lo que se debe realizar un análisis con un razonamiento más estructurado que permita comprender y analizar el problema con mayor información, y así adoptar decisiones más seguras (figura 4.26).



Fig. 4.26 Pasos en la toma de decisiones

En la toma de decisiones es fundamental la visión crítica de las consecuencias inmediatas de los comportamientos de riesgo, pero también es necesario valorarlas a mediano y a largo plazo.

La toma de decisiones es una habilidad fundamental que se integra al resto de las habilidades para la vida, como factor de protección frente las adicciones.

Es necesario que aprendas a autoconocerte, a desarrollar relaciones interpersonales sanas y enriquecedoras, y a identificar hasta qué punto tus emociones y las tensiones pueden afectar tus decisiones, para poder manejarlas.

CAPÍTULO 4

La toma de decisiones, como proceso consciente y responsable, debe basarse en el desarrollo del pensamiento crítico y creativo, y fundamentarse en el sistema de valores de cada persona, en interrelación con el sistema de normas de relación establecido por la sociedad.

El pensamiento creativo permite generar mayor diversidad de alternativas de solución a los problemas. El análisis crítico facilita realizar balance de riesgos y beneficios, y emitir juicios valorativos para identificar responsablemente la mejor alternativa que permita solucionar el problema a corto y largo plazo.

Si el resultado no es el que se esperaba, se debe definir si es necesario más tiempo o si realmente la decisión no fue acertada, y en este caso reiniciar el proceso y tomar una nueva decisión.

Aprender a resolver problemas y a tomar decisiones adecuadas utilizando el pensamiento crítico y creativo, favorece tu desarrollo y autonomía personal, y te permite enfrentar críticamente los mensajes de los medios y la presión que ejerza cualquier persona sobre ti incitándote a consumir. Además, te prepara para enfrentar otros riesgos de la vida, en los que mantener una actitud responsable te ayudará a adoptar estilos de vida saludables.

4.2.3 ¿Cómo es posible alcanzar una sexualidad sana y feliz?

A diferencia de otras especies —incluyendo otros animales— la humana solo se reproduce de forma sexual. Aunque los elementos generales de este proceso son similares a los de otros organismos, existen diferencias notables. El comportamiento sexual humano además de asegurar la reproducción de la especie, conduce a cada individuo al disfrute de un placer emocional que se logra de muy diversas maneras, bajo los influjos de su individualidad, de su grupo étnico, o de su descendencia, así como del medio sociocultural donde se desenvuelve.



Recuerda que ...

Los humanos somos seres biopsicosociales; esto significa que por ser el resultado de un proceso evolutivo en el que han intervenido factores bióticos y socioculturales, nuestras características no están determinadas solamente por nuestro organismo vivo, también por las interacciones tanto con la psiquis como con elementos socioculturales.

Por eso nos distinguimos de otros animales, en que en nuestra conducta no prevalece el instinto sexual, sino que predominan las vivencias relacionadas con el sentimiento amoroso, la sensualidad y la atracción entre los miembros de la pareja. En la adolescencia es de gran importancia aprender a desarrollar un comportamiento sexual responsable (figura 4.27).



Fig. 4.27 Interacción grupal entre adolescentes

Reflexiona

- ¿Es lo mismo sexualidad que sexo?
- ¿Cómo influye el comportamiento sexual en la salud humana?
- ¿Es posible desarrollar un comportamiento sexual responsable?

Recuerda que ...

Al estudiar el comportamiento sexual humano debemos recordar que sexualidad no es sinónimo de sexo. Mientras que el sexo está determinado por el conjunto de atributos anatomofuncionales de carácter sexual que conforman y distinguen a un individuo desde el nacimiento, la sexualidad es una expresión de nuestra personalidad, que se desarrolla a partir de las experiencias personales y de las influencias sociales.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco 2014), la sexualidad es parte integral de

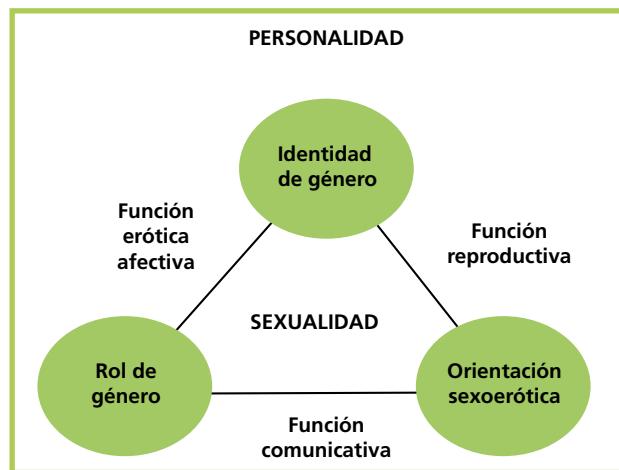
CAPÍTULO 4

la vida de las personas en sus diferentes etapas o edades y en toda su diversidad, y contribuye al desarrollo de su identidad, y por lo tanto a su desarrollo social.¹⁴ Incluye al género, la orientación sexual, el erotismo, la vinculación afectiva, el amor y la reproducción. Se experimenta, y se expresa en forma de pensamientos, fantasías, deseos, creencias, actitudes, valores, actividades, prácticas, relaciones, roles. Es el resultado de la interacción de factores bióticos, psíquicos, socioculturales (socioeconómicos, éticos, religiosos, espirituales, entre otros).

Podemos considerar que la sexualidad es una manifestación de la personalidad relacionada con la reproducción, el placer erótico y con la comunicación afectiva entre las personas, y se manifiesta en todas las esferas de la vida.

Aunque incide en la formación y el desarrollo de todas las esferas de nuestra personalidad, tiene tres funciones esenciales: la reproducción, el placer erótico y la comunicación, muy relacionadas con la identidad de género, el rol de género y la orientación sexoerótica, como se observa en el esquema 4.4.

Esquema 4.4 Relación entre los componentes y las funciones de la sexualidad



Los seres humanos somos capaces de diferenciar conscientemente estas funciones y determinar nuestro comportamiento sexual a partir de

¹⁴ Unesco Educación Integral de la Sexualidad: Conceptos, Enfoques y Competencias, Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe (OREALC/UNESCO Santiago), 2014, p.4.

nuestras necesidades, valores y proyectos de vida. Tenemos el derecho y el deber de decidir responsablemente sobre nuestra identidad de género, en qué momento iniciamos las relaciones sexuales y cuándo deseamos tener descendencia.

Independientemente del sexo biológico, cada persona desarrolla una orientación sexoerótica, determinada por factores bióticos y psicológicos.

La orientación sexoerótica es la dirección que toma el deseo sexual, que determina sentimientos de atracción de una persona hacia otra. Puede ser hacia personas del mismo sexo, hacia el sexo opuesto, o hacia ambos sexos.

Existen diferentes formas de orientación sexoerótica que desarrollan toda una gama, que va desde la heterosexualidad hasta la homosexualidad. Cada individuo posee una orientación sexoerótica en su modo de sentir y actuar, desarrollada como resultado de la influencia de muchos factores biopsicosociales.

Cuando hablamos de género nos referimos a los rasgos asignados a lo largo de la historia de las relaciones sociales, el sexo se refiere a las características bióticas, determinadas genéticamente. El concepto de género pone en evidencia que las diferencias humanas existentes en el mundo no responden a diferencias bióticas, sino a la construcción sociocultural de la masculinidad y la feminidad.

Las definiciones de género cambian de generación en generación, de una cultura a otra y dentro de los diferentes grupos socioeconómicos, étnicos, etcétera. Usualmente las construcciones de género están cargadas de estereotipos que dictan lo que es apropiado e inapropiado para cada uno, restringiendo la libertad de decidir cómo ser, hacer, sentir y pensar.

El género es el conjunto de características sociales, culturales, políticas, psíquicas, jurídicas, y económicas, asignadas a las personas de forma diferenciada, de acuerdo con el sexo.

Por lo tanto, el género es una construcción social formada sobre la base de la percepción que tienen y han tenido las personas de distintas sociedades y culturas, acerca de la diversidad humana a lo largo de la historia.

CAPÍTULO 4

La identidad de género es el sentido interno de una persona sobre su género, con el que se identifica.

La identidad de género es un sentimiento íntimo y profundo que está relacionado con la convicción de sus preferencias. Se estructura a partir de condicionantes bióticos y psíquicos, en las relaciones sociales a las que se enfrenta el individuo desde su nacimiento y durante toda la vida. Cuando adquirimos nuestra identidad de género, aprendemos a pensar, sentir y actuar, según nuestra preferencia sexual.

Entre sexo, género, identidad de género y rol de género, se da toda una relación sistémica durante el desarrollo de cada persona, que influye en su comportamiento.

Desde los primeros instantes de su nacimiento, los niños y las niñas empiezan a desarrollar el sentimiento de pertenencia a su sexo. En la medida en que se va formando su imagen corporal, alrededor de los dos a tres años de edad, se empieza a desarrollar un complejo de diferenciación sexual que va conformando el sentimiento y la conciencia de sí, como ser sexuado. Este es un complejo proceso en el que interactúan factores bióticos (genéticos, hormonales y embrionarios), psíquicos y sociales, de gran influencia en el desarrollo psicosexual futuro.

Durante la infancia, hasta los cinco años aproximadamente, se genera una tendencia consciente o inconsciente hacia la apropiación de determinado modelo de género, mediante la influencia del conjunto de condicionamientos culturalmente establecidos, acerca de los comportamientos que deben asumir las personas de acuerdo con su sexo.

El rol de género es un fenómeno psíquico que expresa la forma particular, propia de cada persona, de resignificar y reinterpretar los patrones sexuales y sociales.

De manera que en la determinación de la identidad de género de una persona interviene un sistema de interrelaciones bióticas, psíquicas y sociales de gran complejidad.

Durante mucho tiempo el estudio del género se hizo desde una perspectiva dicotómica que consideraba como una opción estricta la existencia solamente del género binario: lo masculino y lo femenino. La polarización de los roles en lo femenino y lo masculino, originó los estereotipos

de género. Desde el instante del nacimiento se generan dos mundos esquemáticos, uno rosado y otro azul, que influyen en el desarrollo de la personalidad de cada individuo, y muchas veces lo limitan y restringen.

Estos estereotipos suelen convertirse en normas sociales que se reforzán cuando los comportamientos coinciden con dichas normas, o se sancionan si se produce lo contrario. De manera que en la sociedad se reproducen modos de actuación que tienen un fundamento sexista y se asumen como “lo normal”. Esto se manifiesta en muchas esferas de la vida: en la distribución de las tareas del hogar, al asumir que hay tareas eminentemente masculinas y otras femeninas, o en el ámbito profesional al considerar que existen profesiones propias de mujeres o de hombres.

Desde 1979, en la “Convención sobre la eliminación de todas las formas de discriminación contra la mujer” de la Asamblea General de las Naciones Unidas, se reconoció que la igualdad de género es un principio jurídico universal. Todos somos iguales en derechos y oportunidades.



Saber más

El objetivo 5 de la Agenda para el Desarrollo Sostenible de la Organización de Naciones Unidas expresa: “Lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas”.

Entre las acciones que propone la agenda para cumplir ese objetivo, se encuentra el poner fin a todas las formas de discriminación contra las mujeres y las niñas en el mundo, así como eliminar todas las formas de violencia contra estas en los ámbitos públicos y privado, incluidas la trata y la explotación sexual y de cualquier otro tipo.

También plantea la necesidad de velar por la participación plena y efectiva de las mujeres; la igualdad de oportunidades de liderazgo a todos los niveles y de adopción de decisiones en la vida política, económica y pública; garantizar el acceso universal a la salud sexual y reproductiva, entre otras muchas acciones.

Los géneros se expresan cualitativamente diferentes en cada contexto, y su existencia no se debe solamente a la influencia de lo sociocultural. Es indispensable también valorar la influencia de lo biótico y lo psíquico en el desarrollo de cada individuo.

Es importante el reconocimiento en toda la sociedad de diferentes formas de expresión del género desde una posición no binaria (figura 4.28). La identidad transgénero describe a las personas cuya identidad no se corresponde con su sexo biológico. No implica una orientación sexoerótica específica, ya que cualquiera puede estar presente.

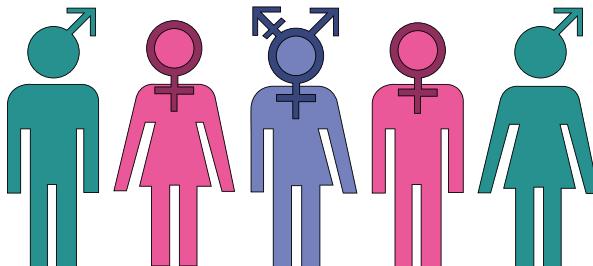


Fig. 4.28 Diversidad de géneros



Saber más

El término **transgénero** se emplea en aquellas personas que se apartan de pautas sociales relacionadas con su género y rompen con los estereotipos de género asignados social y culturalmente. Existen diferentes identidades transgénero que pueden o no estar ligadas a determinada orientación sexual, dentro de ellos tenemos la **transexualidad**, el **travestismo**, la intersexualidad, el **transformismo**, entre otras.

Debemos estar conscientes de que nuestra idea de género masculino y femenino está influenciada por los estereotipos construidos a lo largo de la historia humana. Estos estereotipos sustentan una cultura que conduce a la discriminación y la violencia hacia las mujeres, los homosexuales, o a adolescentes con modos de actuación que se consideran afeminadas o varoniles, entre otras.



Reflexiona

- ¿Qué opinas de las actitudes discriminatorias en relación con la identidad de género de cada individuo?
 - ¿Qué estereotipos y prejuicios predominan en ti y en tus compañeros de estudio?
 - ¿Qué puedes hacer para contribuir a la solución de este problema?

El reconocimiento de la diversidad genérica tiene implicaciones importantes en el comportamiento humano, que promueven el respeto a la identidad de género adoptada por cualquier individuo, la eliminación de estereotipos y de prejuicios sociales que afectan la dignidad de las personas, y generan en muchos casos actitudes violentas como la transfobia y la homofobia.

El enfoque de género permite aceptar que todas las personas tienen iguales oportunidades independientemente de su género; que sus derechos y responsabilidades no dependen de haber nacido con uno u otro sexo. Las implicaciones de este enfoque en la vida cotidiana son múltiples y se manifiestan en varios ámbitos: en la división del trabajo, en las responsabilidades familiares, en la educación y en el desarrollo profesional, entre otros.



Saber más

En el artículo 4 del Código de las Familias cubano se reconoce como un derecho, el desarrollo pleno de los derechos sexuales y reproductivos en el entorno familiar, independientemente de su sexo, género, orientación sexual e identidad de género, situación de discapacidad o cualquier otra circunstancia personal; incluido el derecho a la información científica sobre la sexualidad, la salud sexual y la planificación familiar.

Solo si fomentamos el respeto y la aceptación de la diversidad humana y sexual, así como la solidaridad y la cooperación entre los géneros, podremos contribuir a disminuir riesgos y vulnerabilidades como el abuso, la coerción, la explotación sexual y la discriminación por razones de identidad de género, edad, u orientación sexual.

La sexualidad se desarrolla y expresa de diferentes maneras a lo largo de la vida, de modo que no se manifiesta igualmente en la infancia, la adolescencia, la adultez ni en la tercera edad. Es importante conocer cómo cambia en las diferentes etapas de la vida y asumirla de forma responsable y feliz.

El amor, el afecto y la intimidad sexual, son de gran importancia en las relaciones saludables y contribuyen al bienestar y la calidad de vida.

El éxito y la seguridad para reproducirse, la regulación de la fertilidad y el disfrute de la sexualidad, están muy relacionados con una adecuada

CAPÍTULO 4

salud reproductiva, que no es la mera ausencia de enfermedad, sino la capacidad de disfrutar una vida sexual satisfactoria y sin riesgos, y de realizar una correcta planificación familiar: tener la descendencia deseada, en el momento que se decida.

Según la OMS, la salud sexual y reproductiva no es solamente la ausencia de enfermedad, disfunción o incapacidad, esta se define como un estado de bienestar físico, emocional, mental y social relacionado con la sexualidad.

Para lograr y mantener la salud sexual, los derechos sexuales de todas las personas deben ser respetados, protegidos y ejercidos a plenitud.

El mantenimiento de la salud sexual implica sobre todo, el respeto a los derechos sexuales de todas las personas y el reconocimiento de la diversidad de género.

También es indispensable que la autonomía, la privacidad y la equidad, se respeten como derechos que garantizan la integridad y la seguridad sexual. Esto requiere la adopción de comportamientos responsables hacia la sexualidad y las relaciones sexuales, que brinden la posibilidad de que estas resulten placenteras, libres de discriminación y violencia. Se relaciona también con la posibilidad social de constituir una familia, educar a los hijos y transmitir la herencia cultural. Es por estas razones podemos, afirmar que es muy importante mantener la salud sexual.

Podemos concluir que el comportamiento humano es resultado de la interacción entre los factores bióticos y ambientales, que se forma y desarrolla durante la vida en condiciones socioculturales concretas. Este tiene premisas en los genes, pero estos no predeterminan su desarrollo de un modo inevitable. Como toda característica del fenotipo, el comportamiento humano es resultado de la interacción entre el genotipo y el medio ambiente; cualquier interpretación reduccionista de dicha característica nos puede llevar a posiciones racistas, discriminatorias o eugenésicas.

Como los comportamientos humanos son modificables mediante el aprendizaje, es posible asumir algunos que contribuyan a lograr tus proyectos, desarrollar estilos de vida saludables y una sexualidad responsable, esto permitirá mejorar tu calidad de vida. Este propósito lo puedes alcanzar

mediante la integración de las habilidades para la vida, que te ayudarán a enfrentar los riesgos cotidianos.

La reflexión bioética sobre nuestro comportamiento es indispensable no solo por las implicaciones de este en nuestra salud y calidad de vida, también por su impacto en la vida de otras especies y en el equilibrio de la naturaleza, de la que formamos parte. De otra parte, para lograr un desarrollo sostenible es imprescindible la paz, esta a su vez demanda la contribución de todos en el logro de una sociedad cada vez más justa e inclusiva. Por eso es necesario que aprendas y pongas en práctica actitudes y comportamientos que contribuyan a relacionarte con otras personas sin violencia, drogas, ni discriminación por ninguna razón.

Comprueba lo aprendido

- 1.** Busca las definiciones de comportamiento humano, salud, estilos de vida saludables y calidad de vida. Elabora un esquema lógico con estos conceptos y argumenta la relación que existe entre ellos.
- 2.** Compara el comportamiento humano y la conducta de los animales. No olvides determinar las semejanzas y diferencias, y llegar a conclusiones.
- 3.** Argumenta por qué el comportamiento humano es el resultado de la interacción de factores bióticos y ambientales.
- 4.** Marca con una X cuáles de las siguientes acciones has realizado alguna vez y valora de esas, las que constituyen riesgo de adicciones.
 - Te has dejado convencer por tus amigos para hacer algo.
 - Sientes admiración por artistas o personas aunque consuman tabaco, alcohol u otras drogas.
 - Has probado tabaco o alcohol para estar a la par de tus amigos.
 - Piensas que la marihuana hace menos daño que otras drogas, como el alcohol.
 - Sientes que los problemas en tu casa o en tu escuela te sobrepasan.
 - Has dejado de hacer alguna actividad como estudiar, salir con los amigos, comer, por estar jugando en una computadora, un teléfono o una tableta.
- 5.** Elabora una lista de consecuencias de las adicciones en la salud y la calidad de vida. Considera en el análisis, las consecuencias individuales y colectivas.

CAPÍTULO 4

- 6.** Tomando en cuenta las situaciones expuestas en los testimonios de personas con adicciones que aparecen en este epígrafe:
 - a) Analiza los comportamientos de riesgo que condujeron a que esas personas cayeran en una adicción.
 - b) ¿Por qué es posible que una persona sea violenta con su propia familia?
 - c) ¿Por qué el consumo de drogas puede hacer más vulnerables a las personas ante la violencia?
- 7.** Realiza una lectura sobre las habilidades para la vida y resume tu valoración de la utilidad de cada una de ellas en la prevención de la violencia, las adicciones y en el desarrollo de un comportamiento sexual responsable.
- 8.** ¿Cuáles son las consecuencias de no negarte ante la invitación a consumir alguna droga?
- 9.** ¿Es realmente necesario el alcohol para divertirse en una fiesta o reunión con los amigos? ¿Es posible divertirse sin tener que consumir alcohol?
- 10.** Investiga si es posible probar una vez una droga y después no "engancharse". Mediante una entrevista al médico de familia, busca información relacionada con la presentación de esta situación en diferentes drogas: tabaco, alcohol, marihuana, entre otras.
- 11.** ¿Pueden existir adicciones a sustancias que no sean el tabaco, el alcohol u otras drogas?
- 12.** Propón situaciones relacionadas con las adicciones y conocidas por ti, en las que alguna de las habilidades para la vida constituya un factor de protección.
- 13.** Estudia las definiciones de sexualidad, género, identidad de género, rol de género y orientación sexeroética. A partir de la observación de la figura 4.40, argumenta la relación entre estos conceptos.
- 14.** Elabora una lista de comportamientos que observes en las personas que te rodean y que pongan de manifiesto discriminación de género.
- 15.** Valora la siguiente idea que expresa la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible: "Estamos decididos a propiciar sociedades pacíficas, justas e inclusivas que estén libres del temor y la violencia. El desarrollo sostenible no es posible sin la paz, ni la paz puede existir sin el desarrollo sostenible".

16. Ejemplifica la relación que existe entre los comportamientos humanos, la paz y el desarrollo sostenible.

DESAFÍOS

1. Se conoce que las tortugas marinas desovan en las playas durante la noche; en la búsqueda de los lugares adecuados se orientan por la luz de la luna, es por eso que la construcción de viviendas y hoteles muy cercanos a las playas las desorienta, pues no encuentran el lugar adecuado para desovar. Esta situación es una de las causas de la reducción de las poblaciones de las cuatro especies conocidas de tortugas marinas.
 - a) Explica la situación anterior a partir de lo estudiado sobre las conductas animales.
 - b) Argumenta por qué el estudio de la conducta animal es fundamental en la protección, conservación y uso sostenible de la biodiversidad.
2. En los laboratorios de investigaciones científicas es necesario utilizar ratas y ratones. Las cajas en las que se crían estos animales suelen tener una rueda que les permiten ejercitarse, así se reduce el estrés por el encierro y mejora su salud. Cuando una rata o un ratón se colocan por primera vez en este tipo de caja, toca rueda y al esta moverse, intenta subirse hasta lograr entrar y correr en ella.
 - a) ¿Qué tipo de conducta se pone de manifiesto en este caso?
 - b) ¿Qué importancia tiene el conocimiento de la conducta de los animales, para el cumplimiento de principios bioéticos durante el trabajo con ellos en el laboratorio?
3. A partir de un ejemplo de una conducta animal o un comportamiento humano, explica y esquematiza cómo se manifiesta la integridad biótica.
4. Se conoce que el estrés sostenido es causa de muchas enfermedades crónicas como la hipertensión arterial, la diabetes y la cardiopatía isquémica, entre otras. ¿Qué explicación darías a este fenómeno a partir del conocimiento de que el comportamiento humano, es resultado de la interacción del genotipo con el medio ambiente?
5. Francisco tiene 26 años y convive con su pareja Mirta y el hijo de ambos. Él tiene un taller de mecánica en su casa, ella es enfermera

CAPÍTULO 4

y hace turnos de noche en un hospital, por lo que en el día duerme para recuperarse. Los dos aportan económicamente al hogar pero Francisco pasa más tiempo en la casa, por lo tanto se ocupa del hijo y de las tareas domésticas; por esta razón algunos amigos le comentan que “un verdadero hombre debería estar en la calle trabajando y no estar cocinando o cuidando al niño”.

¿Qué opinas de esta situación? Valórala a partir de lo aprendido sobre el comportamiento sexual desde un enfoque de género.

6. Una muchacha accede a tener relaciones sexuales con su novio; estando juntos en la cama se desviste, pero en ese momento se arrepiente. El novio se enoja, y ella por miedo se siente presionada a tener relaciones con él.
 - a) ¿Crees que este caso es una situación de violencia sexual? Argumenta tu respuesta.
7. Víctor y Niurka llevan casados tres años. Con frecuencia Víctor llega a la casa tarde y borracho, Niurka ya está dormida. Él la despierta para tener sexo y ella no quiere porque él está ebrio; él se pone tan grosero que ella acepta para que la deje tranquila. ¿Qué opinas sobre esta situación? Valórala a partir de lo estudiado sobre la violencia y las adicciones.
8. Algunas personas proponen el uso de drogas como tabaco, alcohol, marihuana, drogas sintéticas, etcétera, con el pretexto de relajarse y evitar el estrés.
 - a) ¿Qué opinas de este criterio?
 - b) Elabora una lista de razones en contra de esta idea y crea mensajes para contrarrestarlo.
9. Observa la figura 4.29 y valora su mensaje.



MISMO EFECTO,
DIFERENTE VELOCIDAD.

Fig. 4.29 Efecto del tabaquismo

- 10.** Valora la siguiente propuesta: si tus amigos están bebiendo alcohol y te invitan a tomar, debes aceptar, no puedes negarte, porque si lo haces vas a parecer un niño y nunca encajarás en el grupo.
 - 11.** Realiza un juego de roles ante situaciones hipotéticas relacionadas con el “saber decir que no” de una manera empática, ante un amigo que te invita a fumar o a beber alcohol.
 - 12.** Analiza y debate la siguiente frase: el que es capaz de crear, no está obligado a obedecer. Valora su aplicación en situaciones de riesgo de consumo de drogas.
 - 13.** Lee y debate el siguiente testimonio anónimo de una adicta de 17 años:

Tengo menos de 20 años y soy adicta a la marihuana. Nunca pensé que llegaría a esto. Al inicio no le veía el riesgo, porque solo consumía de vez en cuando. Al principio fumaba con amigos y nunca en mi casa, pero de repente un día tuve un problema que me puso muy nerviosa y decidí fumarme un cigarro de marihuana. Esto suena tentador, porque es más fácil fumar marihuana y evadir, que aprender a relajarte. A partir de ahí, cada vez que me sentía estresada, fumaba. Ahora me arrepiento, ya no puedo vivir sin fumar. Hubiera probado otras opciones, pero preferí optar por la "vía fácil" y ahora no sé cómo salir de esta.

- a) ¿Qué te parece esta historia? ¿Podría sucederte a ti? ¿Por qué?

b) ¿Qué característica de su comportamiento constituyó un factor de riesgo ante las adicciones?

c) ¿Qué habilidades para la vida le recomendarías a adolescentes en situaciones similares, para evitar el consumo de drogas?

14. Analiza las siguientes situaciones y propón soluciones aplicando las habilidades para la vida:

a) Tu hermano se pasa el día jugando en la computadora y nunca sale a jugar pelota contigo. Tu mamá dice que lo dejes, que así está más tranquilo, pero a ti te preocupa porque se está aislando y ya no hace ni las tareas de la escuela.

b) Tu mejor amigo un día te ofrece marihuana, te dice que no te va a pasar nada, que por el contrario te vas a sentir increíble y que vas a pasar un buen rato, ¿qué haces?

CAPÍTULO 4

c) Ves que un amigo está tomando alcohol con pastillas y sabes que lo hace a escondidas de su familia, ¿qué puedes hacer para ayudarlo?

15. Valora aplicando lo aprendido sobre comportamiento sexual y género, la siguiente situación hipotética:

Valeria y Alberto estaban casados desde hacía 15 años y tienen 2 hijas. Tras el divorcio Valeria se quedó con las niñas. Después de un año conoció a una mujer por la cual sintió atracción, y comenzó una relación amorosa con ella. Al principio lo ocultó a las hijas por temor a lo que podrían opinar, pero luego de un tiempo se los contó; a las niñas les costó entenderlo pero lo aceptaron. Cuando Alberto se enteró se enojó mucho y le pidió a Valeria que expusiera lo menos posible a sus hijas a esa situación. Valeria respetó este pedido por un tiempo, pero luego decidió vivir junto a su nueva pareja en la misma casa con las niñas. Este hecho hizo que Alberto decidiera ir a un abogado a solicitar la custodia de las niñas.

16. Diseña y desarrolla una campaña en la escuela y/o la comunidad para la prevención de las adicciones, utilizando diferentes recursos creativos como la música, las artes plásticas, la danza, el teatro y las tecnologías de la información y las comunicaciones.

ACTIVIDADES PRÁCTICAS

Seminario: Comportamiento humano y estilos de vida saludables. Las habilidades para la vida en el desarrollo de una sexualidad responsable con enfoque de género y en la prevención de las adicciones y la violencia

Objetivo: Demostrar las potencialidades de la integración de las habilidades para la vida en el comportamiento, como base del desarrollo de un estilo de vida saludable y una sexualidad responsable, evidenciando el rechazo al consumo de drogas y otras adicciones, la violencia, y la discriminación de género.

Temáticas que se van a investigar y debatir:

- Relación entre estilo de vida saludable, calidad de vida y comportamiento humano, sobre la base de la interacción entre lo biótico y lo sociocultural
- Las conductas de riesgo ante la violencia y las drogas

BIOLOGÍA

- El comportamiento sexual desde el enfoque de género
- Las habilidades para la vida para la prevención de las adicciones, la violencia y la discriminación por razones de género

Después de gestionar la información necesaria para la preparación del seminario, se podrá desarrollar el debate de las temáticas con la discusión de todas o algunas de las preguntas propuestas en la sección Desafíos, de acuerdo con las orientaciones del profesor.



CAPÍTULO 5

■ ■ ■ ■ ■ La biodiversidad y el desarrollo sostenible ■ ■ ■ ■ ■

*El amor por todas las criaturas vivientes
es el más noble atributo del hombre.* ¹⁵

Entre los diferentes ecosistemas que existen en las costas cubanas —arrecifes de coral, pastos marinos, manglares (figura 5.1) y playas arenosas—, se establece una estrecha relación, estos proporcionan protección a las costas cubanas ante eventos climáticos de gran intensidad, como los huracanes.



Fig. 5.1 Manglares, ecosistemas protectores

En lugares donde su estado de conservación no es bueno, la vulnerabilidad es mayor, por lo que ocurren grandes inundaciones, penetraciones del

¹⁵ M. Piernas: 50 Frases de Charles Darwin. 2021.PsicoActiva.com <https://www.psicoactiva.com>

mar, y graves afectaciones en los asentamientos humanos costeros, entre otros impactos negativos.

Las transformaciones ocasionadas por la actividad humana en las áreas costeras constituyen una gran amenaza a la biodiversidad. La correlación entre el incremento del nivel del mar y de la temperatura en su superficie, y la frecuencia e intensidad de eventos meteorológicos, aumenta el riesgo de pérdida de esta en las costas de Cuba.



Reflexiona

- ¿Por qué los daños a los ecosistemas costeros, particularmente a los manglares, hacen más vulnerables a nuestro archipiélago ante los efectos del cambio climático?
- ¿Qué importancia tienen la protección, conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, en el enfrentamiento al cambio climático y en la vida futura?

En este capítulo aprenderás aspectos esenciales que te permitirán dar respuesta a estas y otras interrogantes, y valorar la belleza e importancia de la biodiversidad en la naturaleza, en particular la cubana. Todo lo que aprendas te ayudará a comprender con mayor profundidad el hecho de que formas parte de la naturaleza, y por lo tanto tienes una gran responsabilidad con su futuro.

También podrás valorar el estado actual de conservación de la biodiversidad de tu provincia y localidad, así como la relación con el cambio climático. De esta manera, te prepararás para ser parte activa de la proyección de medidas para la protección, conservación y uso sostenible de la biodiversidad con acciones de adaptación y mitigación ante el cambio climático, en correspondencia con las regulaciones legisladas. Necesitarás integrar lo aprendido en el capítulo anterior sobre el comportamiento humano, y proponerte cambios en tu estilo de vida, asumiendo responsabilidad y compromiso al aplicar las ciencias biológicas en las diferentes esferas de la producción y los servicios, con enfoque de sostenibilidad.



¿Sabías que...?

El 22 de mayo se celebra el “Día Mundial de la Diversidad Biológica”, proclamado y aprobado por la Asamblea General de la Organización de Naciones Unidas (ONU) en el año 2000, con el objetivo de

concientizar a la humanidad en la aplicación del Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB), que es el instrumento internacional para la conservación de la biodiversidad, la utilización sostenible de sus componentes, y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de los recursos genéticos.

5.1 Existe una estrecha relación entre el desarrollo sostenible, la protección y el uso de los recursos, en los diferentes niveles de la biodiversidad

La sostenibilidad en las diferentes esferas del desarrollo humano, depende en gran medida de cómo se protege la biodiversidad.

La biodiversidad es la variedad de formas de vida existentes en la biosfera resultado de miles de millones de años de evolución, que se manifiesta en la diversidad de genotipos, especies, hábitats, ecosistemas, paisajes y culturas humanas, constituyentes de la gran riqueza de la vida del planeta.

Se denominan puntos calientes de la biodiversidad a las zonas donde se concentra mayor cantidad de esta en estado de amenaza. El origen del concepto se le atribuye a Norman Myers, quien junto a su equipo definió una lista inicial de 25 puntos calientes en todo el mundo (figura 5.2).

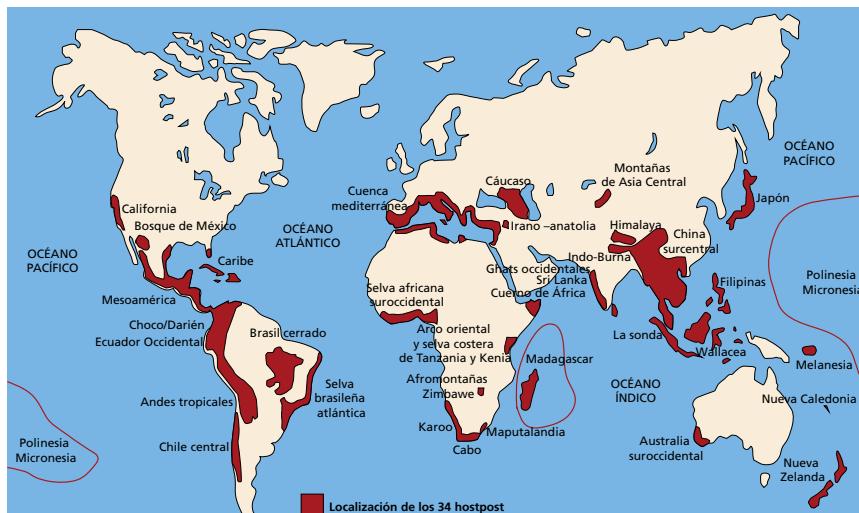


Fig. 5.2 Puntos calientes de la biodiversidad

En el 2023 los puntos calientes ascendían a más de 30, esta declaración contribuye a la conservación de la biodiversidad por ser una prioridad hacia la que deben dirigirse los esfuerzos de la humanidad en la preservación del patrimonio natural. En el 2011 un grupo de investigadores declararon que el 50 % de las plantas vasculares y el 42 % de los vertebrados terrestres del planeta se encontraban concentrados en aproximadamente en el 2,3 % de la superficie terrestre del planeta, pero a pesar de lo urgente que resulta su protección, menos de la mitad de la superficie que ocupan se encuentra dentro de una zona protegida o reserva natural.

De las zonas consideradas de mayor importancia en la biodiversidad del planeta se encuentran las que corresponden al Caribe insular; ello destaca la importancia de las islas en la evolución y preservación de la vida.

Cuba tiene más de 3 000 especies de plantas exclusivas, el doble de las necesarias para figurar como un “punto caliente” de la vida del planeta. En nuestro archipiélago estos son espacios geográficos con una elevada riqueza de biodiversidad, incluyendo un gran número de especies restringidas a esos territorios.

El conjunto de las Antillas, dentro de las cuales Cuba es un territorio esencial, está entre los cinco puntos calientes más importantes a nivel planetario; no obstante, dicha biodiversidad está en peligro de desaparecer entre otras causas por los efectos del cambio climático, con lo que perderíamos la posibilidad de su empleo para el desarrollo sostenible de la sociedad.

Es muy importante considerar la biodiversidad como la verdadera trama de interrelaciones continuas que constituyen la biosfera, por lo que en la actualidad se consideran los paisajes como parte de esta, incluyendo lo transformado por los seres humanos. De esta manera podremos tener una visión más integrada del nivel tan complejo y frágil del que formamos parte.

La biodiversidad es el resultado de un largo proceso evolutivo de cerca de 4 000 millones de años, en los que las especies y los ecosistemas se han adaptado y coadaptado, formando sistemas bióticos muy interdependientes e interrelacionados entre sí, y con los componentes abióticos y socioculturales del medio ambiente.

Si consideramos que muchas especies están adaptadas únicamente a condiciones climáticas muy específicas, podemos comprender por qué pequeños cambios pueden conllevar a la pérdida irreversible de esas especies. La evolución no cesa, pero no es posible que la naturaleza pueda dar una respuesta equilibrada a los cambios drásticos que impone el cambio climático.



¿Sabías que...?

El término “biodiversidad” es un calco del inglés biodiversity, este término a su vez, es la contracción de la expresión *biological diversity*, que se utilizó por primera vez en septiembre de 1986, en el título de una conferencia denominada *National Forum on BioDiversity*, convocada por Walter G. Rosen, a quien se le atribuye la idea de la palabra.

La biodiversidad disminuye en la actualidad con alarmante rapidez; atendiendo a las predicciones de estudios científicos realizados, es probable que en pocos decenios miles de especies se encuentren extintas. Se prevé que el 25 % de las familias de plantas desaparezcan a finales del siglo xxi, y que incontables especies de animales cuyos hábitats y alimentos dependen de esas plantas tal vez corran la misma suerte.

Hoy es un reto preservar la biodiversidad, en primer lugar porque ella forma parte indisoluble del equilibrio ambiental sin el cual sería imposible la vida, en segundo lugar porque dependemos de los servicios de los ecosistemas para el bienestar humano y socioeconómico de nuestros pueblos, y para solucionar nuestras necesidades de alimentación.



De la historia

En los años 70 del pasado siglo comienza la preocupación internacional por la destrucción ambiental causada por la actividad humana. En 1972 se crea el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), como agencia implementadora del Sistema de las Naciones Unidas.

La preocupación cada vez más creciente de la comunidad internacional por la alarmante pérdida de la biodiversidad motivó el inicio de negociaciones para el establecimiento de un convenio que contribuyera a frenar esta situación. En 1992 se celebró en Río de Janeiro la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, como resultado se presentó el Convenio sobre Diversidad Biológica. Esto marcó el inicio de los esfuerzos internacionales por confeccionar un marco legal que convocara a todos los estados del mundo a la conservación de la biodiversidad.

5.1.1 ¿Qué interacciones se manifiestan entre los diferentes niveles de la biodiversidad?

El fenómeno de la biodiversidad se manifiesta en el medio ambiente como un todo íntegro, pero para su mejor estudio la ciencia ha utilizado el análisis sistemático, distinguiendo básicamente tres niveles organizativos estrechamente relacionados entre sí: la diversidad genética, la diversidad de especies y la diversidad de ecosistemas (figura 5.3).

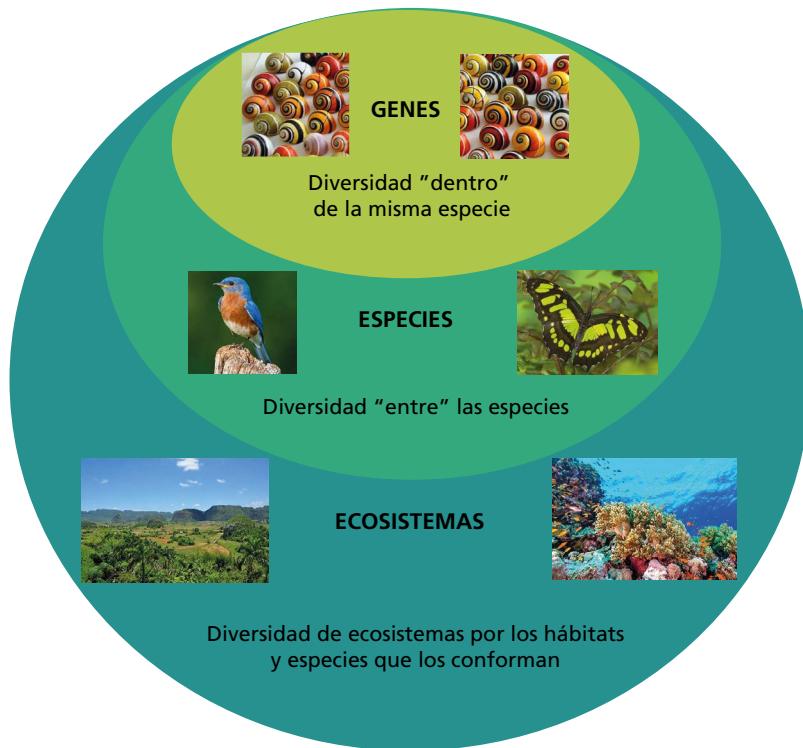


Fig. 5.3 Niveles de la biodiversidad

Aunque los individuos de una especie tienen semejanzas esenciales entre sí, genéticamente son diferentes; esto da origen a distintas subespecies, variedades y razas dentro de la especie (figura 5.4).

La biodiversidad genética o diversidad intraespecífica consiste en la diversidad de versiones de los genes alelos, y de su distribución en la población. Esta es la base de las variaciones interindividuales, es decir, de la variedad de los genotipos.



Fig. 5.4 Diversidad morfológica de los frutos de la calabaza (*Cucurbita maxima*)

La importancia de la diversidad genética radica en que mantiene un reservorio de variabilidad que permite generar respuestas adaptativas ante cambios en el medio ambiente, contribuyendo a la supervivencia de la especie. Cuando la población disminuye sustancialmente produciéndose los llamados “cuellos de botella”, la diversidad genética se reduce, lo que puede traer como consecuencia la desaparición de la población y hasta de la especie, pues aumentan las probabilidades de cruzamientos consanguíneos, y con ello la homocigosis.

Las especies con poca diversidad genética son más vulnerables frente a los cambios ambientales: a mayor diversidad genética, mayores probabilidades de sobrevivir a cambios en el medio ambiente.



Recuerda que ...

En condiciones naturales, las nuevas variaciones genéticas provienen de mutaciones de los genes, los cromosomas y genomas de individuos, y en organismos con la posibilidad de reproducción sexual pueden esparcirse a la población por medio de la recombinación. La utilización de métodos de mutagénesis, selección y cruzamiento, o de las biotecnologías, ha posibilitado obtener variaciones genéticas artificialmente.

La frecuencia de genes dentro de la población total es la resultante de la selección natural, y a la vez determinante en la evolución de la población.

En resumen, la importancia de la variación genética radica en que permite los cambios evolutivos sobre la base de una reproducción selectiva.

En la actualidad también se considera la epigenética como fuente de variación.

En la diversidad genética se distinguen dos tipos: la silvestre y la cultivada. En la primera, las poblaciones naturales poseen un alto grado de diversidad genética, favorecido por la condición silvestre de maduración de los individuos femeninos y masculinos. Las diversas especies silvestres ancestrales constituyen un acervo o reservorio genético, con gran diversidad que se manifiesta mediante la hibridación.

La diversidad genética cultivada es el resultado de una domesticación enriquecedora de las distintas especies y sus hibridaciones; por ejemplo: en América, el maíz, la papa y el tomate, constituyen productos de una domesticación precolombina que buscó luchar contra plagas, y enriquecer la dieta a partir de unas pocas especies de plantas.



Reflexiona

En el artículo 15 del Convenio de Diversidad Biológica de 1992 se reconoce el derecho soberano de los estados sobre sus recursos naturales, y la facultad de los gobiernos para regular el acceso a los recursos genéticos del país a partir de sus leyes.

Es de suma importancia mantener la diversidad genética silvestre de las especies de las que se obtienen razas y variedades, para asegurar su existencia y el desempeño adecuado de la domesticación; de ahí la importancia de conservar los recursos de la biodiversidad por diferentes vías como los bancos de semillas, las colecciones de germoplasma, el almacenamiento de embriones, óvulos y esperma, y las áreas protegidas, entre otras.



De la historia

Desde el triunfo revolucionario en 1959, el Gobierno cubano ha procurado proteger sus recursos genéticos. En el país existen importantes bancos de genes para diferentes cultivos: viandas tropicales, hortalizas, granos, frutales, pastos y forrajes (figura 5.5),

que constituyen referencia a nivel regional e internacional, también para diferentes especies de animales. Se unen a esto las potencialidades del capital humano y el prestigio alcanzado por los centros de investigación.



Fig. 5.5 Banco de germoplasma cubano del género *Nicotiana*

Aplicación práctica

El potencial de la diversidad genética es importante por ser la fuente fundamental de la industria biotecnológica para la identificación de genes de interés, en la elaboración de bioproductos, por ejemplo en la producción de biomedicamentos y en la industria agroalimentaria. Su empleo se materializa con la producción mediante las técnicas de recombinación genética, y otras como fermentaciones e ingeniería enzimática, en procesos de bioprospección minera y en la **biorremediación**.

La diversidad genética es de gran interés en el desarrollo de una agricultura sostenible por su empleo en la producción de biofertilizantes y en el control biológico de plagas, permitiendo reducir el uso de productos químicos contaminantes.

Los altos niveles de variación genética existentes dentro de muchas especies arbóreas, pueden ser aprovechados y utilizados beneficiosamente por los forestales para proporcionar mejores bienes y servicios.

La diversidad de especies o biodiversidad específica, entendida como diversidad sistemática (figura. 5.6), está dada por la pluralidad de los sistemas genéticos o genomas que hacen que existan diferencias entre las especies.

**a****b**

Fig. 5.6 Diversidad de especies de peces del género *Girardinus*:
a) *G. falcatus*, b) *G. metallicus*

La diversidad de especies se refiere esencialmente al número de especies diferentes, presentes en un área determinada: ecosistema, paisaje, región, continente, entre otros.

En la investigación científica de la biodiversidad en el nivel de especie, se hace necesario estudiar su ecología, los factores ambientales que inciden en su desarrollo, realizar inventarios, monitoreo y estudios biogeográficos de distribución espacial, etcétera. De esta manera es posible determinar su distribución, abundancia, función ecológica, así como factores naturales y antrópicos que los regulan.

En la práctica se han establecido indicadores como la riqueza, determinada por el número de especies de una región y su abundancia relativa, o la diversidad taxonómica, entendida como el número de taxones diferentes existentes en una región.

Estos estudios tienen como fin el diseño de estrategias de manejo, adecuadas para la protección de las especies amenazadas, el uso sostenible de las especies comercializables, y la conservación de la biodiversidad óptima en cada ecosistema.

Para estudiar la diversidad de ecosistemas es necesario delimitar las comunidades y ecosistemas que forman parte del paisaje que se va a analizar, aspecto muy complejo pues en la realidad estos límites no están bien definidos. Además, debe tenerse presente la escala espacio-temporal que se utiliza: un ecosistema puede ser un charco que solo dura unos

CAPÍTULO 5

pocos meses, o todo un bosque de pinos que tiene más de 200 años de existencia.

Según el grado de actividad humana realizada en ellos se pueden distinguir cuatro tipos de ecosistemas: naturales, modificados, cultivados y construidos.

Los ecosistemas naturales tienen poca o nula influencia humana, en ellos predominan las condiciones naturales de la vida salvaje. En la actualidad solo los podemos encontrar en los bosques naturales y en los fondos marinos.

Los ecosistemas modificados son aquellos en los que se evidencia influencia humana de moderada a intensa, como los existentes en un bosque en explotación forestal, o en la plataforma marina de los continentes e islas donde se realiza la actividad de pesca.

Los ecosistemas cultivados y construidos se encuentran totalmente controlados por la actividad humana, los primeros con fines de explotación productiva —como los campos de arroz o de caña—, y los segundos en los casos de ciudades, pueblos, campos mineros, entre otros.

La diversidad en las especies es un reflejo de la diversidad de los ecosistemas, por lo que podemos plantear que no se puede mantener la primera sin la segunda; de hecho, la destrucción de ecosistemas es la causa principal de la acelerada extinción de especies de los últimos siglos.

Entre los diferentes niveles de la biodiversidad existe una estrecha interrelación e interdependencia, lo que también es una muestra de integridad biótica. Las afectaciones de la variabilidad genética de una especie, no solo influyen en sus posibilidades de adaptación ante los cambios ambientales, sino que afecta tanto la diversidad específica como la ecosistémica. Por otro lado, atendiendo a que en los ecosistemas existen comunidades de poblaciones coadaptadas, una afectación en cualquier componente de estos (biótico o abiótico) puede ocasionar cambios en las poblaciones de diferentes especies y afectar su diversidad intrínseca, que es la genética.

La diversidad de genes, especies, ecosistemas y paisajes es parte del patrimonio natural de un país. Los estudiosos del tema insisten en la protección de la biodiversidad cubana, tanto como bien patrimonial como por los bienes y servicios que brinda desde diferentes esferas relacionadas con el desarrollo sostenible. Si realizas un análisis detallado del esquema 5.1 podrás encontrar la información necesaria para que comprendas el significado, aportes e interrelación de la biodiversidad, con las diferentes esferas del desarrollo y el bienestar humano.

Esquema 5.1 Bienes y servicios brindados por la biodiversidad



¿Sabías que...?

Al igual que otros aspectos de la biodiversidad, la diversidad cultural ayuda a las personas a adaptarse a las variaciones del entorno; esta se manifiesta por las diferencias del lenguaje, las creencias religiosas, las prácticas del manejo de la tierra, el arte, la música, la estructura social, la selección de los cultivos, la dieta y otros atributos de la sociedad humana.

5.1.2 ¿Cómo se manifiesta la diversidad y el estado de conservación de paisajes, ecosistemas y especies, en nuestro país?

Al este de la Cordillera de Guaniguanico se localiza la Sierra del Rosario, paisaje en el que abundan los bosques tropicales como el siempreverde que es la formación más extendida, con árboles de hasta 40 m de altura, y el semideciduo. También se observan pinares, cuabales —vegetación sobre

CAPÍTULO 5

rocas de serpentinas— y vegetación de mogotes; todas estas caracterizan la vegetación de Pinar del Río (figura 5.7).



a



b



c

Fig. 5.7 Formaciones vegetales presentes en Pinar del Río:
a) vegetación de mogotes, b) pinar y c) cuabal.

La cobertura vegetal permite el desarrollo y la conservación de mamíferos como la jutía conga (*Capromys pilorides*), la carabalí (*Mysateles prehensilis*) y cinco especies de murciélagos. Además, encontramos abundantes especies de aves, algunas endémicas de esta zona como la Chillina (*Teretistis fernandinae*) y el Tocororo (*Priotelus temnurus*), ave nacional. Existen también anfibios y reptiles, como el chipojo de la Sierra de los Órganos (*Anolis luteogulariss* sp.) y el lagarto de agua o lagarto caimán (*Anolis vermiculatus*). Una de las ranitas más pequeñas del mundo, la *Eleutherodactylus limbatus* es típica también de esa región. Estos ejemplos demuestran la riqueza de la biodiversidad de especies de estos ecosistemas. La figura 5.8 muestra algunas especies representativas de los ecosistemas de la Cordillera de Guaniguanico.



Fig. 5.8 Especies representativas. De izquierda a derecha: jutía, Tocororo y majá de Santamaría



Reflexiona

- ¿La gran diversidad observada en la Sierra del Rosario se aprecia en todos los paisajes de nuestro archipiélago? ¿Por qué?
- ¿Qué importancia tiene el estudio científico de la biodiversidad?
- ¿Cuál es el estado de conservación actual de la biodiversidad cubana?
- ¿Por qué existe una estrecha relación entre los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), el manejo de la biodiversidad y el desarrollo de nuestro país?

La riqueza de nuestra diversidad se debe entre otras razones, a nuestra condición de archipiélago. Los factores relacionados con el sustrato, el aislamiento geográfico de las especies, vinculados al propio proceso de formación del archipiélago y por supuesto a la diversidad genética, han propiciado a lo largo del tiempo, la gran biodiversidad que nos caracteriza.

El valor de la biodiversidad cubana se manifiesta en todos los niveles y se expresa en la belleza de sus paisajes. Algunos ejemplos de ello son el Valle de Viñales en Pinar del Río (figura 5.9), el Valle de los Ingenios en Trinidad, provincia Sancti Spíritus, y el que puede apreciarse desde las orillas del río Toa en Baracoa (figura 5.10).



Recuerda que ...

Los paisajes son sistemas espaciales conformados por un conjunto de ecosistemas con elementos naturales y antropogénicos, que mantienen una mutua interrelación.

CAPÍTULO 5



Fig. 5.9 Valle de Viñales, provincia Pinar del Río



Fig. 5.10 Paisaje a orillas del río Toa

En los paisajes habitan disímiles especies, constituyendo poblaciones típicas de los ecosistemas que los conforman. Así, algunos paisajes terrestres cubanos se distinguen por la gran diversidad de especies como la mariposa, el Tocororo, y la palma real, todos de gran significado para nuestra identidad nacional.



Saber más

El enfoque de paisaje permite manejar de manera práctica e integral los hábitats de un área geográfica heterogénea, compuesta por agrupamientos de ecosistemas interrelacionados, naturales o intervenidos por el ser humano. Este concepto implica la aceptación intrínseca del ser humano y su sistema socioeconómico como componente del paisaje.

De forma particular en los paisajes de Guantánamo, y de forma especial en ecosistemas de Baracoa, se encuentran especies únicas como las polimitas. En Pelo Malo, provincia de Villa Clara, se localiza una especie de cactus exclusivo del área.

Lo sorprendente de la biodiversidad cubana no lo constituye la presencia de ejemplares únicos, muchos de ellos en riesgo por su alta vulnerabilidad, sino la gran variabilidad de ecosistemas y especies presentes en los paisajes, particularmente los montañosos.

Ya conoces que los organismos que existen en la naturaleza dependen unos de otros, así como de los factores abióticos y de las peculiaridades del medio físico en el que se asientan, constituyendo los ecosistemas que existen en nuestro planeta.



Recuerda que ...

El ecosistema es un sistema natural vivo, formado por un conjunto de poblaciones de organismos de diferentes especies que interactúan entre sí y con los factores abióticos del medio ambiente donde se encuentran, se distinguen unos de otros por especies determinadas, y se mantienen en equilibrio ecológico debido a que cada especie posee adaptaciones específicas, por lo que utilizan recursos diferentes. Los organismos que constituyen el ecosistema conforman redes tróficas o alimentarias, que junto a otras relaciones de dependencia entre las diferentes poblaciones con los factores abióticos, conforman relaciones complejas que hacen del ecosistema una unidad ecológica funcional.

Conocer el funcionamiento de los ecosistemas, la forma de protegerlos, conservarlos y usarlos de manera sostenible, constituye un gran reto para cualquier nación y más para los países en vías de desarrollo, por lo que resulta de gran importancia su estudio, ya que de su adecuado funcionamiento depende la integridad de la naturaleza.



¿Sabías que...?

La vulnerabilidad de los ecosistemas está dada por la propensión a sufrir afectaciones negativas a consecuencia de cualquiera de los problemas ambientales, y de eventos peligrosos ocasionados por

fenómenos naturales o por el cambio climático. Estos eventos provocan graves daños en el estado de los ecosistemas, cuando son vulnerables y no existen acciones que generen su capacidad de adaptación.

Entre el estado de conservación de los ecosistemas y el desarrollo de las especies que en ellos habitan existe una estrecha interrelación. La reducción del área de distribución de algunas especies y la disminución de su salud, son el resultado de las afectaciones a los ecosistemas.

Es por eso que de acuerdo con el Convenio de Diversidad Biológica, debe asumirse el enfoque por ecosistemas. Este se basa en la aplicación de metodologías científicas centradas en los niveles bióticos de organización, en el espacio que ocupa el ecosistema objeto de protección, las cuales tienen en cuenta la estructura, procesos, funciones e interacciones entre los organismos y su medio ambiente.

¿Sabías que...?

En el enfoque por ecosistemas se reconoce que los seres humanos con su diversidad cultural, constituyen un componente integral de muchos de estos.

Por otro lado, la ecología de paisaje realiza investigaciones acerca de la composición, estructura y dinámica de los mosaicos espaciales, así como de sus causas y consecuencias ambientales.

Nuestro país, en su condición de archipiélago formado por un mosaico de ecosistemas fragmentados, cuenta con algunos considerados emblemáticos tanto por su importancia para la conservación de la biodiversidad, como por los servicios que brindan. A continuación te presentamos sus características más importantes y la valoración de su estado de conservación.

Ecosistemas marinos y costeros

Aunque los ecosistemas más conocidos son las playas —que ocupan alrededor del 30 % de las costas— se distinguen otros por su relevancia, como los humedales interiores y costeros, y la cayería, en la que se incluyen importantes extensiones de manglar.

Los ecosistemas marinos y costeros dan a nuestro país un significativo aporte económico. El turismo de sol y playa, una de las principales vías

de ingreso de divisas al país, se sostiene por el esfuerzo conservacionista que se realiza y los recursos que se invierten en el mantenimiento y restauración de los arrecifes coralinos, pastos, manglares y playas. También resultan importantes desde el punto de vista económico, político y social, los paisajes aun bien conservados de nuestras costas y fondos marinos.

El origen de las playas es variado según sea la fuente que aporta la arena. Estas acumulaciones son frágiles, y aunque en muchos casos su erosión acelerada se debe al mal manejo, también se produce erosión por otras causas como la elevación del nivel del mar y el impacto de los huracanes, este último intensificado por el efecto del cambio climático.

Estos ecosistemas no se caracterizan por una elevada biodiversidad, sin embargo, en ellos habitan numerosos invertebrados que se ocultan en la arena o se relacionan con esta por otros mecanismos.

¿Sabías que...?

El origen de las arenas de las playas es fundamentalmente biogénico, ya que están formadas por restos de algas calcáreas, conchas de moluscos y corales.

Estudios realizados en las playas (figura 5.11) demuestran que la perdida de arena —elemento que tipifica este ecosistema— por el incremento del nivel del mar hace que se pierda también el lugar de nidificación de la tortuga verde, lo cual influye significativamente en la densidad poblacional de esta especie, que en su etapa reproductiva anida en la playa en que nació.



Fig. 5.11 Playa Pilar en Cayo Guillermo

CAPÍTULO 5

La conservación de este ecosistema depende de la protección de los ejemplares productores de arena como los corales, las algas calcáreas, los moluscos, los equinodermos, los poliquetos, entre otros, que habitan en los arrecifes y en los pastos marinos.

En las playas, las principales afectaciones ambientales han sido provocadas por el inadecuado uso de la zona costera: construcciones en las dunas, deforestación y construcción de viales sobre la misma línea de costa, así como siembra de especies como las casuarinas y otras, no compatibles con este frágil ecosistema. Estas afectaciones influyen negativamente en la función protectora de las dunas contra la penetración del mar, sobre todo cuando ocurren eventos meteorológicos extremos.

Los humedales son de importancia nacional y regional por ser zonas de tránsito en las rutas de aves migratorias del continente americano y sobre todo de la región caribeña, así como de otras especies migratorias que evidencian la interconectividad entre todos los ecosistemas y la importancia del uso sostenible de estos para Cuba y el mundo.

En el archipiélago cubano los humedales ocupan un lugar destacado por su cantidad y diversidad de tipos. Los humedales interiores son los ecosistemas cubanos de los que menos se ha documentado acerca de su extensión, diversidad biológica y funcionamiento, aunque están identificados como hábitats diversos, complejos, productivos y muy vulnerables (figura 5.12).



Fig. 5.12 Humedal de la Ciénaga de Zapata

El humedal de la Ciénaga de Zapata, de gran interés turístico, es el mayor y más importante de Cuba y el Caribe Insular, por lo que ha sido reconocido como uno de los sistemas de ciénagas más grandes del mundo. En él destaca la complejidad de 37 tipos de paisajes con 1 370 taxones vegetales —por debajo de la categoría de género— incluidos en 708 géneros y 155 familias, con un endemismo del 11 %, alto para Cuba y para el Caribe.

La Ciénaga de Zapata fue declarada como Reserva de la Biosfera en el año 2000 y sitio Ramsar en el 2001. Además del área que podría perderse por la elevación del nivel del mar, como ocurriría en otros humedales, se han identificado ocho especies de plantas invasoras con alta incidencia y agresividad en los ecosistemas del territorio: cayepút (*Melaleuca quinquenervia*), marabú (*Dichrostachys cinerea*), aroma (*Acacia farnesiana*), casuarina (*Casuarina equisetifolia*), weyler (*Mimosa pigra*), miriofilum (*Myriophyllum pinnatum*), ipil-ipil (*Leucaena leucocephala*) y lengua de vaca (*Oeceoclades maculata*).

Entre los animales, la claria (*Clarias gariepinus*) —especie muy voraz introducida en Cuba como fuente de alimento— al escapar del control adecuado está afectando a especies endémicas, entre ellas el manjuarí (*Atractosteus tristoechus*), la Ferminia (*Ferminia cerverai*), el Cabrerito (*Torreonnis inexpectata*) de la Ciénaga y la Gallinuela de Santo Tomás (*Cyanolimnas cerverai*), entre otras.

Varios son los humedales en Cuba que han sido declarados sitios Ramsar (figura 5.13) con el objetivo de proteger las aves migratorias, lo que evidencia la importancia del país para la protección de la biodiversidad más allá de nuestras fronteras.



Fig. 5.13 Sitios Ramsar declarados en el territorio cubano

¿Sabías que...?

Un sitio Ramsar se refiere a determinadas áreas en las que por sus funciones ecológicas e importancia económica, científica y cultural, se trabaja en la conservación y uso racional con un enfoque internacional integrado. Entre ellos se encuentran lagos, ríos, aguas costeras y otros hábitats incluidos dentro del concepto de humedales. Este término se adoptó en la Convención sobre Humedales celebrada en 1971 en la ciudad iraní de Ramsar, y entró en vigor el 21 de diciembre de 1975.

Los arrecifes coralinos son ecosistemas formados por la actividad de organismos fijados al fondo, que forman esqueletos pétreos de carbonato de calcio principalmente (figura 5.14). Por lo tanto, son considerados estructuras geológicas de origen biológico y con formas variadas que cubren la matriz rocosa de algunos fondos marinos tropicales y subtropicales.



Fig. 5.14 Arrecife coralino cubano

Estos se desarrollan en los mares tropicales bajo condiciones ambientales relativamente estables de temperatura, iluminación, salinidad, baja presencia de materia orgánica en suspensión, y con una fuerte circulación y oxigenación del agua. Por lo tanto, pueden verse seriamente afectados por la contaminación y el cambio climático.

Los arrecifes tienen un gran valor intrínseco por su carácter único, ya que a pesar de su limitada extensión, poseen la mayor diversidad entre los ecosistemas de los océanos. Su valor ecológico se sustenta en que representan el área vital de refugio, alimentación y reproducción de gran cantidad de especies de organismos sésiles: gorgonias, esponjas, algas, y anélidos poliquetos; en ellos también abundan organismos móviles como

crustáceos, equinodermos, moluscos marinos y peces. Tienen también gran importancia para la pesca, pues aunque muchas especies son capturadas en otras áreas de los mares, la mayoría en algún momento de su desarrollo presenta algún vínculo con los arrecifes.

Estos brindan una efectiva protección a las costas contra la erosión que produce el oleaje, y constituyen la primera barrera de protección de las costas ante eventos extremos ocasionados por el cambio climático. La arena de la cual se nutren las playas y parte de la que se usa en las construcciones, es fabricada por los organismos que habitan en los arrecifes. Por su extraordinaria belleza son una importante atracción para el turismo, por lo que su conservación tiene repercusión en el desarrollo económico del país.



¿Sabías que...?

Cuba posee uno de los ecosistemas de arrecifes coralinos más extensos del Atlántico occidental; el 98 % del borde de los aproximadamente 3 200 km² de plataforma marina de nuestro país está orlado por arrecifes, y sobre la misma plataforma se encuentran también arrecifes de parche y cabezos.

El archipiélago Sabana-Camagüey alberga una de las barreras de coral más importantes a escala mundial.

En el Golfo de Guacanayabo existen singulares bancos arrecifales de plataforma, constituidos por densos enrejados de corales de distintos géneros.

Desde finales de los años ochenta los arrecifes coralinos cubanos están sufriendo un continuo deterioro; en el Informe al Convenio de Diversidad Biológica del 2019 se reportó algún grado de afectación en el 90 % de estos. Entre las causas que afectan su estado de conservación podemos citar la sedimentación provocada por la erosión y la contaminación, el empleo de artes de pesca nocivos, y el blanqueamiento o mortandad de los corales pétreos como efecto del incremento de la temperatura del agua, resultado del cambio climático. La sobrepesca de peces herbívoros también afecta el equilibrio de estos ecosistemas.

Entre los arrecifes y la costa de la isla principal, conjuntamente con las costas de los miles de cayos que conforman nuestro archipiélago, se encuentra el ecosistema de pastos marinos (figura 5.15), ocupando más de la mitad de los fondos de la plataforma insular cubana, donde predominan

CAPÍTULO 5

las plantas angiospermas marinas. Este ecosistema tiene gran importancia como protector de la zona costera, es hábitat de especies como las estrellas de mar, entre otros equinodermos, y fuente de alimento. Estudios recientes demuestran también su importancia en el ciclo del carbono en Cuba.



Fig. 5.15 Ecosistema cubano de pastos marinos

Los pastos marinos son de gran importancia porque preservan a las costas de la erosión, amortiguando la energía del oleaje; retienen partículas suspendidas en el agua dando protección a los arrecifes y, entre otras funciones, disminuyen la acidificación de las aguas, contribuyendo así a la resiliencia de los ecosistemas. Estos últimos actúan como estabilizadores del fondo marino; publicaciones de Naciones Unidas refieren que pueden capturar el 10 % del carbono almacenado por los océanos y absorber de forma rápida el atmosférico.

Algunas especies que se encuentran en los pastos marinos, como el manatí (*Trichechus manatus*) y la tortuga verde (*Chelonia mydas*) tienen importancia conservacionista, otras son de interés comercial como las langostas, los peces y los camarones.



Saber más

Los ecosistemas de pastos marinos son conocidos en Cuba como seibadales, ya que la principal especie de yerba marina es la llamada seiba o yerba de tortugas. Entre las macroalgas marinas que se localizan en los pastos marinos no se encuentran especies endémicas cubanas, pues la distribución de estas es a nivel regional, del Caribe y del Golfo de México.

El 1.^º de marzo se celebra el Día Mundial de los Pastos Marinos.

En Cuba los pastos y los manglares asimilan aproximadamente el 40 % del dióxido de carbono que se emite a la atmósfera, de ahí la importancia de estos ecosistemas que contribuyen a la disminución de la concentración de este gas. Además, intervienen en la regulación del clima global al producir dioxígeno.

Desde la década de los 80 del pasado siglo, las praderas marinas del planeta, como también se les conoce, han disminuido parcialmente su extensión en algunas regiones.

Entre las principales causas del declive de los pastos marinos se destacan las perturbaciones climáticas, geológicas, bióticas, y el deterioro de las zonas costeras, derivado de la actividad humana. Un ejemplo de ello es la erosión que sufren por el oleaje que acompaña a las tormentas o huracanes, y por las inundaciones que arrastran agua dulce con gran cantidad de sedimentos, provocando cambios bruscos en la salinidad y disminución de la disponibilidad de luz con la que realizan la fotosíntesis. También se han observado variaciones debido al incremento de la temperatura superficial del agua, del nivel medio del mar, y de la acidificación de estas aguas.

Los manglares ocupan el 5,1 % del territorio nacional y están presentes en más del 50 % de las costas, representando el 26 % de la superficie boscosa del país; son ecosistemas de un alto valor intrínseco. El manglar forma parte de los humedales (figura 5.16) y es también nuestra frontera natural por excelencia, hábitat de un sinnúmero de especies marinas en sus primeros estadios de vida y refugio de aves.

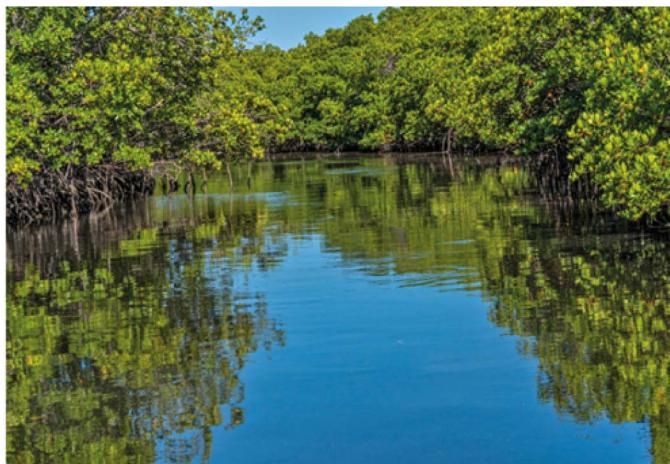


Fig. 5.16 Presencia de manglares en un humedal cubano

CAPÍTULO 5

Las raíces sumergidas de los manglares sirven de sustrato y refugio de numerosos invertebrados y peces en las etapas juveniles. Entre los primeros prevalecen los crustáceos; las esponjas, que son hospederos numerosos organismos; los moluscos, algunos de ellos de interés comercial como el ostión; las ascidias, de importancia en la producción de medicamentos; los celenterados; las algas epíticas y muchas especies de peces que en su mayoría son objeto de las pesquerías que se realizan en otros hábitats.

Estos ecosistemas aportan energía al hábitat acuático mediante sus hojas, ramas y raíces, las cuales pasan a formar parte del detrito acumulado en los sedimentos. Preservan las costas y otros hábitats de la plataforma de la erosión que provoca el oleaje, los vientos y las corrientes costeras; filtran los contaminantes y evitan que lleguen a los arrecifes coralinos.

Los manglares son ejemplos de bosques adaptados a la salinidad, que constituyen una formación con muchos recursos naturales, tanto por sus productos forestales (leña y carbón), como por los no maderables como el tanino, que es una sustancia producida por el mangle rojo utilizada en la industria de las pieles. También estos ecosistemas son importantes por su alta productividad en la producción apícola. Por todas las razones descritas podemos concluir que los servicios ecosistémicos que proporcionan los manglares justifican la prioridad de las acciones para su protección y conservación.



De la historia

Desde el siglo xix, los emigrantes españoles explotaban los bosques de yanales (*Conocarpus erecta*) y más tarde esta práctica fue continuada por los habitantes de las zonas costeras. Se sabe que las zonas de manglares han sido utilizadas históricamente para la pesca de ostiones, camarones y peces de escamas, la captura de cocodrilos para la venta de sus pieles y en menor grado, para la producción de miel de abeja.

Como se ha explicado, constituyen la primera barrera frente a las penetraciones del mar y el efecto del cambio climático; sin embargo, el 25 % ha sido evaluado con una salud baja, lo que debe constituir un importante indicador para la implementación de planes y acciones de restauración ecológica, como una medida de adaptación al cambio climático.

En la estructura de los manglares incide mucho la acción de los huracanes y tormentas tropicales que afectan a nuestro territorio. Aproximadamente el 30 % de estos están siendo afectados por el incremento de la salinidad y la disminución de los nutrientes resultados del represamiento, la contaminación y deforestación, la acción abrasiva del mar sobre las costas, la acumulación de arena sobre las raíces, la disminución de las precipitaciones y los huracanes, entre otras causas.

Aplicación práctica

Con el estudio de los ecosistemas marinos se evidencia la necesidad de protegerlos, debido a la relación que existe entre ellos:

- Muchas especies de peces de los arrecifes en la etapa juvenil, encuentran protección entre las raíces de los manglares y alimento en los seibadales.
- Los arrecifes constituyen la primera barrera protectora de nuestro archipiélago ante los huracanes, ya que aminoran el impacto de las grandes olas, a lo que también contribuyen los seibadales por la fricción que produce el agua en ellos. Luego los bosques de mangle disminuyen aún más la fuerza de los vientos y la penetración del mar, y la entrada de la cuña salina en épocas de sequía.
- De manera inversa, cuando ocurren fuertes lluvias las lagunas costeras situadas ante los manglares y los manglares, aminoran la contaminación de los mares, con los sedimentos que arrastra el agua. En lugares donde esto no ocurre, la turbidez del agua afecta la fotosíntesis de los pastos marinos y pueden proliferar mayor número de algas en los arrecifes, limitando el desarrollo de estos ecosistemas.

Ecosistemas terrestres

Los bosques cubren 1/3 de la superficie de la Tierra y se estima que contienen las 2/3 partes de todas las especies terrestres conocidas. Los ecosistemas forestales también proporcionan una amplia gama de bienes y servicios.

En los últimos 8 000 años, alrededor del 45 % de la cubierta original de los bosques de la Tierra se ha modificado; la mayor parte a causa del desbroce durante el siglo pasado.

En Cuba existen distintos tipos de formaciones vegetales boscosas: pluvisilva, bosque nublado, siempreverde, semideciduo, de ciénaga, de galería o ribereño, de mangle, pinares, entre otros (figura 5.17). En estos

CAPÍTULO 5

hay un predominio de árboles, arbustos y herbáceas, que generalmente exhiben una alta diversidad de flora y fauna con elevado endemismo.

Los bosques pueden alcanzar alturas variables, sus recursos forestales y faunísticos son verdaderos y valiosos sitios de patrimonio natural. Los podemos encontrar en las Sierras Maestra, de Imías, del Escambray, de Nipe y la de Cristal; en Cuchillas de Moa, Toa y Baracoa; en los pinares de Mayarí; en zonas costeras, a orillas de ríos y arroyos.



a



b



c



d

Fig. 5.17 Algunas formaciones vegetales boscosas cubanas: a) bosque nublado, b) bosque siempreverde, c) pluvisilva, d) bosque de galería



Saber más

Los bosques son los refugios más importantes de la biodiversidad terrestre, proporcionan una amplia variedad de productos y servicios a la población de todo el mundo. Los árboles y las otras

plantas leñosas del bosque han desarrollado mecanismos complejos para mantener altos los niveles de diversidad genética de gran importancia, pues permite a árboles y arbustos reaccionar frente a plagas, enfermedades y el cambio climático; también proporciona los elementos básicos para la evolución futura, la selección y el uso humano en el mejoramiento genético, además sostiene valores estéticos, éticos y espirituales de los seres humanos.

En muchas regiones costeras del país abundan los matorrales xeromorfos costeros y subcosteros, conocidos como manigua costera. Estos presentan arbustos y árboles emergentes achaparrados, con especies espinosas (figura 5.18). A veces toman el aspecto de bosques arbustosos, con presencia de suculentas, palmas, herbáceas y lianas.



Fig. 5.18 Matorral xeromorfo costero de Pinar del Río

En regiones con suelo de serpentina se desarrollan también matorrales xeromorfos conocidos como cuabales, con abundancia de palmas, plantas epífitas y lianas, que forman una densa maraña en la que sobresalen árboles de 4 a 6 m de altura. Se destacan por el alto endemismo de su flora.

El conocido como charrascal es otro matorral xeromorfo formado por un estrato denso de arbustos de 4 a 6 m y plantas emergentes de 7 a 10 m. Se localiza en llanuras, colinas y montañas.



Saber más

Las características propias de los ecosistemas de montaña y la compleja evolución geológica de estas regiones en el país, han proporcionado una gran variedad de substratos geológicos que condicionan la notable diferenciación paisajística de estos territorios. Una característica esencial de los ecosistemas de montaña cubanos, es que estos territorios son los que mayor tiempo han permanecido emergidos durante su transformación, lo que ha favorecido una evolución más prolongada de su biota. Por esta razón las montañas de Cuba —particularmente las orientales— están consideradas entre los centros de evolución, dispersión y endemismo más importantes de las Antillas.

Extensos territorios de bosques han sido modificados por la utilización de los recursos forestales, entre ellas valiosas especies maderables.

El área cubierta por los bosques cubanos tiene una tendencia ascendente en su crecimiento como resultado de los esfuerzos en la conservación y la reforestación, lo cual se refleja en el 31,23 % de boscosidad alcanzado, según lo reportado en el informe del 2018 al Convenio de Diversidad Biológica. También se evidencia una tendencia creciente de bosques productores, protectores y de conservación, categorías de uso en el patrimonio forestal. En esa fecha se reportaban 10 cuencas de interés nacional con índices de boscosidad mayores a la media nacional. Entre ellas se encontraban las cuencas de los ríos Cuyaguateje, Almendares, Ariguanabo, Zaza, Cauto y Mayarí, entre otras.

A pesar de los esfuerzos realizados y previstos en las diferentes etapas de la Estrategia Nacional Ambiental, el estado de los bosques cubanos aún no es favorable, lo que se manifiesta entre otros aspectos, por la baja densidad de especies de madera valiosa, el predominio de clases de diámetro inferior al deseado, la escasez de árboles maduros y un crecimiento notablemente bajo.

Las causas son numerosas, entre ellas se encuentran el hecho de que en los planes de reforestación no siempre se logra el equilibrio entre especies

forestales autóctonas e introducidas, en ocasiones en estos planes se ha empleado una sola especie y a veces han sido arbóreas exóticas, especialmente en cuencas hidrográficas. El establecimiento de franjas forestales hidrorreguladoras en presas, micropresas, ríos y arroyos, no responde en cantidad ni calidad a las necesidades de protección de estos cuerpos de agua. Los incendios forestales, los rayos, las talas ilícitas y la invasión de especies exóticas, son problemas que también afectan el estado de conservación de los bosques.

Dentro de los ecosistemas terrestres, las sabanas ocupan aproximadamente las 2/3 partes del territorio cubano (figura 5.19); se encuentran distribuidas por las llanuras y alturas colinosas de todo el país. Pueden ser naturales o de origen antrópico, aunque aún prevalece el debate científico en relación a esta afirmación. Se plantea que las sabanas naturales están determinadas por el tipo de suelo, y que las de origen antrópico son regiones donde existían bosques que fueron talados por la actividad humana, ya sea con fines agrícolas, de desarrollo ganadero, u otros objetivos.



Fig. 5.19 Ecosistema de sabana, provincia Matanzas

Las sabanas se caracterizan por estar constituidas por comunidades herbáceas, con árboles y arbustos dispersos. Se observa la presencia de palmas y plantas trepadoras, y en general por especies que presentan una alta demanda de iluminación.

Las llamadas sabanas de arenas blancas de Pinar del Río e Isla de la Juventud, son ecosistemas únicos por su estructura y por la elevada presencia de ejemplares endémicos de la flora y la fauna. Sus características

CAPÍTULO 5

climáticas extremas condicionan la presencia de especies endémicas en paisajes de gran fragilidad, lo que le aporta interés conservacionista.

Un problema que afecta en la actualidad el estado de conservación de las sabanas es la presencia de especies exóticas invasoras como el marabú (*Dichrostachys cinerea*), que también afecta a otros ecosistemas. Esta planta se ha propagado por nuestras sabanas ocasionando que muchas tierras queden parcialmente inutilizables. Resultan de gran importancia las acciones que incluyen la recuperación de terrenos, y la producción de carbón vegetal para el mercado internacional a partir de esta planta.

La generalización y expansión de los agroecosistemas en el mundo ha tenido un gran impacto, fundamentalmente en la partición de los hábitats naturales en un primer momento y el consecuente aislamiento por fragmentación.

Es indispensable asumir un enfoque de ecosistema sostenible que minimice el impacto de las transformaciones en los cultivos, mediante la aplicación de la agricultura orgánica y el uso de medios bióticos para combatir plagas, entre otras técnicas que tengan en cuenta las interrelaciones entre los diferentes componentes de los ecosistemas.

Por ejemplo, el café es un cultivo que suele sembrarse en zonas montañosas por lo que se integra con especies forestales. Teniendo en cuenta esto se estudian todas las interrelaciones existentes, lo que permite mayor productividad con menor daño al medio ambiente.

Los problemas ambientales también afectan el estado de conservación de los agroecosistemas. En el referido informe se reporta que en Cuba, el 76 % de todas las áreas agrícolas se desarrollan en suelos poco productivos, el 14,9 % están afectados por la salinidad o sodicidad y el 70 % tienen bajo contenido de materia orgánica. También se observan problemas derivados del impacto del cambio climático, como la tendencia a la disminución de las precipitaciones, la elevación de las temperaturas, con reducción del rango entre las diurnas y las nocturnas, así como la aparición de plagas y enfermedades con alta letalidad y virulencia, que se suman a las que han sido consecuencia de la guerra biológica contra Cuba.

¿Sabías que...?

La formación de un par de centímetros de la capa superficial del suelo puede tardar más de 1 000 años; sin embargo, esa misma cantidad de tierra puede ser erosionada por un solo aguacero.

Existen sabanas que se desarrollan en llanuras medianamente húmedas, se distinguen por su amplia distribución y poseen un régimen climático estacional. Las regiones de sabana de mayor uso en la agricultura y la ganadería pueden llegar a clasificarse como agroecosistemas.

Los ecosistemas de montaña y sabana, entre otros, son sometidos a continuas modificaciones de sus componentes naturales en la producción de alimentos y fibras, de los seres humanos. Estas modificaciones afectan prácticamente a todos los procesos de los ecosistemas, y abarcan desde el comportamiento de los individuos y la dinámica de las poblaciones, hasta la composición de las comunidades y los flujos de sustancia y energía en los ecosistemas.

Los agroecosistemas atesoran valores asociados a la actividad humana, lo que incrementa su importancia dentro de la biodiversidad. Los principales agroecosistemas son los pastoriles, los silvícolas, los cerealeros, los de frutos, granos o de otros cultivos (figura 5.20).



Fig. 5.20 Agroecosistema. Campo de tabaco del Valle de Viñales



Saber más

La Ley de Seguridad Alimentaria y Educación Nutricional incentiva la utilización sostenible de diferentes formas de agroecosistemas, y su contenido en relación con la actividad agrícola y la producción de alimentos, consiste en proponer, dictar, supervisar y controlar la aplicación de medidas regulatorias para la conservación y uso racional de los suelos, las aguas, la flora y la fauna, así como de prevención de la contaminación en general.

CAPÍTULO 5

Los ecosistemas urbanos están constituidos por una comunidad de organismos vivos en interacción con la ciudad, que es un ambiente en el que las calles, edificios, puentes y otras construcciones, son algunos de los componentes "no vivos" que pueden albergar en sí, microorganismos, animales y plantas. Cualquier elemento ubicado dentro de una ciudad o zona urbanizada está dentro de un ecosistema urbano (figura 5.21).



Fig. 5.21 Ecosistema urbano del Vedado, La Habana

Los ecosistemas urbanos ocupan solo el 2 % de la superficie terrestre del planeta; sin embargo, proporcionan hogar a más de la mitad de la población mundial.

Si al ser humano le afecta vivir en una ciudad superpoblada o con altos índices de contaminación, entonces los microorganismos, las plantas y los animales, también están sometidos a mayores presiones; aun así algunos consiguen adaptarse a este entorno.

En las ciudades se usa luz eléctrica, hormigón, alquitrán, ladrillo, metal y plásticos, materiales todos creados por las tecnologías humanas. Los materiales condicionan el tipo de vida que albergan, por ejemplo: las superficies oscuras, como el pavimento, almacenan calor durante el día y lo liberan por la noche, por lo que los organismos que allí habitan están adaptados a esas condiciones.

Los ecosistemas urbanos cubanos también están sometidos al impacto de los problemas ambientales, entre estos se destacan: la contaminación, el deterioro de las condiciones higiénico-sanitarias, dificultades con el abasto de agua, el suministro de alimentos, la transportación, entre otros, que afectan tanto la belleza de estos ecosistemas como la salud humana.

En la solución de estos problemas hay que tener en cuenta la relación entre el desarrollo social y el medio ambiente, los estilos de vida, la salud y el bienestar de la población humana con un enfoque de sostenibilidad; en ella cobran una gran importancia las variantes de la agricultura urbana, suburbana y familiar, como acciones a desarrollar.

Un comportamiento ciudadano que proyecte estilos de vida de colaboración, con acciones de higiene ambiental en correspondencia con el enfoque de Una Salud, resulta fundamental para reducir el impacto de la urbanización sobre el ambiente natural.



Reflexiona

- ¿Los ecosistemas se encuentran aislados o interrelacionados entre sí?
- ¿Podemos trabajar en su conservación sin tomar en cuenta sus interrelaciones?

La realidad geográfica que nos rodea nos demuestra que la naturaleza está formada por agrupaciones de ecosistemas interrelacionados, ya sean naturales o intervenidos por el ser humano; por lo que se hace necesario el manejo práctico e integral de los hábitats a nivel de paisajes completos de un área geográfica heterogénea, compuesta, mediante un enfoque de paisaje en el que se considere y acepte la conectividad de los ecosistemas y la pertenencia del ser humano a la naturaleza.

Como ya sabes, las especies se interrelacionan unas con otras y con los factores abióticos del medio ambiente. Si ya conoces también la situación de los principales ecosistemas cubanos, analicemos el estado de conservación de sus especies.

La especie *Harpalyce macrocarpa*, que se desarrolla en bosques de galería (figura 5.22) se creía endémica de las serpentinas de Santa Clara. Estudios actuales confirman su extensión desde Camagüey hasta Sancti Spíritus y Villa Clara, razón por lo que constituye una especie endémica regional. Entre las diversas acciones que se proponen para su conservación y

la de otras especies, se encuentra diagnosticar el estado de sus poblaciones e involucrar a las comunidades, los especialistas y los estudiantes universitarios en las acciones de conservación.



Fig. 5.22 Flor roja de *Harpalyce macrocarpa*



Reflexiona

- ¿Qué significa que una especie se encuentre en peligro crítico?
- ¿Qué otras categorías existen para el estudio y la conservación de las especies?
- ¿Cómo se puede conocer el estado de conservación de las diferentes especies con fines científicos y conservacionistas?

Atendiendo a los últimos resultados aportados por la ciencia, la biota cubana cuenta 34 766 especies autóctonas y 732 especies introducidas. La terrestre presenta 20 800 especies conocidas, el 43 % endémicas, con tendencia a la mayor distribución en áreas montañosas, en las regiones oriental y occidental, y notable en las áreas con suelos tóxicos y pobres. Estos datos corroboran la rica biodiversidad que caracteriza al país.

El mayor porcentaje de diversidad en las especies cubanas se observa en los insectos, seguido por hongos y plantas (angiospermas y gimnospermas). Esta, comparada con la continental, se distingue por las siguientes características:

- Alto endemismo (tabla 5.1).
- Especies con poblaciones numéricamente bajas.

- Gran diversificación de algunos grupos: palmas del género *Copernicia*, lagartijas del género *Anolis* y caracoles del género *Cerion*.
- Pobreza de algunos grupos como mamíferos y serpientes.
- Ocupación de un mayor espectro de hábitat y uso de recursos.

Tabla 5.1 Grupos con mayor endemismo en la biota cubana

Grupos	Porcentaje de endemismo
Caracoles terrestres	96 %
Anfibios	95 %
Palmas	82 %
Arácnidos	80 %
Reptiles	78 %
Cactus	73 %

En dependencia del número de individuos en el área, su distribución y otros factores, se determina el grado de amenaza en que se encuentra una especie y se organizan en una Lista Roja (figura 5.23).



a

b

c

Fig. 5.23 Especies cubanas en la Lista Roja: a) tortuga carey *Eretmochelys imbricata* (CR), b) Guacamayo cubano, *Ara cubensis* (EX), c) *Euphorbia elenae* (V)



Saber más

Una Lista roja es una compilación del estado de conservación de las especies, elaborada a partir de los criterios establecidos por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), que permite establecer prioridades según el riesgo de extinción de las especies, a partir de los elementos aportados por los especialistas.

CAPÍTULO 5

La elaboración de listas rojas es un instrumento científico de gran valor para el manejo de las acciones de protección, conservación y uso sostenible de las especies y sus ecosistemas. La Lista roja de la flora cubana y la realizada como resultado del proceso de evaluación de las más de 200 especies de hongos y mixomicetes seleccionados, muestra la preocupación de la ciencia cubana, sus instituciones y el gobierno, por la conservación de sus recursos naturales.

Una especie se considera amenazada en dependencia de la reducción de su población, su distribución geográfica, su tamaño, su tasa de disminución y del grado de fragmentación de la población.



Saber más

Para establecer la Lista Roja de especies, se han determinado diferentes categorías de amenaza según la severidad de afectación de estos criterios, tomando en cuenta lo regulado en el artículo 24.1 de la Ley 150 del Sistema de los Recursos naturales y el Medio Ambiente, aprobada el 23 de septiembre de 2023:

- En peligro crítico (CR)
- En peligro (EN)
- Vulnerable (VU)

Existen otras categorías que, como las anteriores, una vez determinadas contribuyen a tomar las medidas pertinentes:

- Casi amenazada (NT)
- Preocupación menor (LC), pues no existen indicios de amenaza
- Datos insuficientes para determinar una categoría (DD)
- Aún no ha sido clasificado (NE)
- Especie extinta (EX)

El considerar una especie amenazada o en peligro de extinción indica una diversidad genética gravemente disminuida, y por tanto, decrecimiento de la biodiversidad, como se observa en la especie de mariposa *Greta cubana* (figura 5.24) en la que ha ocurrido una antropización extrema de su hábitat. Como ya vimos, las especies con mayor variabilidad genética tienen menos riesgo de desaparecer, pues de esta depende la supervivencia.



Fig. 5.24 Mariposa *Greta cubana*

Atendiendo a los estudios de monitoreo de la biodiversidad realizados en Cuba, se han podido determinar los grupos de la flora y la fauna con diferentes grados de amenaza. Estos resultados se dan a conocer en artículos científicos y diversas publicaciones, entre los que se destacan las Listas y los Libros rojos, y los informes a la Conferencia de las Partes (COP) del Convenio de Diversidad Biológica.

Ya conoces que, por diversas causas de su desarrollo evolutivo, el archipiélago cubano posee una flora singular, que lo ubica como el territorio insular más rico en plantas a nivel mundial y la primera isla en número de especies por Km².

Los datos ofrecidos por la “Lista roja de la flora de Cuba” son actualizados periódicamente; la de 2016 expone que alrededor del 60 % de las extinciones en el planeta han ocurrido en islas, y que debido a esa alarmante realidad es en estas donde más urge realizar trabajos encaminados a frenar la actual crisis de la biodiversidad. Al analizar la situación del territorio nacional se plantea que aproximadamente el 50 % de nuestra flora nativa está en peligro de extinción, el 18 % de la flora cubana en peligro crítico de extinción, y 25 especies ya han sido declaradas extintas.

Hasta ese momento las áreas con mayor número de especies amenazadas se encontraban en las regiones de Sagua-Baracoa, Sierra Maestra, franja costera de la Bahía de Guantánamo-Maisí, Cordillera de Guamuhaya, Ciénaga de Zapata, Cordillera de Guaniguanico y Península de Guanahacabibes.

En las conclusiones de este estudio también se destaca que las principales amenazas al estado de conservación de la flora cubana están asociadas

CAPÍTULO 5

a la actividad humana. Entre las más relevantes se encuentran la introducción de especies exóticas invasoras, la deforestación, la fragmentación, la ganadería y la agricultura.

Las especies se distribuyen a nivel global y local teniendo en cuenta diferentes parámetros como la latitud, la altitud, y las precipitaciones, entre otros. Los espacios más importantes para la conservación, se establecen identificando las áreas de mayor diversidad de especies, las especies endémicas y las que se encuentran en peligro de extinción.

No toda la diversidad cubana está estudiada, cada día se descubren nuevas especies, y más especialistas se ocupan de investigar su importancia desde diferentes aristas con el propósito de emplearlas en el desarrollo sostenible del país.



Reflexiona

La cantidad de especies identificadas por la ciencia es aproximadamente de 1 700 000, lo que representa apenas el 17 % del estimado de especies que debe existir en el planeta. Esto varía por regiones, como se observa en la tabla 5.2.

¿Podrías plantear una hipótesis acerca de las causas de estas diferencias en los datos de las tres regiones?

Tabla 5.2 Especies identificadas y estimadas en las diferentes regiones del planeta

Zona	Identificadas	Estimadas
Boreal	100 000	100 000
Templada	1 000 000	De 1 200 000 a 1 300 000
Tropical	600 000	De 3 700 000 a 8 600 000
Total	1 700 000	De 5 a 10 000 000

Entre los grupos de organismos significativos se encuentran los hongos. En la actualidad existen en el mundo aproximadamente 232 especies de hongos que forman micorrizas, y en el país se han identificado más de 70 especies. Han sido colectadas y descritas ocho especies endémicas para Cuba, lo que representa el 3,4 % de las especies descritas a nivel mundial y el 10,8 % de las reportadas en el país.

¿Sabías que...?

El aumento significativo de la temperatura ocasionado por el cambio climático, puede dañar seriamente la presencia y diversidad de hongos, ya que este parámetro y la humedad, desempeñan un papel fundamental en su crecimiento y desarrollo. Además, el aumento de la temperatura puede ocasionar que ciertas especies de hongos de zonas cálidas —entre las que se incluyen especies patógenas, como el hongo quítrido— migren a Cuba, aumentando la vulnerabilidad de las poblaciones de anfibios. Es posible también que algunas especies de plantas con hongos asociados a ellas, migren y produzcan disturbios en la distribución actual de los existentes en el país.

Una parte importante de la biodiversidad específica del archipiélago cubano es su flora, que cuenta con más de 8 000 especies botánicas, de las cuales 6 000 son plantas superiores y de ellas más del 50 % endémicas, por lo que el país es considerado el principal centro de especiación de las Antillas.

Se cree que las semillas que más tarde poblaron el territorio nacional de árboles de madera dura, palmas, arbustos y otras especies, fueron transportadas desde tierras lejanas, por huracanes, corrientes marinas y aves, entre otros medios.

¿Sabías que...?

Los colonizadores españoles trajeron a Cuba plantas textiles y oleaginosas, cereales, legumbres, tubérculos, y hortalizas; frutas como el mango y el plátano; cítricos como la naranja, el limón y otras variedades.

La especie vegetal exótica más útil introducida en nuestra isla es la caña de azúcar; esta y la palma real constituyen los elementos florales más típicos de la geografía cubana. Otros especímenes de gran importancia económica son el café, originario de Etiopía; el arroz, de la lejana Asia; el maíz y el cacao, de la América continental, y viandas entre otros.

Cuba ostenta el tercer lugar mundial en endemismo vegetal con relación a su extensión territorial, después de la provincia florística del Cabo, en África, y del conjunto de islas de la Polinesia y la Micronesia.

Por otra parte, la flora cubana posee alrededor del 53 % de especies endémicas, valor que la posiciona entre las siete islas con mayor porcentaje de endemismo en el planeta. La exclusividad de la flora cubana no solo se encuentra en las cifras, la compleja formación geológica de la isla propició el origen y centro de diversificación de numerosos géneros de plantas.



Saber más

Cuba posee relativa riqueza en plantas medicinales, que fueron estudiadas por el destacado botánico Juan Tomás Roig y otros científicos. La mayor parte de las especies de este tipo empleadas por la población y la medicina verde, no son oriundas del país. En realidad, los estudios sobre las propiedades terapéuticas de las plantas autóctonas cubanas, están aún en ciernes.

La mayoría de las flores —como rosas, claveles, gladiolos y dalias— que se observan en jardines y áreas verdes cubanos, han sido traídas al país desde diferentes lugares. Entre las especies florales endémicas figuran el lirio de costa, algunas clases de orquídeas, y diversos tipos de la llamada brujita. La planta de mariposa, cuya flor es uno de nuestros atributos nacionales (figura 5.25), es originaria de Asia.



Fig. 5.25 Flor de la mariposa

El análisis de algunos de los datos acerca de la riqueza de la flora cubana, sus usos, beneficios y las implicaciones de su pérdida, te posibilitará

llegar a conclusiones sobre su importancia en el desarrollo sostenible del país. De ahí la repercusión de las inversiones que se realizan para el monitoreo del estado en que se encuentran, su estudio taxonómico y el potencial que tiene el archipiélago.

Y hemos mencionado que alrededor del 60 % de las extinciones en el planeta han ocurrido en islas, por lo que allí es donde se hace más urgente realizar trabajos encaminados a frenar la actual crisis de la biodiversidad.

¿Sabías que...?

La exclusividad de la flora cubana y el hecho de que fuera origen y centro de diversificación de numerosos géneros de plantas, cautivó por más de dos siglos la atención de eminentes científicos cubanos; entre ellos Juan Tomás Roig, Onaney Muñiz (1937-2002) y Julián Acuña (1990-1973), (figura 5.26).

Esto también fue objeto de estudio de algunos científicos foráneos, entre los que se destacaron Alexander von Humboldt, Erik L. Ekman, Nathaniel L. Britton, los hermanos León, Henry Liogier, Marie Victorin y Clemente, Johannes Bisse.



Fig. 5.26 Estudiosos de la flora cubana. De izquierda a derecha: Juan Tomás Roig, Onaney Muñiz y Julián Acuña

La diversidad faunística cubana se destaca por su alto índice de endemismo, está representada por más de 14 000 especies, y es notable especialmente en artrópodos, moluscos, anfibios, reptiles y aves (figura 5.27). En la medida en que se incrementen los estudios y se alargue en el tiempo el impacto del cambio climático, estos datos pueden modificarse.

CAPÍTULO 5



a



b



c

Fig. 5.27 Diversidad de especies endémicas de la fauna cubana:
a) *Ferminia cerverai*, b) *Eleutherodactylus acmonis* y c) *Cyanolimnas cerverai*.

La fauna cubana tiene gran importancia por las diversas funciones de los animales en los ecosistemas; también debemos considerar la relevancia de la variedad de fondos genéticos, que pueden ser utilizados de manera sostenible en función del bienestar de la humanidad. Estos son determinantes en el control biológico, y constituyen recursos para el desarrollo del turismo de naturaleza con sus consiguientes beneficios económicos.

Las especies migratorias son un componente cardinal de la biodiversidad, que sustentan los ecosistemas y paisajes. Dichas especies comprenden muchos grupos diferentes de animales: mariposas, peces, aves y ballenas. Forman una proporción importante de la variedad genética mundial, por haber evolucionado en interrelaciones particularmente con especies de plantas y animales, y son esenciales en el funcionamiento de los ecosistemas. Su conexión multidimensional les confiere una función especial como especies claves en los ecosistemas, y servir como indicadores de los vínculos entre estos y los cambios ambientales.

Las rutas migratorias de especies de aves que cruzan o permanecen en Cuba provienen de ambos hemisferios. Dada la gran cantidad de aves y lo reducido del espacio con respecto a Norteamérica, es muy posible que no quede un lugar de la isla por donde no cruce un ave en su migración, o en el que permanezca durante el invierno.

¿Sabías que...?

En localidades como el Cabo de San Antonio y Punta de Maisí se producen grandes concentraciones de aves en su migración al sur. El guincho o águila pescadora, prefiere volar hacia el este (figura 5.28). Esta especie se vio fuertemente afectada en los Estados Unidos en los años 60 por el uso del insecticida DDT.

Después de la destrucción provocada por el huracán Flora se inició la construcción de embalses para la reserva de agua, la regulación de inundaciones, y su empleo en la acuicultura, incrementando de forma exponencial la disponibilidad de alimentos del guincho (*Pandion haliaetus ridgwayi*), en su vuelo sobre tierra cubana. Este es un ejemplo de cómo la actividad antrópica puede favorecer a determinadas especies.

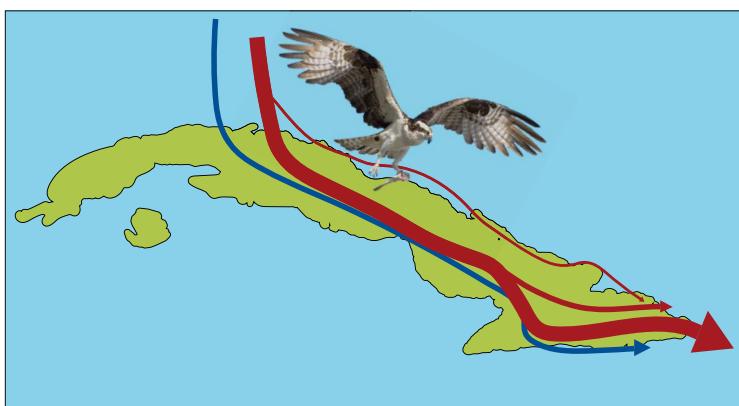


Fig. 5.28 Rutas migratorias del guincho o águila pescadora (*Pandion haliaetus ridgwayi*)

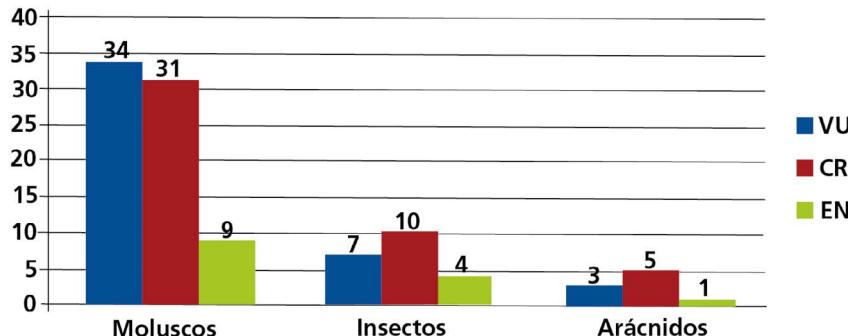
Especialistas cubanos han analizado la diversidad de invertebrados y vertebrados de Cuba, estimado que existen aproximadamente 11 954 especies de invertebrados y 655 de vertebrados registradas, y considerado que esta constituye la región del Caribe Insular más diversa en cuanto a fauna, pero estas cifras pueden variar por el descubrimiento de nuevas especies. En los invertebrados, la mayor diversidad se muestra en insectos, moluscos y arácnidos; entre los vertebrados, en las aves y los reptiles.

Con relación a los invertebrados terrestres, los moluscos constituyen el grupo más amenazado, con más de 30 especies vulnerables y otras tantas

CAPÍTULO 5

en peligro crítico, entre las que se encuentran las mariposas y los caracoles terrestres. En el gráfico 5.1 se exponen estas cifras, según el V Informe de Cuba al CDB.

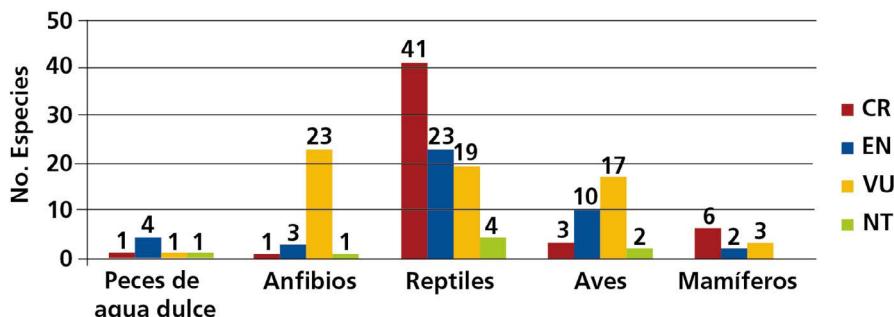
Gráfico 5.1 Especies de invertebrados según categorías de amenaza



La cifra de invertebrados marinos registrados en Cuba sobrepasa las 5 700 especies y la de cordados más de 1 060. Las zonas norte y sur orientales son las menos conocidas, con solo cerca de 500 especies de organismos marinos inventariados, la mayoría corresponde a invertebrados y peces. Las más conocidas son la costa norte desde La Habana hasta Camagüey, incluyendo el Archipiélago Sabana-Camagüey y la región suroccidental, donde se localiza el Golfo de Batabanó.

En el Libro rojo de los vertebrados de Cuba se recogen más de 160 especies de vertebrados en las diferentes categorías de especies amenazadas: más de 50 en peligro crítico, más de 40 en peligro, y más de 60 vulnerables (gráfico 5.2); entre estas se encuentran la jutía, el almiquí, la cotorra, el catey, el Carpintero real, la Ferminia, la Gallinuela de Santo Tomás, la iguana, el cocodrilo, el majá y la ranita de la Sierra Maestra.

Gráfico 5.2 Especies amenazadas de cada clase según la categoría de amenaza



¿Sabías que...?

El cocodrilo cubano (*Crocodylus rhombifer*) está amenazado por diferentes factores: antrópicos, como la caza ilícita y la introducción de especies exóticas invasoras; genéticos, como la hibridación y ambientales, como el cambio climático.

Se conocen menos especies marinas que terrestres, probablemente por lo complejos y costosos que resultan los muestreos. Hasta la fecha, el número de invertebrados marinos registrados en Cuba sobrepasa la cifra de 4 600 especies y la de cordados más de 1 160, y son fundamentalmente peces. De las especies caribeñas que forman parte de nuestra biodiversidad debido a las interconexiones entre los ecosistemas, podemos citar entre los invertebrados al cobo (*Strombus gigas*), como especie muy vulnerable por su pesca indiscriminada.

Las especies de vertebrados marinos que más preocupan a nivel regional, son el manatí antillano o del Caribe, y varias especies de tortugas marinas que remontan su origen a 200 millones de años atrás, es decir, a la época de los dinosaurios, con los cuales convivieron.

La mayor diversidad de especies marinas se encuentra en la costa sur de los extremos de la isla: en primer lugar en Oriente, en segundo lugar en la zona suroccidental de la Península de Guanahacabibes, en tercer lugar en los Jardines de la Reina, y en cuarto en el Archipiélago de los Colorados, de la región noroccidental.

Es muy importante ver la biodiversidad como una verdadera trama de interrelaciones, como un todo continuo que constituye a la biosfera; por eso en la actualidad se considera a los paisajes —incluyendo los que ha sido transformado por los seres humanos— como parte de la biodiversidad, a fin de que podamos tener una visión más integrada de un nivel tan complejo y frágil como lo es la biosfera, de la cual formamos parte.

Para dar cumplimiento al Convenio de Diversidad Biológica se ha implementado un programa nacional para su protección. La educación cubana se integra a las acciones de protección, conservación y uso sostenible de la biodiversidad, mediante un subprograma que contribuye a la sensibilización y preparación de los ciudadanos para participar con compromiso y responsabilidad en el cumplimiento de las metas trazadas internacionalmente.

CAPÍTULO 5

Los bienes y servicios de los diferentes niveles de la biodiversidad están íntimamente interrelacionados, lo que fundamenta la importancia de su estudio. A nivel de ecosistemas confluyen todos los factores del medio ambiente, por lo que estos son la unidad ecológica básica e integral. Las interrelaciones evidenciadas entre los niveles de la biodiversidad constituyen una muestra más de la integridad biótica.

Los ecosistemas han ofrecido muchos bienes y servicios a la humanidad; su explotación irracional ha traído como consecuencias contaminación, destrucción, extinción de especies, entre otros efectos. Su conservación y uso sostenible es una necesidad imperiosa y una fortaleza para enfrentar los riesgos y vulnerabilidades del cambio climático, propiciando el desarrollo sostenible.

Comprueba lo aprendido

1. Considerando que la integridad biótica se manifiesta a nivel de ecosistema y paisaje, ¿qué importancia tiene el estudio de la biodiversidad? Argumenta.
2. La protección, conservación y el uso sostenible de la biodiversidad cubana es de suma importancia no solo para el país, también para la protección de esta más allá de nuestras fronteras. Con la información que te brinda el texto, fundamenta y ejemplifica esta afirmación.
3. ¿Cómo puede la actividad humana alterar los diferentes niveles de la biodiversidad? Ejemplifica en cada uno.
4. ¿Qué importancia tiene el que Cuba sea uno de los países firmantes del Convenio de Diversidad Biológica?
5. Ejemplifica qué medidas se han implementado en nuestro país para cumplir las metas del Convenio de Diversidad Biológica.
6. Argumenta la importancia que tienen el conocimiento, la protección y el uso sostenible de los diferentes niveles de la biodiversidad, en el equilibrio de la naturaleza. Ilustra con ejemplos tus argumentos.
7. En cada uno de los ecosistemas cubanos, la integridad biótica depende en gran medida de la adecuada interrelación entre los niveles tróficos que se representan en la figura 5.29.
 - a) Selecciona uno de los ecosistemas y explica por qué la interrelación representada favorece la integridad ecosistémica.
 - b) Ilustra con ejemplos la importancia de su protección, conservación y uso sostenible.

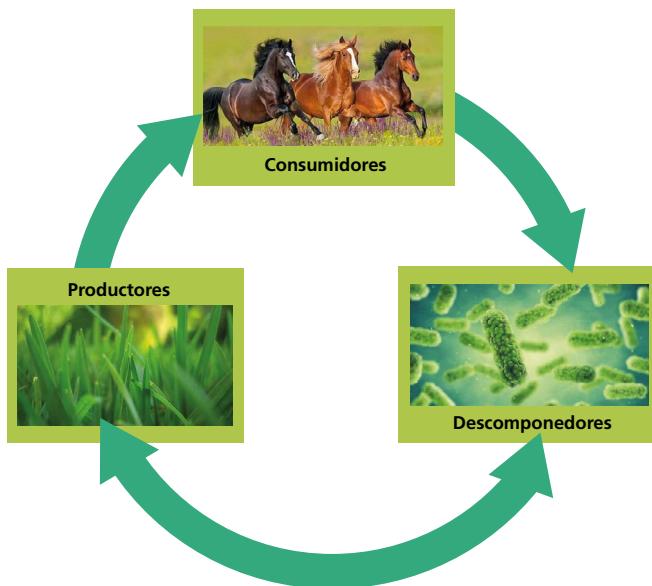


Fig. 5.29 Interrelación entre los diferentes niveles tróficos de un ecosistema

8. Cuba se distingue por la riqueza de especies de hongos, flora y fauna. Ejemplifica la afirmación anterior haciendo referencia a cada uno de estos grupos de organismos. Para poner ejemplos específicos de la provincia donde habitas, conéctate al portal del Citma, o entrevista a algún especialista de tu localidad.

5.2 La estrecha relación que existe entre los problemas ambientales influye en la pérdida de la biodiversidad

Para el 2050, la extensión geográfica de las condiciones climáticas favorables para la jutía carabalí (figura 5.30) podría reducirse en más del 80 % respecto a la distribución actual.



Fig. 5.30 Jutía carabalí (*Mysateles prehensilis*)

Algo similar ocurre para otras especies: en el chipojo (*Anolis chamaeleonides*), será en más del 90 %; el área de distribución de la planta *Erythroxy lumlongipes* —exclusiva de la región oriental de Cuba— podría ser inferior a los 600 km². El cambio climático es la principal causa por la que estos tres casos de estudio, podrán llegar a la categoría de “amenazada” según la clasificación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.



Reflexiona

- ¿Cuáles son las causas de la pérdida de la biodiversidad y cómo se interrelacionan?
 - ¿Qué relación existe entre el cambio climático y la pérdida de la biodiversidad?
 - ¿Qué otros factores están afectando a la biodiversidad?

La respuesta a estas preguntas las podrás encontrar en este epígrafe, donde además ampliarás tus conocimientos acerca de los problemas ambientales que más afectan la biodiversidad, como las especies exóticas invasoras, la fragmentación de hábitats y ecosistemas, la contaminación ambiental, los incendios forestales y la sobreexplotación de los recursos naturales, entre otros. Especial atención daremos al cambio climático, como el problema ambiental que causa mayor afectación a la biodiversidad en la actualidad.

5.2.1 ¿Cómo se interrelacionan los problemas ambientales y la pérdida de la biodiversidad?

Cuando el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático —IPCC, por sus siglas en inglés— publicó las conclusiones del Primer Informe al final de los años 80, las grandes corporaciones petroleras no esperaron para desacreditar las evidencias científicas sobre el cambio climático y así evitar restricciones en el uso de petróleo, gas y carbón.

El 90 % de las emisiones de gases de efecto invernadero se deben a la actividad humana. Los cambios observados en el clima no han tenido precedentes en los últimos decenios y milenios: los últimos veranos han sido registrados como los más calurosos desde 1850, en el área del Caribe se producen ciclones tropicales con una fuerza destructiva sin precedentes.

provocando la muerte de muchos individuos y destruyendo sus hábitats, con lo que disminuye su densidad y aumenta su mortalidad.

Si analizas la situación anterior sobre el cambio climático, podrás darte cuenta de que las causas de la pérdida de la biodiversidad se pueden observar interrelacionados a diferentes niveles:

- Primer nivel: las causas más inmediatas que provocan la disminución numérica de la especie y del área que esta ocupa, son el aumento de la mortalidad y/o la disminución de su reproducción.
- Segundo nivel: cuando los fenómenos antes descritos son provocados por alteraciones en las condiciones de vida, elementos bióticos, u otros recursos del hábitat donde viven las poblaciones; o por sobreexplotación de las poblaciones de la especie amenazada. Estas son las causas de numerosas especies extintas o amenazadas, ya que afectan su reproducción y por tanto, la natalidad.

Las alteraciones del hábitat incluyen procesos como: fragmentación, contaminación, introducción de especies exóticas invasoras, cambios climáticos, degradación y eliminación, y otros.

- Tercer nivel: la sobreexplotación de poblaciones de especies amenazadas y las alteraciones del hábitat son consecuencias de las complejidades de la sociedad humana moderna: crecimiento demográfico, desarrollo tecnológico, políticas de uso no sostenible, desigual distribución de las riquezas entre países, sistemas jurídicos y económicos, ausencia de apoyo de instituciones, entre otras.

Cuba se encuentra entre los sistemas insulares de alta prioridad para la conservación; además es el país con dos de las 12 especies de vertebrados más amenazados del mundo: el almiquí y el Carpintero real.

¿Sabías que...?

En la época en que fuimos colonia de España se talaron los bosques para extraer maderas preciosas y sembrar caña de azúcar. Luego, durante la república mediatisada, los grandes consorcios azucareros norteamericanos incrementaron la deforestación de grandes extensiones para extender la siembra de caña.

CAPÍTULO 5

A continuación se caracterizan los factores de mayor importancia como causa de pérdida de la biodiversidad en el segundo nivel de análisis, y se exponen las medidas para contrarrestarlos. El próximo epígrafe versará sobre el cambio climático y algunas de sus consecuencias.

A nivel internacional se han identificado otras amenazas a la biodiversidad además del cambio climático, entre las que resaltan la fragmentación de hábitats y la presencia de especies exóticas invasoras, sin disminuir el papel de otras conocidas, como la sobreexplotación de los recursos naturales, y algunas emergentes, como la contaminación y los incendios forestales.

La fragmentación del hábitat consiste en un cambio en la estructura y configuración de los hábitats dentro del paisaje, que implica la transformación de un hábitat inicialmente dominante y relativamente continuo, en un conjunto de parches empequeñecidos denominados fragmentos, que quedan embebidos en un nuevo hábitat mayoritario, cualitativamente diferente al original.

Este proceso es tan antiguo como la expansión agrícola de la humanidad, solo que ahora se ha intensificado por una capacidad tecnológica que no conoce barreras. De esta forma, la humanidad ha alterado la mayor parte de la tierra emergida útil en su propio beneficio.

Los paisajes fragmentados pueden ser resultado de procesos naturales; sin embargo, este no es el proceso que preocupa, sino su separación adicional por causa de la acción humana. Estos procesos pueden generar mosaicos de hábitats con distintas comunidades ecológicas, ejemplo de ello es la destrucción y fragmentación de los bosques por la expansión de cultivos y pastizales (figura 5.31).

La fragmentación paisajística se incrementa notablemente con el uso humano de los recursos naturales, que trae como resultado la transformación de los hábitats, entre ellos la deforestación para crear espacios agrícolas y ganaderos, o la eliminación de estos en beneficio de la urbanización. En todos estos casos, las especies que viven en los hábitats afectados pierden el territorio en que pueden desarrollarse mejor, y también se afectan gravemente las interacciones entre las diferentes especies; por ejemplo: un insecto realiza vuelos cortos en la polinización de determinada especie de planta, si se construye en esa zona un nuevo camino cuyo ancho sobrepasa la longitud de vuelo de dicho insecto, esto constituirá un impedimento en la polinización entre las plantas que quedaron a uno y otro lado del referido camino.



Fig. 5.31 Bosque fragmentado por áreas de cultivo

¿Sabías que...?

Son escasos los rincones de nuestro país en los que no se ha construido alguna carretera. Como resultado hoy tenemos como promedio más de 400 m de vías en cada kilómetro cuadrado de superficie.

Por otro lado, en dependencia del potencial genético de la especie a la que pertenece y al aislamiento ocasionado, la fragmentación pudiera originar a largo plazo, procesos evolutivos por aislamiento genético.



Saber más

Varios estudios han demostrado que la fragmentación de bosques aumenta la incapacidad reproductiva de las aves que habitan en el sur de Norteamérica, el Caribe y gran parte de Suramérica, muchas de las cuales son insectívoras y anidan solo en el interior de los bosques.

Como resultado de la fragmentación forestal, hay mayor probabilidad de que estos nidos no se localicen en las profundidades del bosque, resultando más expuestos y vulnerables a la depredación por mamíferos pequeños.

CAPÍTULO 5

La fragmentación de la cobertura vegetal natural y seminatural en Cuba es de alta a media. Las formaciones vegetales que mantienen fragmentos de entre 100 a 1 000 km², tienen una amplia cobertura ecopaisajística, por lo que pueden observarse desde bosques hasta matorrales semidesérticos.

Las especies exóticas invasoras (EEI) también constituyen una causa de pérdida de la diversidad biológica en nuestro país.

Las especies exóticas invasoras son especies no nativas, cuya introducción y propagación amenaza a los ecosistemas, hábitats o especies, produciendo daños económicos o ambientales.

Estas pueden a menudo alterar el equilibrio entre las especies que viven en el hábitat, ya que pueden desplazarlas. Propician la aparición de enfermedades, aumento de la depredación y alteración de las sucesiones vegetales (figura 5.32).



a



b

Fig. 5.32 Ecosistema de playa: a) invadido por casuarinas (EEI), b) restaurado después de la tala

Las especies de animales exóticos invasores pueden acarrear acciones negativas de diferentes maneras; entre ellas se pueden destacar la depredación de una especie endémica o autóctona, la competencia por el alimento —como en el caso del pez león— o el desplazamiento hacia otros hábitats por afectar los ecosistemas nativos. También pueden trasmitir diferentes enfermedades, como es el caso de la mangosta (figura 5.33).

Otros peligros asociados a la introducción de estos organismos exóticos invasores son la hibridación con especies nativas y las afectaciones en los patrones de polinización y dispersión. Estas especies no solo ponen en peligro la biodiversidad y salud de los ecosistemas, también ocasionan

cuantiosas pérdidas económicas en sectores como la agricultura, la ganadería, la salud humana, la pesca, la actividad forestal, el turismo y los recursos hídricos.



a



b

Fig. 5.33 Especies invasoras: a) mangosta (*Herpestes auropunctatus auropunctatus*), b) pez león (*Pterois volitans*).

En Cuba se ha implementado un Sistema de alerta temprana y respuesta rápida ante la presencia de especies exóticas invasoras, que permite la detección de cualquier comportamiento inusual de una especie exótica o nativa, en las diferentes áreas de trabajo. Su objetivo general es contribuir a la protección de la biodiversidad autóctona.



Saber más

Una de las amenazas emergentes más importantes es la introducción en la práctica productiva, de variedades exóticas u obtenidas por medio de tecnologías de riesgos no totalmente calculados, como los transgénicos. Ante los posibles efectos que pudieran producir sobre la biodiversidad y el ecosistema en su totalidad, fue diseñado el Plan de acción nacional de seguridad biológica, cuya función principal es velar por el cumplimiento de la legislación nacional vigente, y contribuir de forma coordinada a la toma de decisiones en temas relacionados con organismos transgénicos, especies exóticas y agentes biológicos.

El conocimiento de estas especies exóticas invasoras es importante, ya que somos los principales causantes de su dispersión; por eso es que su preventión, detección temprana y más aún, su control, representan las formas de mayor eficacia, en términos de costo-beneficio, de reducir su impacto.

CAPÍTULO 5

La sobreexplotación de los recursos naturales en los ecosistemas —deforestación por tala indiscriminada de los bosques, pesca excesiva y caza furtiva de especies animales, entre otros— es un factor importante en la pérdida de la biodiversidad.

El problema más grave que afecta a los bosques del mundo es su desaparición o deforestación. Cuando los bosques se destruyen, se pierden las valiosas contribuciones que estos hacen al medio ambiente o a las personas que dependen de ellos.

La deforestación es la destrucción temporal o permanente de la población vegetal, con fines agrícolas o de otro tipo.

Con la deforestación aumenta la erosión del suelo y disminuye su fertilidad. El incremento de la sedimentación en ríos y arroyos a causa de la erosión del suelo, daña los ecosistemas acuáticos porque reduce la penetración de la luz solar, cubre organismos acuáticos y lleva contaminantes tóxicos insolubles al agua.

La erosión descontrolada del suelo, en especial en pendientes y laderas deforestadas, causa flujos de lodo que ponen en peligro vidas humanas. En regiones más secas, la deforestación propicia la formación de desiertos y pérdida de la biodiversidad, en particular de muchas especies tropicales con distribución geográfica muy limitada.

La deforestación induce la fragmentación de hábitats y cambios climáticos regionales y globales, lo que demuestra la interrelación que existe entre los diferentes problemas ambientales. Además de su efecto como sumideros de O₂, los árboles liberan al aire cantidades sustanciales de humedad que regresa a la tierra en el ciclo hidrológico. Cuando un bosque grande desaparece, las precipitaciones declinan, las sequías se vuelven comunes en esa región, y la temperatura se incrementa al producirse menor enfriamiento evaporativo por transpiración.

La pesca excesiva y la cacería furtiva afectan el equilibrio entre los diferentes niveles tróficos de los ecosistemas, que posibilitan la interconexión entre estos, por lo que la biodiversidad resulta afectada. En el caso de las aves esta afectación es debida a la desaparición de los bosques, la cacería indiscriminada, la recolecta y el comercio.

En el Libro rojo de nuestro país han sido consideradas en peligro de extinción 40 especies de aves, y otras con algún grado de amenaza; tal es el caso del Catey (*Aratinga euops*), el Gavilán colilargo (*Accipiter gundlachi*),

y la Grulla (*Grus canadensis*) (figura 5.34), que necesitan con urgencia de medidas de protección y manejo de sus poblaciones, para que no les suceda igual que al Guacamayo cubano (*Ara tricolor*), extinto a finales del siglo xix.



a



b



c

Fig. 5.34 Aves en peligro de extinción: a) Grulla, b) Catey, c) Gavilán colilargo

¿Sabías que...?

En Cuba más de 30 especies de aves nativas endémicas o migratorias son capturadas indiscriminadamente y comercializadas, lo que sin dudas afecta la supervivencia y reproducción de sus poblaciones. Por otro lado, las categorías de amenaza de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) no siempre coinciden con las asignadas por expertos cubanos, pues dependen de los criterios que la justifiquen. Ejemplo: en un informe publicado en 2012, en Cuba la especie *Grus canadensis* se consideró como VU y en estudios realizados por la UICN es considerada NT.

De igual manera, el incremento de la pesca de algunos de los más importantes recursos entre los que se encuentran la biajaiba, los camarones, las lisas, el caballerote y la cherna criolla, afectó la viabilidad y estabilidad de las poblaciones. El uso de artes de pesca nocivos, como los chinchorros, provocan serios daños a los pastos marinos y arrecifes de parches, en los que se desarrollan estas especies.

La contaminación constituye una de las causas de pérdida de biodiversidad; puede ser producida por agentes químicos industriales y agrícolas, contaminantes orgánicos de aguas residuales domésticas, desechos ácidos que se filtran desde las minas, y por agua caliente residual de plantas industriales (contaminación térmica), entre otras causas.

En la actualidad, la contaminación por plásticos constituye un serio problema mundial; los microplásticos (partículas de entre 1-5 mm) son en

específico una preocupación relativamente nueva, debido a su omnipresencia y capacidad para interactuar con otros contaminantes bióticos y abióticos. Además, las bolsas, aros y otros útiles de plástico, afectan el bienestar y vida de los organismos que habitan en ríos y mares, cuando son desechados en estos medios.

¿Sabías que...?

El plástico no solo provoca la asfixia de los animales marinos que se ponen en contacto con la basura macroplástica, sino que ingresa en su cadena de alimentación como microplástico, causándoles severos daños. Sin embargo, anualmente se producen millones de toneladas a nivel mundial y solo un pequeño porcentaje es reciclado, el resto se desecha y llega a ríos y océanos, donde se acumula por ser no biodegradable.

Desde el año 1998 nuestro país cuenta con un inventario de fuentes de contaminación, y anualmente se evalúa la variación nacional de carga contaminante, en las cuencas hidrográficas de interés nacional, en los macizos montañosos y en las principales bahías.

Aplicación práctica

Existen bacterias aerobias heterótrofas en el agua y sedimentos marinos, que se encuentran entre los grupos evaluados por considerarse una fuente inagotable de sustancias naturales de interés biotecnológico. Mediante su estudio se han obtenido bioproductos de aplicación en la industria y el medio ambiente: a partir de *Bacillus cereus*, se obtuvo por vía fermentativa un tensoactivo, y se aplicó a escala industrial en los procesos de recuperación mejorada de crudo. Con la selección de bacterias marinas degradadoras de diferentes hidrocarburos y productoras de tensoactivos, se han desarrollado investigaciones dirigidas a la formulación de bioproductos y tecnologías para el saneamiento de ambientes impactados con hidrocarburos.

La contaminación de las aguas con materia orgánica disuelta, puede incidir en la pérdida de la biodiversidad, pues en ellas suelen desarrollarse especies invasoras como el miriofilo (*Myriophyllum pinnatum*), y cuando

los contaminantes son ricos en nitrógeno y fósforo se desarrolla abundantemente el jacinto de agua (*Eichhornian crassipes*), ambas constituyen indicadores de contaminación. A pesar de su impacto negativo, con un manejo adecuado pueden ser empleadas como acumuladoras de metales pesados en la fitoremediaciόn y en el tratamiento de aguas residuales.

El deterioro de las condiciones higiénico-sanitarias en los asentamientos humanos es un problema relacionado con la contaminación ambiental, tanto que puede ser considerada causa y consecuencia de este problema; también provoca serios daños en la biodiversidad y en la salud humana. Es muy importante identificar las causas que están asociadas al comportamiento humano, los hábitos incorrectos de eliminación de desechos sólidos que conlleva a la formación de basureros o microvertederos en lugares no dispuestos para este fin, unido a la falta de cultura del reciclaje e infraestructura para ello, son algunas de las causas antrópicas que debemos transformar conscientemente en nuestras comunidades.

La necesidad de potenciar el reciclaje de los desechos de la actividad humana, los domésticos, los de las industrias y los centros de servicio, etcétera, ha llevado al concepto de economía circular, que propone el reciclaje o reutilización de los desechos, con la consiguiente reducción de los contaminantes (figura 5.35). Esta es concebida por etapas y deberá ir incorporando gradualmente los diferentes sectores y a la propia población.

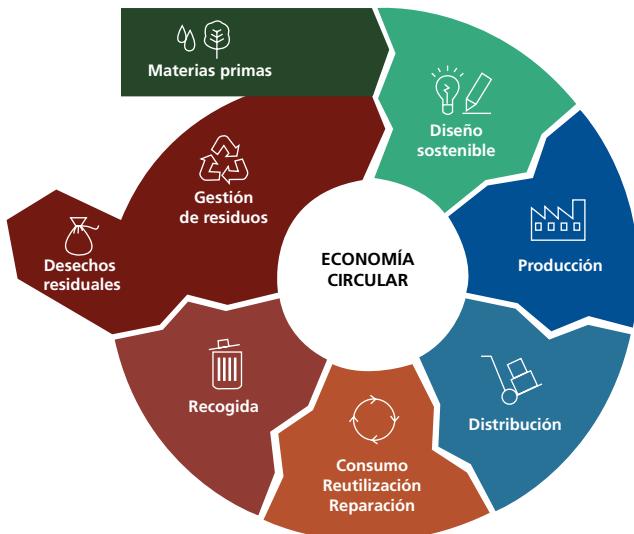


Fig. 5.35 Procesos de la economía circular

Fuente: Servicio de Investigación del Parlamento Europeo



Saber más

En el plan de desarrollo del país cobran cada día más fuerza los conceptos relacionados con la eficiencia en el uso de los recursos y la economía circular, así como la valoración de su importancia y beneficios para el desarrollo económico y social sostenibles, la protección y conservación de la biodiversidad

Los incendios forestales manifiestan una alta variabilidad, tanto en la ocurrencia como en las afectaciones. En Cuba al igual que en el resto del planeta, los incendios forestales contribuyen a la deforestación, la degradación de los suelos, y por tanto a la pérdida de la biodiversidad. Sus principales causas han estado en la negligente utilización del fuego en terrenos agrícolas con diferentes fines: quema de potreros y residuos de cosechas, preparación de terrenos para la siembra, elaboración de carbón, limpieza de caminos y cunetas, castración de colmenas y eliminación de plagas y enfermedades. También ocupa un elevado porcentaje dentro del total de las negligencias identificadas, el descuido de cazadores y pescadores furtivos, transeúntes y fumadores (figura 5.36).



Fig. 5.36 Incendio forestal

5.2.2 ¿Por qué el cambio climático es el principal factor que compromete el futuro de la biodiversidad?

Es conocido que el cambio climático está muy relacionado con el calentamiento global, cuyos efectos pueden observarse en las variaciones del nivel del mar, los patrones de precipitación, las afectaciones a la integridad de los organismos, la salud del ser humano y la agricultura. Aunque

muchos ya estamos pagando las consecuencias, las principales víctimas serán las futuras generaciones si llegan a sobrevivir en un planeta que cada día se hace cada vez más inhóspito.

El cambio climático es la modificación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, la cual altera la composición de la atmósfera mundial y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables, como mínimo de 30 años. (Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba, Citma).

Además de la presión que la actividad humana impone, la biodiversidad se ve afectada por la influencia combinada de los escenarios climáticos, hidrológicos y marino costeros. La agudización de los períodos de seca, la ocurrencia de lluvias intensas, la elevación de la temperatura, la sobreelevación del nivel del mar y el incremento de sus penetraciones, así como el aumento de la intensidad y frecuencia de fenómenos extremos como los huracanes, son expresión de estos escenarios que afectan a la biodiversidad.

En Cuba el incremento de la temperatura superficial del mar, la frecuencia e intensidad de eventos meteorológicos en las costas, así como la elevación del nivel del mar, aumentan el riesgo de pérdida de la biodiversidad. Al sur de La Habana se pierden 2,5 m² de terreno costero por año, con la consecuente pérdida de vegetación y diversidad de especies de la fauna marina asociada. Los ciclones tropicales, que se han presentado con mayor frecuencia e intensidad, constituyen los eventos asociados al cambio climático que más afectaron su biodiversidad marina y costera en las últimas décadas.

Los eventos meteorológicos extremos tienen consecuencias directas sobre las poblaciones y comunidades, que de una u otra forma requieren de la protección, conservación y uso sostenible de la biodiversidad, pues dependen de los servicios que esta brinda para el desarrollo de actividades económicas como la agricultura, la pesca y el turismo entre otras.

¿Sabías que...?

El cambio climático está provocando variaciones en la distribución de especies de la fauna, y se predice que podría ser causa de extinciones en un futuro cercano. La biodiversidad de Cuba es particularmente sensible a variaciones en el clima por el carácter insular de esta. Investigadores del Instituto de Ecología y Sistemática desarrollan un proyecto, que basado en herramientas de modelación,

evalúa los cambios en la distribución de especies de la flora y la fauna terrestre en el archipiélago cubano, ante posibles escenarios del cambio climático.

Los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad se manifiestan en sus diferentes niveles: organismo, población, ecosistema y paisaje. A nivel de organismo se afecta su desarrollo ontogenético, funciones vitales y procesos metabólicos, así como los patrones de conducta durante las fases de crecimiento y reproducción. En las poblaciones de diferentes especies se modifican los patrones de distribución, tamaño, estructura, abundancia y migración; un estudio realizado por especialistas empleando como herramienta la modelación de nicho climático, proyecta para el 2050 una disminución significativa de la distribución geográfica de la jutía conga, comparada con el modelo del nicho climático actual (figura 5.37).

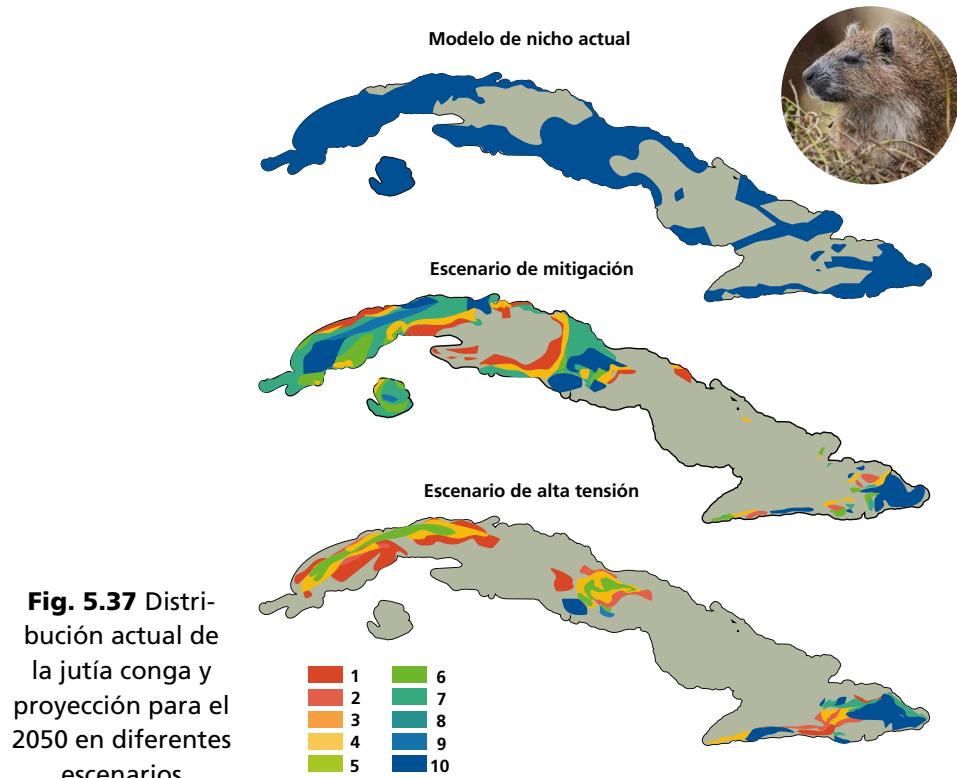


Fig. 5.37 Distribución actual de la jutía conga y proyección para el 2050 en diferentes escenarios

Los números que aparecen en la leyenda del mapa, se corresponden con los de modelos que predicen la presencia de áreas de idoneidad climática;

los tonos entre verde y azul, como indica la leyenda, muestran las áreas donde coinciden el mayor número de estos modelos.

A nivel de ecosistema se afectan las interacciones entre las especies, las redes tróficas, los ciclos de nutrientes, así como la estructura, funcionamiento y distribución de los ecosistemas, aspectos que repercuten a nivel de paisaje.

En el país, por su forma alargada y estrecha, las más afectadas son las zonas costeras y los ecosistemas que estas comprenden. De manera particular impacta en los arrecifes al inducir el calentamiento del mar, la acidificación del agua y la tendencia al aumento de la intensidad de los huracanes. Estos ecosistemas han sido los primeros en mostrar evidencias de afectaciones causadas por el cambio climático. Otros ecosistemas vulnerables son los manglares y pastos marinos que se encuentran en la interconexión tierra-mar de la región suroccidental de Cuba, también se ven afectadas las tortugas y las pesquerías de langosta.

Resulta trascendental el impacto del cambio climático en las zonas costeras y los asentamientos poblacionales que se desarrollan cerca de las costas, con el consecuente peligro para las vidas humanas, y su repercusión económico-social por la pérdida de bienes y la afectación al turismo (figura 5.38).



Fig. 5.38 Daños severos en la duna de arena de una zona costera

El Plan del Estado denominado “Tarea Vida” propone hasta el 2100, el cumplimiento en diferentes plazos, de acciones encaminadas a mitigar los efectos del cambio climático y a la adaptación a ellos, tomando en cuenta

CAPÍTULO 5

principalmente los provocados por la elevación del nivel del mar como consecuencia de este. En ambos sentidos estas acciones están dirigidas a educar a la población en la percepción de los factores de peligro, vulnerabilidad y riesgo a que está expuesta.

La mitigación está encaminada a prevenir el calentamiento global, y se materializa con el desarrollo de acciones que impidan sus causas, como la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Esta estrategia de moderación del calentamiento global, deja tiempo para intentar otras soluciones más permanentes.

Entre algunas de las medidas que pueden contribuir a la reducción del calentamiento global se encuentra la siembra de árboles y la conservación de los bosques ya existentes, pues estos utilizan el CO₂ atmosférico en la fotosíntesis. La diversificación de las fuentes renovables de energía, con la consiguiente reducción del empleo de derivados del combustible fósil y sus consecuentes emisiones de este gas de efecto invernadero a la atmósfera, es otra de las acciones que contribuyen a lograr este fin.

La adaptación es la respuesta a los daños causados, por lo que significa actuar sobre las consecuencias. El desarrollo de estrategias de adaptación al cambio climático implica la suposición de que el calentamiento global es inevitable. Uno de los temas más preocupantes para los países insulares, es el ascenso del nivel del mar.

Los problemas ambientales se interrelacionan unos con otros: de la misma manera que el cambio climático incide en la pérdida de la biodiversidad, esta puede acentuar los efectos del cambio climático. A partir de este presupuesto puedes dar respuesta a una de las preguntas del inicio del capítulo, en relación a por qué los daños a los ecosistemas costeros en nuestro archipiélago, particularmente los manglares, nos hacen más vulnerables a los efectos del cambio climático.

¿Sabías que...?

Los ciclones son los eventos asociados al cambio climático que más han afectado en las últimas décadas la biodiversidad marina y costera de Cuba, por su incremento en frecuencia e intensidad. No obstante, al parecer los ecosistemas de manglares y de pastos marinos poseen una mayor capacidad de recuperación o resiliencia ante eventos meteorológicos extremos, que los de arrecifes coralinos, siempre que no hayan sufrido previamente alteraciones irreversibles ocasionadas por la actividad humana.

Afortunadamente nuestro archipiélago posee una doble barrera natural, compuesta por ecosistemas marinos y costeros, que soportan de manera natural el embate de fuertes vientos, marejadas e intenso oleaje, facilitando así el enfrentamiento y la adaptación al cambio climático.

Un arrecife coralino sano con su elevada complejidad estructural, los seibadales, y el mangle rojo de tupido follaje y con fuertes raíces que penetran los sedimentos constituyendo una barrera protectora, son elementos naturales de defensa, que en territorios frágiles como el nuestro mantienen una inmensa riqueza de especies, hábitats y ecosistemas importantes en el mantenimiento de la vida en el planeta, útiles para las presentes y futuras generaciones; por lo que las acciones que se realicen para evitar las afectaciones de estos ecosistemas también nos permiten reducir las vulnerabilidades y riesgos ante el cambio climático.

Se considera que los bosques naturales, que constituyen el principal reservorio de la biodiversidad, son altamente vulnerables a los efectos del cambio climático, por lo que se espera que su impacto se traduzca en pérdida del patrimonio forestal nacional y del área cubierta de bosques. Esto implicaría pérdidas en las reservas de madera en pie, en la cantidad de especies arbóreas y de formaciones boscosas, con las consiguientes modificaciones en la frecuencia relativa de las especies presentes en las formaciones naturales, capaces de adaptarse.

¿Sabías que...?

De no tomarse acciones que contrarresten los impactos del cambio climático, se producirían afectaciones significativas sobre las zonas de nidificación del cocodrilo, en los diferentes hábitats de iguanas y jutías, y en áreas donde nidifican flamencos, pelícanos y garzas. Un ejemplo de ello, lo constituye la Ciénaga de Zapata (figura 5.39), considerado el mayor y mejor humedal conservado del Caribe donde, de acuerdo a estudios realizados, para los años 2050 y 2100 se perderá buena parte de la zona occidental de la Península de Zapata (bloque más bajo que la porción oriental), y con ella la biodiversidad que alberga.

Según las experiencias del sector forestal, el cambio climático afectará seriamente los recursos forestales en los bosques más cercanos a las costas, por penetración del nivel del mar. En los litorales, las zonas interiores y las

CAPÍTULO 5

áreas de lagunas, esteros y ciénagas, se prevén pérdidas de diversas especies de mangle.



Fig. 5.39 Vista aérea de la zona baja de la Ciénaga de Zapata

Si tenemos en cuenta la función que poseen todas las formaciones vegetales como sumideros de O₂, es evidente que su afectación también tiene efectos sobre el cambio climático. Por eso al proyectar acciones de mitigación y adaptación ante el cambio climático, es necesario tomar en cuenta todas las interrelaciones que caracterizan la integridad de la naturaleza.

La disminución de la reproducción y la mortalidad de las especies son las causas inmediatas de pérdida de la biodiversidad, provocadas por la alteración de sus hábitats y la sobreexplotación; estas han sido causadas históricamente por el ser humano y determinadas por fenómenos derivados de las complejidades de la sociedad moderna: la inconciencia sobre el impacto negativo que provoca su accionar, y la falta de voluntad política de algunos gobiernos.

Los problemas ambientales en Cuba presentan particularidades dadas por su ubicación geográfica y las características del territorio, no obstante estos interactúan entre sí y traen como consecuencia la pérdida de la biodiversidad, como ocurre en el resto del mundo.

El cambio climático, considerado ya como crisis ambiental, se manifiesta también en nuestro territorio; las mayores afectaciones se materializan en las costas cubanas.

Es indispensable promover un cambio en el comportamiento humano, hacia un mayor compromiso y responsabilidad moral con la vida del resto de las especies que comparten con nosotros nuestro hogar común: el planeta Tierra.

Comprueba lo aprendido

1. El cambio climático es un hecho, sin embargo, la mitigación y adaptación son estrategias que pueden realizarse desde el nivel estatal hasta el individual. Ejemplifica la afirmación.
2. Entre los principales problemas ambientales que afectan la biodiversidad existe una estrecha relación. Elabora un párrafo en cada caso, en el que expliques la relación entre:
 - cambio climático e incendios forestales
 - fragmentación de hábitats y sobreexplotación de los recursos naturales
 - contaminación ambiental y pérdida de biodiversidad
 - especies exóticas invasoras y pérdida de biodiversidad
3. Entre los problemas ambientales que pueden provocar la pérdida de la biodiversidad cubana existe una estrecha relación debido a la integridad que los caracteriza. Ejemplifica esta afirmación a partir de los riesgos y vulnerabilidades que provocan afectaciones a la biodiversidad, que se manifiestan en tu localidad.
4. La fragmentación de hábitats no siempre afecta a la biodiversidad, en ocasiones propicia el endemismo. ¿Qué explicación puedes dar a esta afirmación a partir de lo aprendido mediante el estudio de la evolución?
5. Identifica en tu comportamiento diario algunas de las causas que pueden provocar problemas ambientales que afecten a la biodiversidad. Elabora una lista de los cambios que deberías asumir.
6. Las EEI constituyen una de las principales causas de la pérdida de la biodiversidad cubana; sin embargo, en muchas ocasiones resulta necesario su protección. ¿Cómo explicas esta contradicción?
7. Las EEI no solamente pueden afectar la biodiversidad de forma general, también pueden perturbar la salud humana y la calidad de vida. Realiza un listado de estas especies localizadas en los alrededores de tu centro de estudios, y propón para cada una de ellas las medidas que pondrías en práctica para su control y/o erradicación. Te recomendamos conectarte al portal del Citma de internet y consultar el listado de las 100 especies de plantas y animales que se consideran más agresivos para Cuba.

5.3 La protección, conservación y el uso sostenible de la biodiversidad son indispensables para mantener el equilibrio de la naturaleza

El Convenio de Diversidad Biológica, del que se ha hecho referencia anteriormente, se fundamenta en tres objetivos: la conservación de la biodiversidad, el uso sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios derivados de la utilización de los recursos genéticos.

La Conferencia de las Partes (COP) se celebra cada dos años y es la reunión de los gobiernos de países que integran dicho convenio, constituye el órgano que toma las decisiones. En el 2010 se creó el Plan Estratégico para la Diversidad Biológica, y a partir de entonces se han dado pasos alentadores en todo el mundo para hacer frente a la pérdida de la biodiversidad. Este plan tiene la siguiente visión: “Para el 2050, la diversidad biológica se valora, conserva, restaura y utiliza en forma racional, manteniendo los servicios de los ecosistemas, sosteniendo un planeta sano y brindando beneficios esenciales para todos”.

Cuba, como país firmante de este convenio desde 1992, rinde cuentas periódicamente sobre el compromiso asumido para períodos similares, a partir de sus objetivos estratégicos y las metas nacionales que se elaboran considerando el contexto internacional.

¿Sabías que...?

A pesar de la profunda crisis internacional, y de las afectaciones del bloqueo económico, financiero y comercial de los Estados Unidos, Cuba ha avanzado mucho en el cumplimiento de las metas trazadas con relación a la biodiversidad.

En la actualidad se continúa trabajando arduamente, habiéndose logrado la reducción del ritmo de pérdida de todos los hábitats naturales, la identificación, control, o erradicación de especies exóticas invasoras priorizadas, el fortalecimiento del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y la puesta en práctica de una estrategia y un plan de acción nacional, actualizado en materia de biodiversidad.

El Programa Nacional sobre la Diversidad Biológica para un período dado, constituye la principal plataforma de acción para la implementación de los objetivos estratégicos definidos en la política ambiental nacional.

El diseño de cada plan nacional para contrarrestar la pérdida de la biodiversidad tiene en cuenta el resultado de los programas anteriores, las circunstancias nacionales y las decisiones adoptadas en las conferencias que se realizan sistemáticamente en el marco del Convenio de Diversidad Biológica. En este afán se desarrolla un espiral ascendente dirigido a eliminar o disminuir las disímiles causas de pérdida de la biodiversidad, que sean también un problema ambiental en nuestro archipiélago.

Contamos además como un elemento conductor, con un Subprograma Nacional de Diversidad Biológica para el Sistema Nacional de Educación, que funciona de manera flexible y dinámica en la educación de los ciudadanos hacia la protección, conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Este programa surge a partir del reconocimiento de metas nacionales que se han de manejar en la educación, como parte de las máximas aspiraciones de la gestión ambiental.

Hasta aquí se ha realizado una presentación panorámica sobre los peligros que amenazan la biodiversidad en el mundo y particularmente en nuestro país. Desafortunadamente aun no se ha logrado la comprensión a nivel global, de la relación entre la biodiversidad y el desarrollo sostenible.

Es sabido que el cambio climático podría exceder la capacidad de adaptación de muchas especies, ya sea por limitaciones en la tolerancia funcional, baja capacidad de adaptación o una reducida posibilidad para la dispersión. Esto podría provocar extinciones locales y el desplazamiento geográfico de estas especies.

Estudios asociados a modelaciones de cambios en las áreas de distribución a consecuencia del cambio climático en Cuba, muestran resultados relacionados con varias especies de plantas y animales; algunos indican que 30 de las especies de anfibios del género *Eleutherodactylus* (figura 5.40) disminuirán como promedio su rango de distribución en un 85 % para el 2050 y en un 97 % para el 2080.



Fig. 5.40 *Eleutherodactylus limbatus*

CAPÍTULO 5

Las áreas de distribución geográfica de *Eleutherodactylus limbatus* se reducirán progresivamente hasta quedar restringidas a las zonas montañosas más altas del oriente de Cuba. Siete especies del género pudieran desaparecer totalmente en el 2050 y otras once se extinguirán en el 2080. Si esto ocurriera, desaparecerían especies únicas en el mundo y se afectaría el equilibrio de los ecosistemas donde estas habitan.



Reflexiona

- ¿Será posible detener la posible extinción de especies de *Eleutherodactylus* u otras?
- ¿Cómo detener la pérdida de la biodiversidad cubana?
- ¿Qué se hace en Cuba para proteger, conservar y hacer un uso sostenible de la biodiversidad?

A esta y a otras interrogantes podrás darle solución cuando te adentres en el entramado de problemas y desafíos que entraña la protección de la biodiversidad, y su uso sostenible.

Te invitamos a que centres la atención en aspectos que serán de gran utilidad en tu desarrollo futuro como ciudadano, entre los que se encuentran el estado de conservación de los principales ecosistemas y especies de Cuba, y la conservación *in situ* y *ex situ* de la biodiversidad.

En los últimos tiempos, por la necesidad de enfrentar los problemas del deterioro de la biodiversidad desde la ciencia, se ha venido desarrollando una nueva disciplina biológica: la biología de la conservación.

La biología de la conservación es la ciencia que aplica los principios de la biología —fundamentalmente la ecología, la genética y la biología evolucionista— para mejorar el bienestar y mantenimiento de la diversidad de la vida sobre la Tierra.

El objeto de esta disciplina es la conservación de la diversidad de los organismos vivos existentes en la Tierra, al preservar las especies y fomentar la supervivencia de las poblaciones sanas, autosostenibles y genéticamente diversas dentro de las comunidades naturales, tanto por el bien de estos como por los beneficios que la biodiversidad representa para la humanidad.

Según Berovides y Gerhartz (2009), la conservación se basa en los siguientes principios:

1. No solo proteger (prohibir el uso del recurso), sino el uso sostenible de los recursos bióticos por parte del Estado y las comunidades de ciudadanos, campesinos, pescadores, etcétera.
2. El éxito de la conservación depende de la participación activa de las comunidades, sobre todo, mediante la educación ambiental.



Recuerda que ...

El desarrollo sostenible significa satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades.

El interés por los problemas de la protección, conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, requiere del trabajo mancomunado de los ecólogos, administradores de la vida salvaje —como los guardaparques— ingenieros forestales, agrónomos, genetistas, microbiólogos, botánicos y zoólogos. Pero la conservación efectiva también depende de la experiencia y el apoyo de otras personas que aunque no sean especialistas en biología tienen una función indispensable en el manejo de la biodiversidad, por ejemplo: los funcionarios del gobierno y el Estado son los decisores de las políticas y las leyes ambientalistas, los abogados que se especializan en derecho ambiental velan por cumplimiento de las leyes que protegen a las especies y sus hábitats, y los economistas ecológicos ayudan a establecer el valor de los servicios ecosistémicos.

También participan los científicos sociales, quienes investigan las formas en que diversos grupos sociales se relacionan con el medio ambiente. Los educadores inculcan a las nuevas generaciones el amor a la naturaleza, y forman en ellas sentimientos, valores y actitudes que conllevan a formar la responsabilidad hacia su preservación.

Resulta de gran importancia que todos participen en la reflexión bioética sobre la interacción de la humanidad con el medio ambiente, pues las acciones individuales de toda la población resultan determinantes si el esfuerzo y el despliegue de recursos para lograr la preservación de la biodiversidad han tenido éxito.

5.3.1 ¿Qué acciones hacen posible la protección, conservación y el uso sostenible de la biodiversidad?

La biodiversidad es fuente de recursos naturales que la humanidad ha utilizado desde sus orígenes, pero no siempre de manera sostenible. La colonización española en Cuba explotó desmedidamente los recursos forestales. Al llegar los españoles en 1492, alrededor del 90 % de la superficie terrestre estaba cubierta de exuberantes bosques, pero después de una intensa tala —primero por los españoles para hacer barcos y edificaciones y después durante la pseudorrepública para dar leña a los centrales— nuestros bosques quedaron reducidos al 16 %.



Reflexiona

- ¿Será posible utilizar la biodiversidad de manera sostenible?
- ¿Qué hacer para conservar y proteger los recursos naturales?
- ¿Se podrán restablecer los ecosistemas dañados, a su estado original?

La conservación es un proceso que incluye la realización de diversas acciones por parte de varios especialistas. Entre estas acciones se encuentran la realización de inventarios, la protección, uso sostenible y restauración de los ecosistemas y paisajes, así como de los recursos naturales en ellos contenidos.

El inventario consiste en identificar en los diferentes ecosistemas y paisajes de una región o país, las especies y grupos taxonómicos y en qué cantidad se encuentran.

Las acciones de protección se realizan cuando se identifica el deterioro del recurso, e incluyen las medidas de prohibición de su uso durante ciertos períodos de tiempo o indefinidamente.

En primer lugar se deben declarar sus sitios naturales como áreas protegidas; impulsar estudios sobre su ecología y factores que causan el declive; elaborar un plan de manejo para lograr la recuperación de la especie, los hábitats y paisajes afectados y la conservación de aquellos poco afectados; desarrollar la educación ambiental; asegurar el financiamiento; adquirir técnicas adecuadas y preparar al personal que ejecutará el estudio.

El uso sostenible implica mantener el recurso por tiempo indefinido a pesar de estar siendo utilizado, es decir, no afectar su tasa de renovación. En el caso de la biodiversidad, significa que la población en explotación

continuará estable o en crecimiento a pesar del manejo, que no se está afectando el ambiente; o sea, que el hábitat natural donde vive la población no se está alterando con la intervención y que esta es rentable desde el punto de vista económico.



Reflexiona

La naturaleza es un legado que recibimos de nuestros antepasados y que igualmente debemos legar a nuestros descendientes; ella tiene derecho a existir independientemente de nuestra presencia, lo cual conlleva aceptar obligaciones morales con esta y con otras personas. La naturaleza no debe sacrificarse en aras de ganancias económicas, de beneficios personales o de otro tipo que afecten el uso sostenible de los recursos.

El uso sostenible de los recursos bióticos de la naturaleza implica además, tomar en cuenta las tradiciones seculares de cada cultura; esto refleja las relaciones naturaleza-sociedad, es decir, la presencia de los seres humanos como parte de la naturaleza.

En la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad es muy importante el monitoreo, que consiste en la evaluación continua y el estricto control de los cambios que se operan en el recurso en investigación o explotación a través del tiempo, lo cual debe estar presente en todas las estrategias y planes de conservación.



¿Sabías que...?

Después del triunfo revolucionario, en Cuba se han creado numerosas instituciones de investigación científica que han obtenido resultados relevantes en estudios sobre de la conservación de la biodiversidad y los diversos problemas existentes en ella. Entre estos centros se destacan los siguientes:

- Instituto de Ciencias del Mar (Icimar)
- Centro de Investigaciones de Ecosistemas Costeros (Ciec)
- Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales (Ecovida)
- Instituto de Ecología y Sistemática
- Instituto de Investigaciones Agroforestales (IIIFT)
- Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (Inisav)

CAPÍTULO 5

- Jardines botánicos: Jardín Botánico Nacional de la Habana y los de otras provincias como Cienfuegos, Villa Clara.
- Museo Nacional de Historia Natural (MNHN)
- Acuario Nacional de Cuba (ANC)
- Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical (Inifat)
- Centro de Investigaciones Marinas (CIM)
- Centro Oriental de Biodiversidad y Ecosistemas (Bioeco)
- Universidades: de La Habana (UH), de Oriente (UO), Central de Las Villas (UCLV), entre otras.

A continuación te ofrecemos un resumen de las principales vías para la protección y conservación de la biodiversidad (tabla 5.3).

Tabla 5.3 Principales vías para la protección y conservación de la biodiversidad

Acciones	Características	Ejemplos
Recursos legales	Basada en la promulgación de leyes o el establecimiento de convenios por los estados y organismos internacionales	Convenio sobre la Diversidad Biológica Ley del Sistema de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente Programa Nacional sobre Diversidad Biológica Regulaciones de caza, pesca, colecta de ejemplares, creación de áreas protegidas Ley de Bienestar animal
Conservación <i>in situ</i>	Basada en la ecología, se aplica en el área natural donde habita la especie	Manejo del sitio y de la población: – Incremento de sitios de alimentación y reproducción – Regulación de depredadores y competidores – Control de la tala, el fuego, las inundaciones, etcétera – Restauración del sitio – Creación de corredores biológicos – Repoblación, reubicación – Monitoreo y control

Acciones	Características	Ejemplos
Conservación <i>ex situ</i>	Basada en zootecnia, etología, veterinaria, biotecnología; se aplica fuera del área natural	<ul style="list-style-type: none"> – Reproducción en cautiverio – Cría artificial de huevos y juveniles – Inseminación artificial – Transferencia de embriones – Clonación

En Cuba, entre los recursos legales —originados a partir de las necesidades propias, y de los convenios y organismos regulatorios internacionales— se destacan las legislaciones promulgadas a favor de la protección de la biodiversidad, entre las cuales se pueden mencionar: la Ley General de Protección al Patrimonio Cultural y al Patrimonio Natural de 2022, la Ley No 150 del Sistema de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente de 2023, la Estrategia Ambiental Nacional (EAN), establecida desde 1997 y que se actualiza por etapas, así como el Programa Nacional de Diversidad Biológica.

Estas constituyen importantes herramientas del Gobierno para la instrumentación de la política ambiental cubana. Los objetivos y acciones que contiene la EAN representan una significativa contribución a las metas del desarrollo económico y social sostenible en Cuba. Esta constituye un marco general que incluye la definición de los principales problemas ambientales del país, los objetivos estratégicos y las principales metas.



Saber más

Tanto las leyes internacionales como nacionales se modifican con el tiempo en función de las características sociales, económicas y políticas. Aquellas relacionadas con el desarrollo sostenible del país también responden al estado en que se encuentran los recursos naturales.

Los bienes y servicios de la biodiversidad constituyen riqueza natural y económica; desde inicios de la década de los '20 del siglo XXI su pérdida, junto al cambio climático y la contaminación, han sido consideradas crisis ambientales. Esto fundamenta la promulgación de macroprogramas, programas, proyectos, leyes y decretos leyes, que están haciendo posible su utilización en nuestro país, desde la concepción del desarrollo sostenible.

CAPÍTULO 5

Los objetivos estratégicos específicos identificados con la biodiversidad están dirigidos a:

- a. Armonizar e integrar las medidas y acciones de conservación y uso sostenible de la biodiversidad en las políticas y estrategias de desarrollo del país, así como en los procesos de toma de decisiones a todos los niveles.
- b. Promover la conservación de ecosistemas, hábitats, especies y genes, haciendo énfasis en las áreas con pérdida considerable de biodiversidad, y el control de sus principales amenazas.
- c. Mantener, restaurar y rehabilitar los ecosistemas, con el fin de incrementar su nivel de resiliencia y mejorar la provisión de bienes y servicios, por su rol en la adaptación y mitigación ante el cambio climático.
- d. Identificar los impactos actuales o futuros que el cambio climático puede originar en la biodiversidad del país, a fin de poder diseñar estrategias de adaptación con tiempo suficiente.

La captura ilícita de especies, es otro factor que se suma a los efectos del cambio climático sobre el desarrollo y las condiciones de vida de las especies, provocando serias consecuencias.

Para la coordinación de la actividad y de la política ambiental en las áreas protegidas, se emiten y actualizan instrumentos de carácter normativo y metodológico en los que se incorporan sus elementos, y estos sirven de guía a los planes ambientales, territoriales y a los de manejo de las áreas.



Saber más

Existen disposiciones legales que establecen restricciones de explotación o vedas, durante ciertos períodos de tiempo, anuales o permanentes. Algunas se relacionan a continuación:

- Limitaciones en época reproductiva: biajaiba, cojinúa y ostión de mangle.
- Vedas anuales: langosta común, camarón marino, camarón rosa-dor, pepino de mar, cobo.
- Vedas permanentes: caimán, cobo, cocodrilo, coral negro, jicotea, delfines, manatí, manjuarí, quelonios (carey, tortuga, caguama y tinglado).

La conservación *in situ* es la que permite preservar los ecosistemas en condiciones naturales, es decir, salvajes; y es la mejor manera de proteger la biodiversidad. El establecimiento de áreas protegidas es una variante que se utiliza siempre que sea necesario y posible, para propiciar la conservación de las poblaciones, ecosistemas y paisajes en el medio silvestre. La restauración de áreas afectadas y el establecimiento de corredores biológicos que favorecen la comunicación entre hábitats separados por la acción humana también propician este tipo de conservación, en la que la identificación y protección de sitios de gran biodiversidad son acciones prioritarias; sin embargo, dada la creciente demanda de tierra, la conservación *in situ* no puede garantizar la preservación de todos los tipos de diversidad.

El Plan del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) es un instrumento de carácter normativo y metodológico para la coordinación de las actividades y de la política ambiental en las áreas protegidas, donde sus elementos se incorporan y sirven de guía a los planes ambientales y territoriales, y a los planes de manejo de las áreas. Este comprende áreas protegidas aprobadas y en proceso de aprobación que cubren tanto áreas terrestres como marinas; el porcentaje en extensión que ocupan estas áreas con relación a las que están previstas según los estudios realizados, se incrementa sistemáticamente. En estos dos grupos se incluye casi la totalidad de las áreas con administración y gran parte de los parques nacionales, reservas ecológicas y otras áreas protegidas de significación local, superando las metas internacionales comprometidas en el Convenio de Diversidad Biológica (figura 5.41).

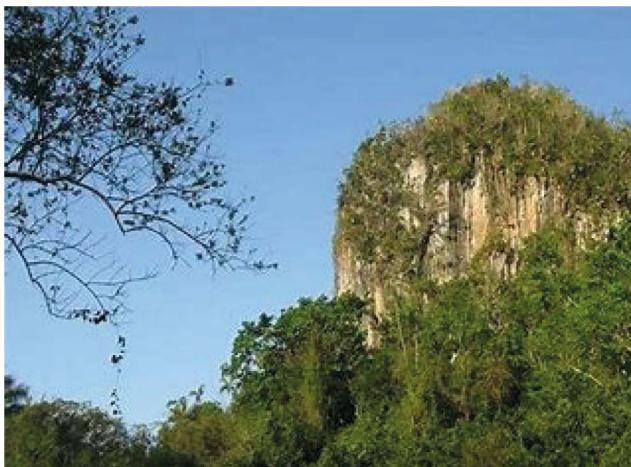


Fig. 5.41 Mil Cumbres: área protegida en la Cordillera de Guaniguanico

CAPÍTULO 5

En estas áreas se cuenta con un alto número de especies autóctonas y amenazadas: más del 92 % de las especies de vertebrados autóctonos, exceptuando peces dulceacuícolas, y más del 89 % de los anfibios, reptiles, aves, mamíferos y peces dulceacuícolas amenazados, cifras que se actualizan periódicamente.

Teniendo en cuenta que los principales valores del patrimonio natural del país se encuentran en los bosques, el cuidado y vigilancia en las áreas protegidas están a cargo de los cuerpos de guardabosques y del Servicio Estatal Forestal, que se ocupa de la política forestal y del financiamiento de las actividades de manejo que se realizan en las áreas terrestres protegidas (figura 5.42).



Fig. 5.42 Actividades de manejo en un área protegida



Saber más

Las áreas protegidas se clasifican en las siguientes categorías de manejo:

1. Reserva natural (RN): área natural sin población humana, destinada solo a actividades de investigación, monitoreo y protección.

2. Parque nacional (PN): áreas naturales o muy poco transformadas con escasa o nula población humana, para la conservación de ecosistemas completos.
3. Reserva ecológica (RE): similar a un parque nacional, de menor tamaño, pero se conservan partes de un ecosistema.
4. Elemento natural destacado (END): destinado especialmente a la conservación de rasgos destacados o excepcionales del paisaje, por su rareza, monumentalidad, carácter típico o cualidades estéticas.
5. Refugio de fauna (RF): área designada para la protección y manejo activo de los hábitats y especies de la fauna silvestre, con la finalidad de conservar sus poblaciones.
6. Reserva florística manejada (RFM): área natural o seminatural que requiere manejo específico y activo, para lograr la conservación y manejo de determinadas comunidades vegetales o especie de la flora.
7. Paisaje natural protegido (PNP): área natural o seminatural designada para la protección de paisajes, mantenimiento de los servicios medioambientales que este brinda, y el desarrollo del turismo sostenible.
8. Área protegida de recursos manejados (APRM): área designada para la conservación de la biodiversidad, el paisaje y el uso sostenible de los recursos naturales.

Las zonas bajo régimen especial de uso y protección, son áreas legalmente establecidas en las que las actividades pesqueras se rigen por disposiciones. Estas zonas contribuyen a la protección y conservación de la biodiversidad, pues constituyen un refugio natural —temporal o permanente— para un gran número de especies marinas durante su ciclo de vida. Además, constituyen áreas donde se reproducen, alimentan y desarrollan los principales grupos comerciales, en las primeras fases de sus ciclos de vida. Estas promueven el desarrollo de planes de acción para el manejo integrado de los recursos marítimos costeros, así como los ecosistemas que ellas representan.

La conservación *in situ*, también comprende la restauración de hábitats dañados o destruidos. Por ejemplo, las tierras perturbadas —como un bosque talado o una playa destruida por el turismo— pueden recuperarse

CAPÍTULO 5

y ser convertidas en ecosistemas naturales con altos niveles de biodiversidad, tal y como eran originalmente. Estas acciones corresponden a la restauración.

La restauración de un ecosistema se puede definir como la intervención humana sobre alguno de sus componentes estructurales (composición y diversidad de especies) y funcionales (tramas tróficas) con el objetivo de retornarlo a su estado original, mejorar alguna propiedad —en este caso se habla de rehabilitación— o cambiarlo a un estado alternativo superior, es decir, su mejoramiento.

Mediante las actividades de restauración se establece el hábitat para la vida silvestre, pero también tiene beneficios adicionales, como la regeneración del suelo dañado por la agricultura o la minería. Entre sus desventajas se incluyen la cantidad de tiempo que se requiere para restaurar la zona y su alto costo.



¿Sabías que...?

La Asamblea General de las Naciones Unidas declaró 2021-2030 la Década de las Naciones Unidas para la Restauración de los Ecosistemas, con lo que se podrían eliminar hasta 26 Gt de gases de efecto invernadero de la atmósfera, como medida de probada eficacia para luchar contra el cambio climático y mejorar la seguridad alimentaria, el suministro de agua y la biodiversidad.

En nuestro país se trabaja arduamente en la restauración de playas, arrecifes coralinos, manglares y bosques. Estos ecosistemas han sido muy afectados por eventos climatológicos y la explotación humana.

Los trabajos de restauración de playas se desarrollan en numerosos sitios del país, basados en las experiencias obtenidas de procesos de vertimientos de arena desde fondos marinos cercanos y sumando otras prácticas como la siembra de plantas fundamentales, la estabilización y restauración de la vegetación que permita inmovilizar la arena de las dunas, la construcción y montaje de pasarelas elevadas para facilitar el acceso de los bañistas a la playa y proteger la duna recién creada (figura 5.43), además se trabaja en la comunicación social y la educación ambiental en esas zonas.



Fig. 5.43 Duna de arena restaurada en Playa Pilar, Cayo Guillermo (Ciego de Ávila)

La restauración de los arrecifes incluye acciones activas de propagación y siembra de corales, remoción de algas y adición de sustratos. Este es un campo importante de la conservación marina que busca recuperar la salud y la biodiversidad de los arrecifes de coral, los cuales se encuentran amenazados por el cambio climático, la contaminación, la pesca destructiva y otras acciones humanas. La restauración de arrecifes puede implicar propagación de corales cultivados en viveros marinos, instalación de estructuras artificiales para promover el crecimiento coralino, eliminación de especies invasoras y protección de hábitats marinos claves.

Es fundamental además abordar las causas subyacentes de la degradación de los arrecifes, con acciones como la reducción de emisiones de carbono para evitar el incremento de la temperatura y la acidificación del mar, y la protección de zonas costeras para prevenir la escorrentía de sedimentos y productos químicos hacia los arrecifes. Ambas son causas que provocan el desequilibrio del ecosistema.

La restauración de arrecifes es esencial para preservar estos ecosistemas vitales, que no solo albergan una gran diversidad de vida marina, sino que también brindan protección costera y sustento a las comunidades locales.

En Cuba se utiliza tanto la reproducción asexual como la sexual para la propagación.



¿Sabías que...?

Debido al deterioro que presentan los arrecifes coralinos, en nuestro país se realiza la restauración utilizando los conocimientos sobre

los tipos de reproducción de los corales: se propicia su multiplicación mediante la reproducción asexual con la que se obtienen clones de la especie necesaria, o aplicando técnicas de reproducción sexual asistida, se logran individuos con variabilidad genética. Este método amplía las posibilidades de fecundación y los sustratos necesarios para la fijación, lo que ocurre al culminar la fase larvaria (figura 5.44).

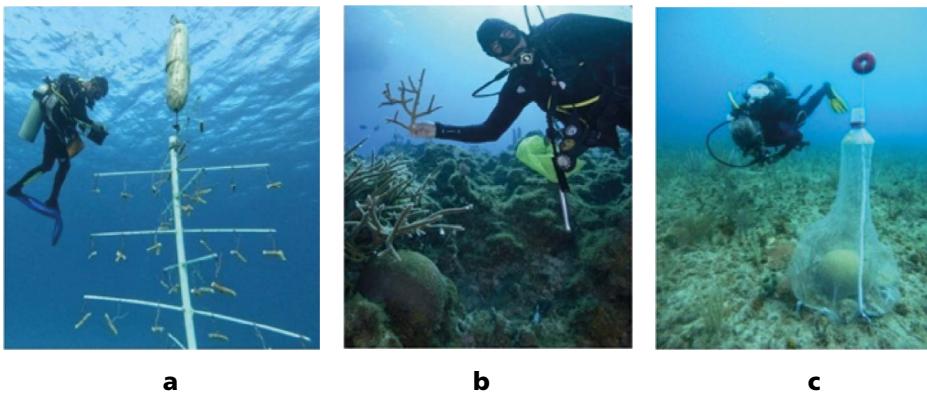


Fig. 5.44 Restauración de arrecife coralino: a) obtención de clones por fragmentación en granjas acuáticas, b) siembra de un clon en un arrecife, c) reproducción sexual asistida de corales

Los pastos marinos son ecosistemas acuáticos altamente productivos y diversos que se encuentran en aguas costeras y estuarios. Tienen una gran importancia ecosistémica y económica. Algunas razones clave de por qué son importantes son las siguientes:

- Biodiversidad: albergan una gran variedad de especies animales y vegetales, proporcionando hábitats y refugio a una amplia gama de organismos marinos. Muchas especies de peces, crustáceos y moluscos dependen de los pastos marinos para alimentarse, reproducirse y protegerse.
- Protección costera: actúan como barreras naturales contra la erosión costera. Sus densas raíces y rizomas ayudan a estabilizar el sedimento y reducir la fuerza de las olas, protegiendo las costas de la erosión causada por la acción del viento y las corrientes marinas.
- Ciclo de nutrientes: desempeñan un papel importante en el ciclo de nutrientes de los ecosistemas acuáticos. Capturan y

almacenar grandes cantidades de carbono y nutrientes, ayudando a mantener la calidad del agua y prevenir la proliferación de algas nocivas.

- Pesca y acuicultura: son hábitats críticos para muchas especies de peces y mariscos importantes en la pesca comercial y recreativa. También sirven como viveros naturales, protegiendo a los juveniles de depredadores y proporcionando abundantes alimentos.
- Turismo y recreación: los pastos marinos y los ecosistemas asociados son destinos populares para el turismo y la recreación. Muchas personas disfrutan de actividades como el buceo, la pesca deportiva y el avistamiento de aves en estos entornos naturales, lo que contribuye a la economía local.

En resumen, los pastos marinos desempeñan una función importante en la salud y el equilibrio de los ecosistemas costeros. Su conservación y protección son fundamentales para garantizar la sostenibilidad de los recursos marinos y el bienestar de las comunidades que dependen de ellos.

La restauración de manglares es otra de las actividades muy importantes de conservación *in situ*, debido a que están siendo sometidos a una deforestación a gran escala, por el desarrollo de la acuicultura, la agricultura y la urbanización.

Algunas de las formas de restauración incluyen la reforestación, la eliminación de especies exóticas invasoras, la regulación de los recursos naturales, así como las técnicas de conservación del suelo y el agua que protegen la salud del manglar en épocas de abundantes lluvias (figura 5.45).



Fig. 5.45 Siembra de mangle en Mayabeque

CAPÍTULO 5

La restauración de bosques es un proceso crucial para recuperar áreas degradadas, promover la biodiversidad y mitigar los efectos del cambio climático. Este proceso implica la plantación de árboles nativos, la gestión sostenible de los recursos forestales, la protección de los hábitats naturales y la promoción de prácticas forestales responsables.

Algunas técnicas comunes utilizadas en la restauración de bosques incluyen la reforestación, la regeneración natural asistida, la eliminación de especies invasoras, la prevención de incendios forestales y la promoción de la educación ambiental. Estas acciones contribuyen a restablecer los ecosistemas forestales, mejorar la calidad del suelo, conservar el agua y proporcionar hábitats para la fauna silvestre.

La restauración de bosques es esencial para contrarrestar la deforestación, proteger la diversidad biológica y fomentar el desarrollo sostenible en las comunidades locales (figura 5.46).



Fig. 5.46 Zona boscosa en Topes de Collantes



Saber más

La restauración de ecosistemas es un proceso complicado que requiere de planeación avanzada y del estudio de las condiciones del lugar, incluidas sus especies nativas y exóticas. Durante el proceso de restauración suelen introducirse especies nativas mientras se eliminan hasta donde sea posible las importadas.

Otra de las medidas que se toman en este tipo de conservación *in situ* es el establecimiento de corredores biológicos.

Un corredor biológico es un área generalmente alargada que conecta dos o más regiones, evitando el aislamiento de sus poblaciones.

Estos pueden ser franjas estrechas de vegetación, bosques ribereños, túneles por debajo de carreteras, plantaciones, vegetación remanente o grandes extensiones de bosques naturales. Es una medida contra la fragmentación de ecosistemas generalmente ocasionada por la actividad humana (figura 5.47).

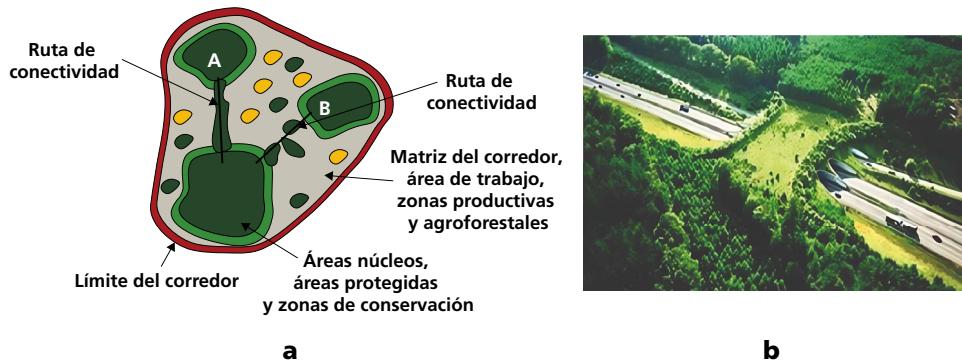


Fig. 5.47 Corredor biológico: a) modelación de sus componentes, b) puente sobre una carretera

Los corredores mantienen la continuidad de los procesos bióticos entre las áreas fragmentadas, como en la dispersión de los individuos. Generación tras generación las poblaciones se dispersan y colonizan exitosamente lugares lejanos al sitio donde nacieron. En el caso de las plantas, las semillas realizan la dispersión; en los animales, los que migran son generalmente individuos jóvenes. Los corredores permiten el movimiento y colonización, con lo que se previenen la extinción local de poblaciones y se mantiene el flujo genético, reduciéndose la consanguinidad y conservándose así la diversidad de especies en los fragmentos.

La conservación *ex situ* implica conservar los distintos niveles de la biodiversidad en ambientes controlados por el ser humano, en un intento por salvar especies que se encuentran al borde de la extinción. La reproducción de especies en cautiverio en zoológicos, acuarios y jardines botánicos, y el almacenamiento de semillas vegetales genéticamente diversas, son ejemplos de esta vía de conservación.

Aplicación práctica

En el rescate de especies en peligro de extinción, la biología de la conservación está utilizando modernas técnicas de reproducción asistida, desarrolladas tanto en humanos como en la ganadería; entre estas encontramos la inseminación artificial, la fertilización *in vitro*, la transferencia de embriones y la conservación del genoma y los gametos, entre otras.

Actualmente se desarrollan bancos de ADN y de embriones congelados, con vistas a regenerar en un futuro las especies que estos representan, una vez restituidos sus hábitats naturales.

Es posible recolectar huevos del medio silvestre, o capturar los pocos animales restantes de una especie e inducir su reproducción en zoológicos y otros entornos de investigación, empleando técnicas especiales como la inseminación artificial, la fertilización *in vitro*, la transferencia de embriones entre especies distintas, o la maternidad sustituta, e incluso la clonación, para incrementar el número de descendientes.

En Cuba existe una Red Nacional de Herbarios en la que participan muchas provincias, que difunde buenas prácticas en la búsqueda de una colección vegetal preservada. También existe más de un centenar de colecciones zoológicas, en diversas instituciones con intereses y prioridades muy diferentes. El incremento discreto pero continuo de estas colecciones, ha permitido una representatividad de casi el 50 % de las especies de la fauna registradas para el archipiélago.

También se cuenta con una Red Nacional de Jardines Botánicos de funcionamiento estable, que tiene a su cargo la implementación de la Estrategia Nacional para la Conservación de Especies Vegetales.

Tanto los jardines botánicos como los zoológicos desempeñan una importante labor en la conservación de las especies, con la finalidad de proteger y manejar la biodiversidad, a través del diseño y la aplicación de planes para la recuperación de especies silvestres amenazadas.

Como puede apreciarse son disímiles los esfuerzos que se realizan para conservar nuestra biodiversidad, en los que intervienen colectivos formados por personas de diferentes profesiones y de todo el país, pero que

todas tienen un objetivo común: preservar la biodiversidad y el equilibrio de la naturaleza para las futuras generaciones de cubanos.

5.3.2 ¿Cómo se puede garantizar la seguridad alimentaria y al mismo tiempo la protección y conservación de los agroecosistemas?

Ya conoces que los agroecosistemas son indispensables en la vida humana, pues son la fuente de bienes y servicios que nos permiten la alimentación. Sin embargo, también pudiste comprobar que un manejo inadecuado de estos ecosistemas provoca impactos negativos, como la fragmentación del hábitat, la degradación de los suelos y la pérdida de la cobertura forestal, afectándose como resultado el equilibrio de la biodiversidad.



Reflexiona

- ¿Cómo realizar un manejo de los agroecosistemas que contribuya a la seguridad alimentaria?
- ¿Cómo podemos desarrollar una agricultura sostenible, sin afectar la biodiversidad?

Desde que la humanidad creó la agricultura, transformó la naturaleza adaptando sus sistemas de cultivo a las condiciones ambientales y sociales existentes.



De la historia

Después de la Segunda Guerra Mundial y como resultado del imponente desarrollo científico y tecnológico, surgió la agricultura convencional “moderna” o industrial. Bajo el pretexto de garantizar la alimentación para todos los seres humanos, se desarrolló una forma intensiva de agricultura basada en el empleo de maquinarias y productos químicos como fertilizantes, agrotóxicos, herbicidas y sustancias sintéticas para la ganadería, que lejos de satisfacer las necesidades alimentarias de la población mundial buscaba maximizar las ganancias de las transnacionales.

En la Cumbre de la Tierra celebrada en 1992 en Brasil, nuestro líder Fidel Castro denunció esta situación, alzando su voz en nombre

CAPÍTULO 5

de los países subdesarrollados. Luego, en su última intervención pública del 19 de abril del 2016, volvió a insistir en la necesidad de encontrar el camino a la solución de uno de los problemas más acuciantes de la humanidad: el de la alimentación de millones de personas, sin comprometer el futuro de nuestro planeta.

Hoy es un reto desarrollar una agricultura que proporcione alimentos sanos para todos y que a la vez garantice la protección de las tierras agrícolas, la salud de los suelos, el empleo sostenible de los acuíferos y la conservación de la biodiversidad.

Como parte de nuestro patrimonio natural, la biodiversidad es fundamental para la seguridad alimentaria (figura 5.48), como se expresa en los lineamientos socioeconómicos de desarrollo del país.



Fig. 5.48 El trabajo como medio de obtención de la seguridad alimentaria

En los últimos años han emergido nuevas soluciones que integran prácticas heredadas de nuestros campesinos y primeros pobladores, con los avances científico-técnicos, encaminados al logro de una agricultura sostenible.

El desarrollo agrosostenible está sustentado en prácticas que son socialmente justas, naturalmente sanas y económicamente viables:

- Se consideran actividades socialmente justas, cuando la organización productiva y los objetivos del bienestar social son compatibles con los valores culturales y éticos.

- Se consideran actividades naturalmente sanas, cuando el sistema de prácticas adoptado no utiliza agrotóxicos y mantiene los principios de conservación del medio ambiente.
- Se consideran actividades económicamente viables, cuando el sistema de prácticas adoptado y los recursos naturales en uso, producen una rentabilidad razonable y estable, con alta productividad y eficiencia.

La agroecología es la base científica para el desarrollo de soluciones prometedoras con vistas a lograr la seguridad alimentaria de los cubanos. Está centrada tanto en la producción como en la sostenibilidad ecosistémica. Por lo tanto, la idea de que un campo de cultivo es un ecosistema dentro del cual se deben considerar la complejidad de las interacciones entre todos los componentes —ciclos de nutrientes, interacción depredador/presa, competencia, comensalismo— y la influencia de los factores sociales, económicos, culturales, políticos y éticos de los seres humanos, es una propuesta que difiere del enfoque que hace énfasis solamente en la producción y el máximo rendimiento. Esta concepción es compartida en los momentos actuales por la mayoría de los científicos agrícolas.



Saber más

La agroecología tiene sus raíces en las ciencias agrícolas, el movimiento del medio ambiente, la ecología, el análisis de agroecosistemas indígenas y en los estudios sobre el desarrollo rural. Cada una de estas áreas de investigación tiene objetivos y metodologías muy diferentes; sin embargo, viéndolas en conjunto, todas han sido influencias legítimas e importantes en el pensamiento agroecológico.

La idea consiste en desarrollar agroecosistemas con dependencia mínima en agroquímicos e insumos energéticos enfatizando en los sistemas agrícolas complejos, en los que las interacciones ecológicas y las sinergias entre los componentes bióticos, proporcionan mecanismos que permiten a los sistemas agroecológicos subsidiar la propia fertilidad y productividad de sus suelos y la protección de los cultivos.

La agroecología moderna es una concepción holística y sistemática de las relaciones entre las sociedades humanas y la biodiversidad de

CAPÍTULO 5

cada ecosistema, orientada a la producción agraria en armonía con las leyes naturales.

Cualquier campo de cultivo, un conjunto de campos, una unidad agrícola o un paisaje formado por diferentes unidades agrícolas, son ecosistemas a los que se les denominan agroecosistemas.

El enfoque agroecológico considera a los agroecosistemas, unidades fundamentales de estudio en las que se investigan y analizan como un todo, los ciclos minerales, las transformaciones de la energía, los procesos bióticos y las relaciones socioeconómicas que en ellos se producen. En el desarrollo agroecológico, la biodiversificación es el principio más importante para asegurar la autorregulación y sostenibilidad.

Por lo expuesto hasta aquí, podemos concluir que el objetivo fundamental de la agroecología es entender más profundamente la ecología de los sistemas agrarios, en aras de favorecer opciones de manejo afines a una agricultura verdaderamente sostenible.

Basados en esta ciencia se desarrollan métodos, prácticas y técnicas que han sido denominadas de diferentes maneras: agricultura ecológica, orgánica, viva, alternativa, de conservación natural, permacultura, entre otras. Todas ellas tienen como objetivo común el desarrollo de una agricultura sostenible, y aunque se han dado a conocer con diferentes términos, son en esencia muy similares, por lo que resulta provechoso entender todo lo que puede integrar las diferentes variantes. Comentaremos dos de ellas: la agricultura orgánica y la de conservación.



Recuerda que ...

Asegurar el ciclo de los elementos en la naturaleza es imprescindible para que al interactuar con ella, las acciones resulten sostenibles. En ello intervienen las cadenas tróficas y las tramas alimentarias que estudiaste en grados anteriores, así como la estrecha interdependencia entre los diferentes niveles ecológicos que aseguran la integridad de estas.

La agricultura orgánica ha sido identificada como la que solo emplea abonos orgánicos, sin embargo, en su concepción más amplia consiste en una agricultura que encaja orgánicamente dentro de los equilibrios naturales; considera que cada intervención externa en los ciclos ecosistémicos altera

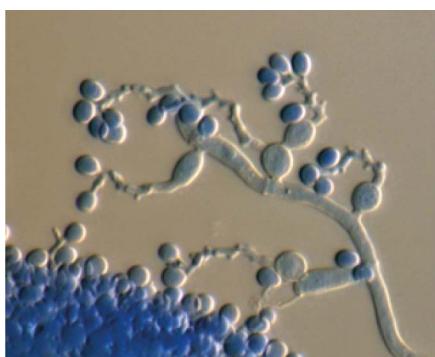
el equilibrio existente. Su objetivo es producir alimentos sanos, económicos, accesibles a la población y libres de agrotóxicos, sin contaminar el medio ambiente, eliminando todos los insumos y prácticas que los perjudiquen.

Para ello utiliza diferentes técnicas: sistemas de conservación del suelo y el agua, uso de abonos orgánicos y verdes, prácticas de cultivo que eviten el desequilibrio del suelo, rotación y asociación de cultivos, control de malezas, plagas y enfermedades mediante medios y técnicas naturales, etcétera.

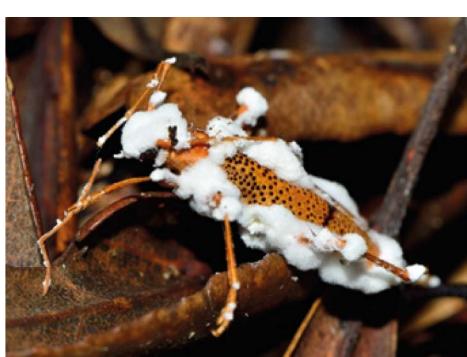
Aplicación práctica

El denominado “control biológico” es una alternativa más sana, en la que se reproducen artificialmente organismos vivos como insectos, hongos y bacterias, conocidos como “agentes” o “medios biológicos”, que regulan el tamaño de las poblaciones de plagas en el medio natural. Esta es una tecnología de control desarrollada a partir del conocimiento del modo en que se relacionan las diferentes poblaciones de especies en la naturaleza (figura 5.49).

A diferencia de los insecticidas químicos, que crean dependencia en su uso y ofrecen soluciones momentáneas o temporales, el control biológico puede ser perdurable e incluso permanente, pues contribuye a la restitución del equilibrio natural de los ecosistemas, y presenta como beneficio adicional el no causar daños o complicaciones a la salud de los agricultores productores, ni de los consumidores humanos o animales.



a



b

Fig. 5.49 Hongo entomopatógeno *Bauveria bassiana*: a) microfotografía, b) insecto infestado por el hongo

CAPÍTULO 5

Las investigaciones sobre la agrobiodiversidad proporcionan la base para el desarrollo de la agricultura orgánica. Es un término que incluye todos los niveles de la biodiversidad de importancia en la alimentación y la agricultura, y que apoyan el desarrollo de los agroecosistemas.

Entre los componentes que apoyan el desarrollo de los agroecosistemas se incluye a nivel de especie, el empleo de lombrices y hongos; estos contribuyen a la disponibilidad y al ciclo de los nutrientes que necesitan las plantas, mediante la desintegración y descomposición de materiales orgánicos, fundamental en la producción de compost y humus de lombriz de tierra (figura 5.50).



Fig. 5.50 Producción de humus de lombriz de tierra

En los sistemas agroecológicos suelen integrarse las acciones agrícolas, ganaderas y forestales, lo que ofrece la ventaja de no afectar los ciclos de la naturaleza, propia del concepto de agricultura orgánica. Por ejemplo, cuando se combina la ganadería con árboles forrajeros, forestales y frutales, se establecen condiciones que complementan hábitos alimentarios y de conducta de los animales, y a la vez proporciona beneficios como sombra y biomasa de calidad, frutas y madera.



Saber más

El cultivo de frutales se potencia tanto para el desarrollo económico del país como por la relación de estos con la seguridad alimentaria y la educación nutricional, dado su aporte en vitaminas, minerales y fibra dietética. Los frutales más conocidos en Cuba son exóticos, pues provienen de las zonas tropicales del continente americano,

africano y asiático; estos también están relacionados con nuestra historia patria: la Protesta de Baraguá se produjo a la sombra de unos árboles de mango y la ceremonia de fundación de la actual ciudad de Santa Clara, se realizó bajo un árbol de tamarindo.

También es posible mejorar los cultivos mediante la producción y el empleo de compost a partir de las heces de los animales, con la adaptación zonal de especies, el empleo de plantas medicinales y de tracción animal siempre que sea posible. La rotación de las áreas de pastoreo, la creación de bancos de proteínas y la asociación de cultivos de gramíneas y leguminosas, favorece la alimentación de los animales (figura 5.51).



a

b

Fig. 5.51 Asociación de cultivos en una finca:
a) habichuela con rábano,
b) habichuela con acelga

Otra opción que cada vez cobra más auge en la actualidad es la agricultura de conservación, que consiste en un sistema agrícola sin labranza del suelo. Esta práctica está caracterizada por tres principios entrelazados (figura 5.52).

1 Perturbación mínima del suelo



2 Cobertura permanente del suelo: residuos de la cosecha o abono orgánico



3 Rotación de cultivos y/o asociación de cultivos



Fig. 5.52 Principios de la agricultura de conservación

CAPÍTULO 5

Según esta propuesta es posible mantener la cobertura vegetal de los suelos por métodos naturales; por ejemplo: la siembra directa es una de las mejores técnicas de conservación de suelos que se realiza sobre los restos del cultivo anterior sin laborear el suelo, abriendo apenas una mínima labranza en un surco para la semilla y el fertilizante, y usando sembradoras especiales con una batería de discos y cuchillas que realizan la operación en el suelo (figura 5.53).



Fig. 5.53 Técnica de siembra con mínimo laboreo

Al evitar el uso del arado esta técnica permite la conservación del suelo y de su actividad biótica, con las ventajas que ofrece la presencia de cobertura sobre el terreno, y la reducción significativa de la compactación de sus capas más profundas. Su principal desventaja es el uso inicial de herbicidas para controlar malezas, por eso es fundamental la asesoría de un agrónomo o técnico especializado en el proceso. No obstante, las ventajas al ser acumulativas se incrementan cosecha a cosecha.



Reflexiona

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), se habla de seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen acceso en todo momento a alimentos suficientes, seguros y nutritivos para cubrir sus necesidades nutricionales, y las preferencias culturales para una vida sana y activa.

¿Cómo valoras el esfuerzo que se hace en nuestro país para lograr un desarrollo sostenible que propicie la seguridad alimentaria de la población?

Entre las estrategias cubanas para desarrollar una agricultura sostenible y lograr la seguridad alimentaria se encuentran:

- Obtener variedades con rendimientos superiores y estables.
- Lograr un mejoramiento genético con tendencias modernas mucho más eficientes, sin abandonar los sistemas convencionales de mejora y selección.
- Las biotecnologías deberán superar barreras sociales y monopolizadoras para ponerse al servicio del incremento de la seguridad alimentaria y de vida de todos los seres humanos, sustentadas en principios éticos, conservacionistas y más que todo, humanistas.
- Estabilizar los rendimientos a través de la resistencia múltiple y la tolerancia al estrés abiótico.
- El fomento de la agricultura urbana, suburbana y familiar (figura 5.54).



a



b



c

Fig. 5.54 Agricultura urbana, suburbana y familiar: a) organopónico, b) huerto intensivo en una finca, c) parcela de autoconsumo en una escuela

CAPÍTULO 5

La agricultura urbana, suburbana y familiar se define como la producción de alimentos dentro del perímetro urbano y suburbano con prácticas intensivas, teniendo en cuenta la interrelación personas–cultivos–animales–medio ambiente, y las facilidades de la infraestructura urbanística que propician la estabilidad de la fuerza de trabajo y la producción diversificada de cultivos y animales durante todo el año, basadas en manejos sostenibles que permitan el reciclaje de los desechos.

Las prácticas de producción alimentaria sostenible y las estrategias de adaptación y mitigación a los efectos del cambio climático se sostienen mutuamente. Muchas estrategias de manejo del riesgo climático y meteorológico se relacionan plenamente con prácticas de agricultura sostenible, y pueden de esta forma promoverse a través de muchos de los programas y políticas que persiguen una producción responsable, y amigable con el medio ambiente.

La integración de ambas constituye factor clave, tanto para la práctica y promoción sostenible de alimentos, como para el desarrollo de políticas de adaptación al cambio climático.

Consideraciones finales

La biología de la conservación tiene como meta preservar la diversidad de los organismos vivos existentes en la Tierra, fomentando la supervivencia de poblaciones sanas, autosostenibles, y genéticamente diversas dentro de las comunidades y ecosistemas, tanto por su valor intrínseco como por los beneficios que representa para la humanidad.

Las interrelaciones evidenciadas entre los niveles superiores de organización de la vida es una muestra más de la integridad de la naturaleza, lo cual implica la aplicación de un enfoque ecopaisajístico en la conservación de la biodiversidad. Existen diferentes vías para la conservación de la biodiversidad como la promulgación de leyes y decretos, la conservación *in situ* y la conservación *ex situ*, cuyas acciones se actualizan con el curso del tiempo.

El desarrollo agrosostenible permite la sustentabilidad, la seguridad alimentaria, la estabilidad de los ecosistemas, la conservación de los recursos naturales y la equidad, y se sustenta en la aplicación científica de la agroecología.

Expresiones como agricultura orgánica y de conservación, conocidas en la agricultura no solo responden a las limitantes de los factores abióticos y bióticos del medio ambiente y de las necesidades de cultivo, también expresan aspiraciones humanas de subsistencia y desarrollo económico sostenible.

La biodiversidad agrícola es un importante componente a tener en cuenta en el desarrollo de estrategias de producción, para responder a los desafíos del cambio climático y aumentar la adaptación a condiciones medioambientales cambiantes: sequías, salinización, inundaciones, entre otras.

Comprueba lo aprendido

1. Argumenta por qué es indispensable para el equilibrio de la naturaleza que los seres humanos protejan, conserven y hagan un uso sostenible de la biodiversidad.
2. Analiza el ejemplo del inicio del epígrafe relacionado con la vulnerabilidad de las especies de anfibios del género *Eleutherodactylus*. ¿Por qué las medidas de enfrentamiento al cambio climático están estrechamente relacionadas con la conservación de la biodiversidad?
3. Establece las diferencias entre la conservación *in situ* y *ex situ*, así como la finalidad común que poseen. Cita ejemplos representativos de cada tipo en el país o en tu provincia.
4. Ejemplifica qué se hace en Cuba para proteger, conservar y hacer un uso sostenible de la biodiversidad.
5. Profundiza sobre los efectos del cambio climático en los diferentes ecosistemas y las medidas que se pueden tomar para mitigarlos y adaptarse a las nuevas condiciones climáticas.
6. Argumenta la siguiente afirmación: La sostenibilidad es la clave de la conservación, pues la vida y el desarrollo sustentables propician el equilibrio ecosistémico y estimulan el bienestar de la humanidad a largo plazo.
7. Ejemplifica cómo podemos desarrollar una agricultura sostenible sin afectar la biodiversidad.
8. Elabora un esquema lógico de contenidos con los siguientes conceptos: agricultura sostenible, agroecología, agricultura orgánica, agricultura de conservación.
9. Argumenta por qué los conocimientos ecológicos son esenciales para alcanzar la sostenibilidad de la agricultura.

CAPÍTULO 5

- 10.** El campesino cubano José Antonio Casimiro expresó: "La agroecología es una forma de convivir con la naturaleza, en armonía con ella, sirviéndonos sin perjudicarla, imitándola; es la forma de hacer agricultura para toda la vida, de obtener beneficios sin perjudicar a nada ni a nadie".
¿Cómo se manifiestan los conceptos más importantes de la agroecología en esta idea?
- 11.** Ejemplifica la siguiente afirmación: La agricultura orgánica no es solo la aplicación de abonos orgánicos, es también una agricultura que encaje orgánicamente en el equilibrio de la naturaleza.
- 12.** En el cultivo de boniato del huerto de tu escuela hay una plaga de tetuán. Unos estudiantes opinan que lo más rápido es erradicarla con un insecticida, otros que debe aplicarse un controlador biológico. ¿Qué método utilizarías tú? ¿Por qué?
- 13.** Si fueras un agricultor, ¿qué factores ambientales considerarías importantes para obtener un mejor rendimiento de tus cosechas? Fundamenta tu respuesta. ¿Cómo afecta el cambio climático a estos factores?
- 14.** Ejemplifica la afirmación siguiente: Los componentes de la biodiversidad —genética, de especies, de ecosistemas— son de gran importancia, tanto para la alimentación como para la agricultura, pues apoyan el desarrollo de la agricultura sostenible.

DESAFIOS

1. En el V informe que rindió Cuba ante el Convenio de Diversidad Biológica se valoró como alto el cumplimiento de las metas 5 y 9, que en su esencia plantean:
 - Meta 5: [...] la reducción del ritmo de la pérdida de todos los hábitats naturales.
 - Meta 9: [...] la identificación y control o erradicación de especies exóticas invasoras priorizadas.Diseña acciones que te posibiliten materializarlas en un área seleccionada de tu comunidad.
2. Ya conoces que en los distintos sistemas bióticos se evidencia la relación estructura-propiedades-funciones-funcionamiento en interacción con el medio ambiente, como manifestación de la integridad de la naturaleza. Selecciona uno de los ecosistemas cubanos,

y considerando además tus conocimientos sobre la dinámica de este nivel de organización de la vida y de las poblaciones que lo conforman, elabora un texto en el que expliques y ejemplifiques esta relación.

3. Elabora un mapa conceptual donde se evidencie la interrelación entre varios de los ecosistemas estudiados, desde el punto de vista paisajístico y conservacionista. Te sugerimos que tomes como centro uno de los ecosistemas y lo interrelacione con otros.
4. Investiga las características más importantes de los ecosistemas que caracterizan tu localidad o sus alrededores. Propón acciones que puedes realizar para mitigar los efectos de la pérdida de la biodiversidad, refiriéndote a los aspectos siguientes:
 - características físico-geográficas
 - flora
 - fauna
 - importancia económica, en la naturaleza y cultural
 - acciones perjudiciales de los seres humanos
 - medidas para evitar la pérdida de la biodiversidad
5. Con relación a la afirmación siguiente te proponemos que realices la técnica de concordar y discordar con un grupo de estudiantes, y luego socialices con otros las conclusiones a las que llegaron:
Resulta de gran importancia el cumplimiento de las legislaciones vigentes que regulan la protección y conservación de la biodiversidad, el continuo desarrollo de los centros de investigación, así como la creación de redes y sitios de información para compartir evidencia sobre el tema, a nivel nacional e internacional.
6. Si conocieras del proyecto de construcción de un asentamiento humano en áreas donde existe diversidad de especies amenazadas o no identificadas por las autoridades del Citma de la localidad:
 - a) ¿Qué acciones preventivas promoverías en la comunidad para su conservación?
 - b) ¿Qué argumentos expondrías para convencer a los vecinos y a los decisores administrativos sobre la conveniencia de ejecutar las acciones que propones?
7. Selecciona un parque o área verde de los alrededores del centro en el que estudias y propón acciones que puedes realizar junto a tu grupo para preservar su biodiversidad, así como potenciar los bienes y servicios que reporta.

CAPÍTULO 5

8. Localiza en tu municipio o área cercana a la escuela, un huerto, parcela productiva o área protegida, con el propósito de experimentar un acercamiento a los eventos ocurridos allí, relacionados con la pérdida de la biodiversidad. Visítala con un grupo de compañeros, realiza observaciones y lista los datos que obtengas; considera además la información obtenida de entrevistas a los trabajadores y a los ejecutivos.
9. El caracol africano es una especie exótica invasora introducida en nuestro país por una conducta irresponsable de violación de normas aduaneras. Esta especie constituye un riesgo tanto para los ecosistemas como para la salud humana, ya que transmite una enfermedad grave, por lo que no debemos ponernos en contacto con él en ninguna circunstancia. Si se identifica en algún lugar, debe reportarse de inmediato a las autoridades competentes.
 - a) Investiga cuáles son los riesgos de la introducción de esta especie en nuestro país, tanto para los ecosistemas como para la salud humana.
 - b) Valora el comportamiento de personas que introducen especies foráneas.
 - c) Investiga cuáles son las medidas que se deben adoptar ante la presencia de ejemplares de esta especie. Puedes acudir a las entidades de Higiene y Epidemiología del Minsap, así como a las del Sistema de Alerta Temprana y Respuesta Rápida del Citma de tu localidad.
10. Elabora mensajes dirigidos a la protección de la biodiversidad que caracteriza tu comunidad. Puedes redactar mensajes y enviarlos por el celular, o redactarlos en pancartas que luego coloques en murales de lugares públicos.
11. Gestiona información acerca de la diversidad de ecosistemas que existen en tu provincia. Selecciona uno y caracterízalo, auxiliándote del portal del Citma de tu localidad. Propón medidas de aplicación general para obtener los bienes y servicios que este ecosistema aporta de forma sostenible.
12. Investiga sobre la diversidad de especies que existe en tu provincia o localidad y el grado de amenaza en que estas se encuentran. Elabora una "Lista Roja" de tu localidad.
13. Supón que en tu provincia existe un grupo de moluscos de concha muy vistosa que se encuentra en la categoría de vulnerable (VU). Un

BIOLOGÍA

- amigo artesano te pide que le colectes varios ejemplares y te propone un pago a cambio. ¿Qué harías? Justifica tu respuesta.
14. En una comunidad costera, los pobladores devastaron el manglar para reducir los mosquitos y producir carbón. A los pocos meses un ciclón provocó una seria penetración del mar que destruyó gran cantidad de casas del poblado. ¿Qué explicación darías a esta situación? Propón medidas para restaurar y conservar el manglar.
15. Conéctate a: <http://www.ecosis.cu/biocuba/biodiversidadcuba> e investiga sobre las características de la biodiversidad cubana no estudiadas en clases o aquellas que te resultaron más interesantes. Elabora un resumen, artículo, presentación o cartel a partir de tu búsqueda, que te facilite socializar la información obtenida con el resto de la comunidad educativa a la que perteneces, sensibilizándola hacia la protección, conservación y uso sostenible de dicha biodiversidad.
16. Para que entre todos contribuyan a la protección del medio ambiente resulta indispensable realizar una evaluación de su estado y en consecuencia adoptar las medidas adecuadas.

A continuación te proponemos uno de los aspectos a evaluar con los posibles indicadores para medirlo, y un ejemplo para elaborar otros que se correspondan con algunos factores ambientales que deseas evaluar.

Ejemplos de otros factores ambientales: contaminación atmosférica, disposición de residuales sólidos, deterioro de los suelos, contaminación por ruido, daños al patrimonio cultural e histórico, destino de aguas residuales, uso de sustancias tóxicas.

Factores ambientales	Riesgos de la comunidad	Propensión del medio ambiente	Calidad de los servicios	Características de la contaminación
Enfermedades que afectan a la población				

Aspectos que se deben evaluar en la vulnerabilidad de la comunidad, teniendo en cuenta las enfermedades que afectan a la población:

CAPÍTULO 5

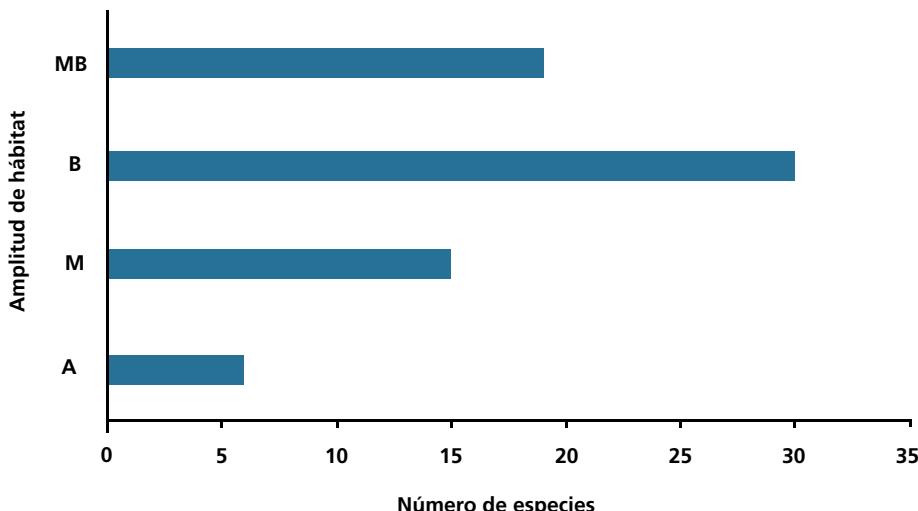
Puntaje 1 punto: ALTA. Es cuando la población no está inmunizada, las medidas sanitarias no se cumplen y hay brotes de enfermedades; no hay adecuada educación sexual y para la salud, no se lucha contra el sedentarismo, y no existe médico de la familia o su atención no es la adecuada.

Puntaje 2 puntos: MODERADA Es cuando hay focos aislados de enfermedades y no todos los pobladores están vacunados; hay poca voluntad de la comunidad o área en pos de la salud física y mental; la atención por parte del médico de la familia no es sistemática o se observa despreocupación.

Puntaje 3 puntos: BAJA. Las personas no tienen problemas de salud y no hay focos de infección por enfermedades, la atención médica es esmerada y la higiene es adecuada, existen círculos de abuelos u otras alternativas para mantener la salud.

17. En el empeño de proteger la biodiversidad se emplean diversos enfoques entre los que se encuentran el enfoque de ecosistema y el de paisaje. Si formaras parte de uno de estos grupos de científicos, a qué enfoque te afiliarías, ¿por qué? Argumenta y ejemplifica tus argumentos.
18. Observa el gráfico 5.3 que muestra el número de especies de moluscos terrestres por categoría de amplitud de su hábitat, en el archipiélago Sabana-Camagüey.

Gráfico 5.3 Distribución de la amplitud de hábitats en especies de moluscos del archipiélago Sabana-Camagüey



Conociendo la simbología siguiente: A: amplia, M: media, B: baja y MB: muy baja, plantea una hipótesis acerca de la posibilidad de proyectar y erigir edificios sin afectar la biodiversidad estudiada, conociendo además que existe dependencia de los moluscos terrestres a las características del hábitat, en su supervivencia.

19. Realiza entrevistas a agricultores e investiga qué técnicas agrícolas emplean. Valora si estas técnicas contribuyen o no al desarrollo de una agricultura sostenible.
20. Algunas personas opinan que la solución al problema alimentario es el empleo de cultivos transgénicos, otras que la aplicación de la agroecología. ¿Qué opinas tú? Gestiona información en relación con el tema y debate tus opiniones en el grupo.

ACTIVIDADES

Seminario 1: Ecosistemas cubanos: estado de su conservación; medidas para su protección, conservación y uso sostenible

Objetivos:

1. Valorar la belleza e importancia de la diversidad ecosistémica cubana y de la localidad, teniendo en cuenta la integridad biótica que se manifiesta en paisajes y ecosistemas, y el estado actual de conservación, proyectando cambios de conducta y medidas para su protección, conservación y uso sostenible.
2. Demostrar capacidades comunicativas evidenciadas en el dominio práctico de la lengua materna, interés por la lectura sobre temas ecológicos y de biología de la conservación en diferentes soportes, así como la valoración crítica sobre estos temas.

Temas a desarrollar en el seminario: Se podrán seleccionar los ecosistemas más importantes de nuestro archipiélago e indagar en diferentes fuentes bibliográficas, los aspectos referidos a sus características y problemáticas que enfrentan en los momentos actuales con relación a su integridad, los bienes y servicios que ofrecen que evidencian su importancia, riqueza de especies y localización de ecosistemas de significación nacional. Asimismo se deberán referir a las medidas que se toman actualmente para su protección, conservación, restauración y manejo sostenibles.

CAPÍTULO 5

Para la exposición oral, el colectivo del equipo deberá elaborar una presentación electrónica o pancartas en papel o cartón, u otro medio, con los aspectos esenciales a exponer. La exposición deberá ser clara y lógica, evidenciando seguridad e independencia con relación al medio elaborado.

Seminario 2: Conservación de la biodiversidad y cambio climático

Objetivos:

1. Valorar la belleza e importancia de la biodiversidad, y las medidas estatales que se aplican para evitar su pérdida por el impacto del cambio climático y otros problemas, proyectando cambios en estilos de vida que contribuyan a su cuidado y protección, con responsabilidad en la aplicación de las ciencias biológicas en las diferentes esferas de la producción y los servicios, y en la conservación de la biodiversidad para el desarrollo sostenible.
2. Demostrar capacidades comunicativas evidenciadas en el dominio práctico de la lengua materna, interés por la lectura sobre temas ecológicos y de biología de la conservación en diferentes soportes, así como la valoración crítica sobre estos temas.

Se podrán debatir las siguientes preguntas u otras de interés:

- 1) ¿El cambio climático es una realidad? ¿Qué pruebas científicas lo demuestran?
- 2) ¿Cuáles son las causas del cambio climático? ¿Qué responsabilidad tiene la humanidad? Argumenta tu respuesta.
- 3) ¿Qué relación tiene el cambio climático con la pérdida de la biodiversidad en sus diferentes niveles?
- 4) ¿Qué relación deben tener las acciones de conservación de la biodiversidad y las de mitigación y adaptación al cambio climático?
- 5) ¿En qué consiste la Tarea Vida? ¿Qué acciones se han desarrollado en tu provincia o municipio con relación a esta?
- 6) ¿Qué otras leyes, programas o proyectos encaminados a la mitigación, la adaptación y a la protección de la biodiversidad conoces?
- 7) ¿Qué es la huella ecológica? Pon ejemplos.
- 8) ¿Qué impacto tiene el cambio climático en el desarrollo sostenible?
- 9) ¿Cuáles son las manifestaciones del cambio climático y de la pérdida de la biodiversidad en tu localidad?

- 10) ¿Qué vulnerabilidades a los efectos del cambio climático se han identificado en tu localidad? ¿Qué medidas han propuesto las autoridades para mitigar o enfrentar sus efectos?
- 11) Teniendo en cuenta que “el riesgo es una combinación indeseada de peligro, exposición y vulnerabilidad ante la posibilidad de ocurrencia de un evento negativo”, ¿cómo influye su reducción en la conservación de la biodiversidad?
- 12) ¿Cómo puedes contribuir a frenar el cambio climático y minimizar sus efectos negativos con acciones de mitigación y adaptación?

Excursión 1. Visita un zoológico, jardín botánico, museo de historia natural, acuario, área protegida, centro de germoplasma, entre otros sitios cercanos, según las potencialidades de tu localidad, para estudiar las vías de conservación.

Objetivo: Caracterizar diversas vías de conservación *in situ* y *ex situ* existentes en la localidad, que permita proponer medidas para optimizar y perfeccionar sus resultados.

Para tener éxito en la excursión debes considerar los pasos siguientes:

- A. Autopreparación previa mediante la gestión de conocimientos en el libro de texto, internet o en la biblioteca:
 - Diferencias entre la conservación *in situ* y *ex situ*.
 - Características esenciales de cada una.
 - Ejemplos de ambas desarrolladas en Cuba y existentes en la localidad.
- B. Comprobación de la preparación previa: conjuntamente con tus compañeros de aula y el docente que irá al frente de la excursión, deberás asegurarte que además de recordar todos los conocimientos necesarios, también estás en condiciones de ejecutar las diferentes acciones en el lugar que seleccionen.
- C. Actividades a desarrollar durante la excursión:
 - Observar la diversidad de especies de hongos, plantas y animales de la flora y la fauna local y su estado de conservación.
 - Identificar posibles factores que afectan la biodiversidad.
 - Proponer medidas a implementar según las características del área.
 - Elaborar con tu equipo el informe de la excursión, para su presentación posterior al colectivo.
- D. Presentación y discusión colectiva de los informes de los equipos.

CAPÍTULO 5

Excursión 2. Visita a un organopónico, huerto intensivo, finca o cooperativa de la localidad donde se aplique la agricultura orgánica, de conservación, o cualquier técnica de base agroecológica.

Objetivo: Valorar la aplicación de las técnicas agrícolas de base agroecológica que se apliquen en la localidad, de manera que permita elaborar propuestas para perfeccionar su implementación, y alcanzar mayor productividad.

Para tener éxito en la excursión debes considerar los pasos siguientes:

- A. Autopreparación previa mediante la gestión de conocimientos en el libro de texto, internet o en la biblioteca.
 - Agroecología, sus fundamentos esenciales.
 - Importancia de la agroecología en la agricultura sostenible.
 - Distintos tipos de tecnologías agrícolas sostenibles. Características esenciales, ventajas y desventajas de cada una
 - Cambio climático: causas e impacto negativo en la agricultura.
 - Relación entre de los tipos de suelo y el rendimiento de los cultivos; influencia del regadío sus tipos y periodicidad en dependencia de las especies a proteger; beneficios del abono orgánico y cómo producirlo, así como los bioplaguicidas, entre otros aspectos de interés
 - Peligro, vulnerabilidad y riesgo ante el cambio climático u otros factores ambientales.
 - Plan de riesgo de desastre.
- B. Comprobación de la preparación previa: conjuntamente con tus compañeros de aula y el docente que irá al frente de la excursión, deberás asegurarte que además de recordar todos los conocimientos necesarios, también estás en condiciones de ejecutar las diferentes acciones en el lugar que seleccionen.
- C. Actividades a desarrollar durante la excursión:
 - Caracterizar el huerto o finca de la localidad (a realizar por uno o varios equipos).
 - Elaborar un listado de la biodiversidad visible en el huerto o finca.
 - Valorar la organización y recursos existentes para el cumplimiento de sus objetivos productivos y las acciones de conservación.
 - Establecer relaciones entre la biodiversidad presente y las condiciones ambientales del huerto o finca visitada.

BIOLOGÍA

- Identificar peligros, vulnerabilidades y riesgos (PVR) con relación al cambio climático u otros factores que puedan afectarlo.
- Proponer acciones de prevención y de reducción de riesgos para la protección *in situ* de la biodiversidad, que conformarán el plan de contingencia.
- Elaborar en equipo el informe de la excursión, para su presentación al colectivo.

D. Presentación y discusión colectiva de los informes de los equipos.

Clase práctica: Resolución de ejercicios y problemas sobre el impacto del cambio climático en la biodiversidad y el desarrollo sostenible.

Objetivo: Resolver ejercicios y problemas reales o simulados, relacionados con los peligros, vulnerabilidades y riesgos vinculados con la biodiversidad, y las medidas de mitigación y adaptación que pueden conformar un plan de contención.

Actividades: Para el desarrollo de la clase práctica tu profesor te asignará ejercicios vinculados con situaciones ambientales de la localidad. Estos pueden pertenecer a las secciones Comprueba lo aprendido o Desafíos.





CAPÍTULO 6

Conclusiones

¿Qué es la Naturaleza? El pino agreste, el viejo roble, el bravo mar, los ríos que van al mar como a la Eternidad vamos los hombres: la Naturaleza es el rayo de luz que penetra las nubes y se hace arco iris; el espíritu humano que se acerca y se eleva con las [...] nubes del alma, y se hace bienaventurado. Naturaleza es todo lo que existe, en toda forma, –espíritus y cuerpos; corrientes esclavas en su cauce; raíces esclavas en la tierra; pies, esclavos como las raíces; almas, menos esclavas que los pies. El misterioso mundo íntimo, el maravilloso mundo externo, cuanto es, deforme o luminoso u oscuro, cercano o lejano, vasto o raquíctico, licuoso o terroso, regular todo, medido todo menos el cielo y el alma de los hombres [...] es Naturaleza.¹⁶

Acudir al pensamiento martiano es una necesidad de todo ciudadano cubano; su sabiduría nos brinda una visión de la belleza y amplitud de la naturaleza que incluye también toda la creación cultural humana, pero sobre todo nos ayuda a reconocer lo más importante que hemos aprendido al estudiar Biología: los seres humanos formamos parte indisoluble de la naturaleza (figura 6.1).

¹⁶ J. Martí: "Filosofía 2", *Martí en la Universidad*, t. IV, Ed. Félix Varela, La Habana, 1997, p. 122.



Fig. 6.1 Responsabilidad humana con el uso sostenible de la biodiversidad

El desarrollo de la capacidad de pensar y de crear música, literatura, ciencia y tecnología, no nos convierte en la cúspide de la evolución. Esto no significa que no utilicemos los conocimientos sobre la naturaleza para transformarla, significa que tenemos responsabilidad moral con la aplicación de la ciencia y la tecnología porque de ello depende nuestro desarrollo social, la salud y la sostenibilidad de la vida en el planeta Tierra.

6.1 La conservación de la vida en el planeta y la salud humana dependen de la integridad biótica que se manifiesta en los diferentes niveles de organización de la vida

La biología como ciencia nos ha enseñado que como resultado de un largo proceso evolutivo de miles de millones de años se produjo la diversidad de adaptaciones de los seres vivos a las diferentes condiciones de los ecosistemas. Sin embargo, con las transformaciones que la actividad humana provoca en la naturaleza se está afectando la biodiversidad en períodos de tiempo muy cortos.



Reflexiona

- ¿El planeta nos está lanzando ya señales de alarma?
 - ¿Podemos predecir y evitar los efectos que provocamos en el equilibrio de la naturaleza?

El estudio de la biología nos ha brindado una visión más integral de los sistemas vivientes, que es fundamental para responder las preguntas anteriores.

La integridad biótica es el resultado de la existencia de toda una red de relaciones, interacciones o nexos que existen dentro de cada sistema viviente y entre todos los sistemas entre sí, lo que permite su funcionamiento como tal, en interrelación con el medio ambiente.



Recuerda que ...

Cuando analizamos la integridad biótica debemos considerar tres tipos de relaciones:

1. Las relaciones estructura-propiedades-funciones que ocurren en cada uno de los componentes del sistema viviente.
 2. Las interacciones dinámicas internas que permiten el funcionamiento del sistema viviente como un todo.
 3. Las interrelaciones de los sistemas vivientes con el medio ambiente.

La integridad biótica se manifiesta en todos los niveles de organización de la materia viva, desde el nivel celular hasta el de biosfera. Cualquier afectación en algún componente de un sistema, altera el funcionamiento de otros y pone en riesgo la homeostasis de estos y su estabilidad, así como el equilibrio de la naturaleza.

Recordemos el ejemplo que analizamos al inicio de este libro en relación con el cambio climático y las afectaciones que produce a la biodiversidad, en particular a la vida de las tortugas marinas.

Habrás comprendido entonces que estos cambios en el clima provocan afectaciones en el desarrollo ontogenético de los organismos, como resultado de influencias que inciden desde el nivel celular. Las diferencias

observadas en la proporción de sexos en las tortugas marinas de nuestro ejemplo, son una evidencia de cómo el medio ambiente altera a nivel celular la expresión de determinada información genética durante el desarrollo embrionario. Obviamente, la desproporción entre hembras y machos trae serios problemas en la reproducción de la especie, aumentando su vulnerabilidad.

El incremento de la temperatura provoca elevación del nivel del mar y cambios del hábitat costero donde desovan las tortugas; esos cambios también afectan las dunas y la flora característica del lugar, por lo que además se manifiestan a nivel de comunidad. Estos factores unidos a la actividad humana, pueden ocasionar alteraciones en la conducta reproductiva de estas especies que siempre buscan el mismo lugar donde nacieron y ahí ponen sus huevos.

A estos problemas se suma la pesca furtiva de ejemplares para el consumo humano o el enriquecimiento ilícito, y el efecto que ejercen la basura lanzada al mar y la práctica desmedida de la pesca sobre las especies adultas (figura 6.2).

Cuando las pequeñas tortuguitas nacen, corren hacia el mar siguiendo una conducta innata, que se desencadena como respuesta a determinadas señales y que está regulada por su sistema nervioso y endocrino. En esta respuesta —en la que intervienen diversos componentes de la regulación y todos los sistemas de órganos— se manifiesta la integridad biótica a nivel de organismo.



Fig. 6.2 Tortuga marina muerta en una red de pesca

CAPÍTULO 6

Estos quelonios, que se encuentran entre los reptiles más antiguos de nuestra fauna, tienen importancia desde el punto de vista evolutivo para nuestro archipiélago y para todo el Caribe. Aunque en Cuba muchas personas trabajan arduamente en la conservación de estas y otras especies, la solución no será suficiente si no se eliminan las causas que provocan su deterioro.

Los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad afectan su integridad biótica en los diferentes niveles: molecular, celular, organismo y poblaciones, así como en los ecosistemas y paisajes.

Los paisajes se transforman y fragmentan afectando las relaciones entre los diferentes ecosistemas que los integran, a nivel ecosistémico se afectan las interacciones entre las especies, las redes tróficas, los ciclos de nutrientes y su funcionamiento, así como la estructura y distribución de los ecosistemas; en las poblaciones de diferentes especies se modifican los patrones de distribución y migración, el tamaño, la estructura y la abundancia. A nivel de organismo se afecta su desarrollo, funciones y conducta durante las fases de crecimiento, ciclo de vida y reproducción, lo que ocasiona severos daños a su salud.

Cualquier factor que afecte la relación estructura-propiedades-funciones a cualquier nivel, ocasiona afectaciones en el funcionamiento y afecta la homeostasia. Esto se evidencia tanto si lo analizamos a nivel celular y de organismo, como si consideramos las relaciones ecológicas. La consecuencia es que se altera el funcionamiento del sistema viviente como un todo.

De esta compleja dinámica de interacciones has estudiado muchos ejemplos mediante la disciplina Biología en el preuniversitario. Sin embargo, lo más importante es que seas capaz de aplicar estos conocimientos en la interpretación y solución de los problemas más acuciantes que afectan al planeta en la actualidad, y proyectar acciones preventivas que contribuyan al mantenimiento de la salud y el equilibrio de la naturaleza.

La salud de los seres humanos como sistemas vivientes también debe analizarse a la luz de la integridad biótica y considerar su estrecha relación e interdependencia con el medio ambiente, de ahí que en la actualidad ha cobrado una gran importancia el enfoque “Una Salud”, promovido por la Organización Mundial de la Salud (OMS), que considera la estrecha interdependencia entre la salud de los seres humanos, los animales y los ecosistemas. Está demostrado que los cambios que se producen en

estas relaciones han incrementado el riesgo de enfermedades emergentes y reemergentes.

Según los expertos, las afectaciones del cambio climático sobre la salud humana pueden ser directas o indirectas. Las directas pueden ser consecuencias de temperaturas en extremo altas o bajas, o de eventos climáticos intensos que traen como resultado lesiones y pérdida de vidas. Dichos cambios pueden alterar indirectamente el alcance de enfermedades transmitidas por vectores como los mosquitos y agentes patógenos del agua, y además ocasionar contaminación del aire, baja calidad de los alimentos y afectación de su disponibilidad. Esto también involucra la salud animal dando origen a zoonosis provocadas por patógenos de animales que también generan enfermedades en seres humanos, o viceversa.

La sostenibilidad consiste fundamentalmente en mantener en equilibrio los ecosistemas que sustentan la vida. Si estos sistemas se deterioran, peligrarán el bienestar y la salud de la humanidad; por lo tanto, el estado de salud de la población es un elemento clave en la transición hacia la sostenibilidad, que solo lograremos si nos proponemos vivir dentro de los límites que nos proporciona el planeta Tierra. Esto implica la necesaria transición hacia un comportamiento humano con responsabilidad moral para enfrentar la problemática ambiental actual.

Por eso es de vital relevancia la promoción de comportamientos responsables por parte de la ciudadanía, los empresarios y los políticos; la adopción de medidas, modos de actuación, leyes, y políticas, en función de la conservación de la biodiversidad en cada uno de sus niveles de organización.

6.2 El conocimiento de la unidad y diversidad del mundo vivo es esencial para su protección, conservación y uso sostenible

Hasta donde sabemos, la vida ha hecho de nuestro planeta un lugar singular en el Universo. Los ríos, los desiertos, las montañas y los océanos están modelados e íntimamente relacionados con la extensa diversidad de organismos que viven en ellos. Los seres humanos formamos parte de la naturaleza, disfrutamos de este mundo que nos rodea y lo compartimos

CAPÍTULO 6

con otros seres vivos. Durante su larga historia, la Tierra ha cambiado lentamente pero el origen y evolución de una nueva especie, la humana, provocó cambios trascendentales.



Reflexiona

- ¿Por qué entre los sistemas vivientes se manifiesta diversidad y a la vez unidad?
- ¿Tenemos derecho a poner en peligro nuestro futuro común?

El estudio de la evolución también nos permite comprender cómo se han desarrollado innumerables adaptaciones a las características del medio ambiente, lo cual es la causa fundamental de la biodiversidad. Pero también nos explica la principal causa de su unidad: todos tienen un origen común, ya que son el resultado de un mismo proceso de evolución.

La búsqueda de la comprensión de la unidad del mundo vivo dentro de tanta diversidad permitió el desarrollo de generalizaciones que nos condujeron a entender las esencialidades que caracterizan la vida. Podemos mencionar como momentos cruciales de esta búsqueda, el desarrollo en el siglo xix de la teoría celular y la teoría de la evolución, así como el redescubrimiento de las leyes de Mendel en los albores del siglo xx.

Estas y otras generalizaciones desarrolladas durante la historia de la biología nos han permitido concluir que la unidad de la vida se manifiesta en:

1. Su elevada complejidad, organizada en niveles de jerarquía creciente.
2. La integridad de su funcionamiento.
3. La autorregulación de su funcionamiento mediante la irritabilidad, la homeostasis y el metabolismo, que posibilitan el mantenimiento de la vida en interrelación con el medio ambiente.
4. La reproducción y desarrollo mediante información genética que poseen y transmiten a su descendencia, en interacción con factores ambientales, logrando así su perpetuación.
5. Los organismos evolucionan con el decurso del tiempo, resultando de ello su extraordinaria diversidad y adaptación a nuevas condiciones ambientales.

Estas características no se manifiestan de forma aislada, son resultado de la integridad biótica, y a la vez constituyen una expresión de la unidad de la vida.

La vida es el resultado de un largo proceso evolutivo de más de 4 000 millones de años, en el que las especies y los ecosistemas se han adaptado y coadaptado formando sistemas bióticos muy interrelacionados e interdependientes entre sí y con los factores abióticos del medio ambiente.

Si consideramos que muchas especies están adaptadas de una manera única a condiciones climáticas muy específicas, podemos comprender por qué pequeños cambios pueden llevar a la pérdida de esas especies para siempre. La evolución no cesa, pero no es posible que la naturaleza pueda dar una respuesta equilibrada a los cambios drásticos que impone el cambio climático.

La comprensión de la relación dinámica entre unidad y diversidad de los sistemas vivientes es la base científica que sustenta las acciones de protección, conservación y uso sostenible de la biodiversidad.

Proteger la biodiversidad hoy es un reto, en primer lugar porque ella forma parte indisoluble del equilibrio de la naturaleza sin el cual sería imposible la vida humana; en segundo lugar porque dependemos de los servicios de los ecosistemas para el bienestar humano y socioeconómico de nuestros pueblos, garantizando funciones como la protección de las tierras agrícolas y los asentamientos humanos ante el cambio climático. Debemos recordar que para solucionar nuestras necesidades de alimentación dependemos de la biodiversidad (figura 6.3).



Fig. 6.3 La biodiversidad como fuente de alimentación

CAPÍTULO 6

No es suficiente la inteligencia humana si utilizamos los adelantos tecnocientíficos para explotar la naturaleza, en lugar de buscar soluciones para mitigar los efectos del cambio climático y adaptarnos a él.

No es suficiente poseer información sobre el cambio climático y sus efectos en la biodiversidad si estos conocimientos no están acompañados de nuevos valores, de cambios en nuestra conducta y estilos de vida; no es suficiente conocer las consecuencias de las acciones humanas, tenemos que cambiar su curso.

No es posible mantener a toda costa el modo de vida y de producción del presente, se trata de mitigar los efectos del cambio climático y adaptarnos a este para no perecer como especie. Es imprescindible hacer todo lo posible, con el apoyo de la ciencia y la tecnología, por construir un modelo de desarrollo que no ponga en riesgo la sobrevivencia de las generaciones futuras; para ello necesitamos una nueva cultura basada en la convicción de pertenencia a la naturaleza y en la responsabilidad con la sostenibilidad de la vida.

Cuando estás a punto de decidir qué profesión vas a escoger, debes estar consciente que ese paso implica una gran responsabilidad. Puede que decidas dedicarte a la ciencia, al magisterio, la medicina, al derecho, la psicología, la filosofía, a una ingeniería, o a cualquier otra profesión u oficio. Cualquiera que sea tu elección, esperamos que lo que has aprendido con la lectura de este y el resto de los libros de esta disciplina, te oriente en tus futuras decisiones y acciones como ciudadano.

Siempre ten en cuenta que las características de los seres humanos no están solo determinadas de manera biótica y mucho menos por sus genes —como plantean las posiciones del determinismo biológico y el reduccionismo genético— sino que dependen en gran medida de la influencia del medio ambiente, lo cual incluye las relaciones entre las personas y los valores que imperan en la sociedad. Eso te permitirá comprender la necesidad de superarte constantemente, de adoptar estilos de vida saludables y de fomentar en ti y en los demás, valores que constituyan la base de los cambios sociales que necesita la humanidad para alcanzar el progreso social y la sostenibilidad de la vida.

Y algo muy importante, no olvides que los seres humanos no existimos fuera de la naturaleza, sino que hemos sido producto de un largo proceso

de evolución conjunta. Como consecuencia, todo lo que aprendemos sobre la vida y todo lo que hacemos influye y cambia nuestro futuro común.

En la medida en que valores mejor lo que nos une a la naturaleza, desde el micromundo hasta los abismos oceánicos, la profundidad de los bosques y la aparente quietud de los desiertos, aprenderás a vivir, a tomar decisiones, y sobre todo a proteger y conservar el futuro de la vida. Entonces comprenderás el mensaje que nos legó nuestro José Martí cuando expresó: [...] A las aves alas; a los peces, aletas; a los hombres que viven en la Naturaleza, el conocimiento de la Naturaleza: ésas son sus alas.¹⁷

Comprueba lo aprendido

1. Argumenta la siguiente afirmación: La integridad biótica se manifiesta tanto dentro de cada nivel biótico como entre ellos.
2. Selecciona situaciones relacionadas con las afectaciones que producen el cambio climático u otros factores a la biodiversidad, y explica en una de ellas cómo se afecta la integridad biótica.
3. Busca información en el consultorio del médico de la familia sobre los problemas de salud más frecuentes en tu comunidad y explica en uno de estos, cómo se afecta la integridad biótica.
4. Realiza una valoración del siguiente proverbio: "La Tierra no es herencia de nuestros padres, sino un préstamo de nuestros hijos".
5. Argumenta por qué afirmamos que en la biodiversidad se manifiesta tanto la unidad como la diversidad.
6. Realiza una valoración de las dos frases de José Martí que se recogen en este epígrafe. ¿Qué implicaciones pueden tener para tu comportamiento futuro?
7. Ejemplifica el siguiente planteamiento:

El conocimiento de la unidad y diversidad, así como de la integridad biótica, tiene gran importancia para la determinación de las acciones de adaptación y mitigación ante el cambio climático.

¹⁷ Martí, José: "Educación científica", *Obras completas*, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, t. 8, 1975. p.278



GLOSARIO

Adaptación: correspondencia que se establece entre la estructura, función y conducta de los organismos y las condiciones del medio ambiente, como resultado del proceso evolutivo.

Adicción: dependencia hacia una sustancia, actividad o relación, cuya modificación o cese voluntarios resulta muy difícil para la persona adicta, acarreando graves consecuencias para su calidad de vida, su salud física, mental y social.

Agricultura de conservación (AC): sistema agrícola que se caracteriza por tres principios entrelazados: cero labranzas, cobertura permanente del suelo y rotación o asociación de cultivos. Favorece la conservación del suelo y su actividad biológica.

Agricultura orgánica (AO): consiste en una agricultura que encaja orgánicamente dentro de los equilibrios naturales. Considera que cada intervención externa en los ciclos ecológicos altera el equilibrio existente. Con ella se producen alimentos sanos, libres de agrotóxicos, sin contaminar el medio ambiente, eliminando todos los insumos y prácticas que lo perjudiquen, así como alimentos económicos y accesibles a la población.

Agroecosistema: cualquier campo de cultivo, conjunto de campos, unidad agrícola o paisaje, formado por diferentes unidades agrícolas es un ecosistema al que se le llama agroecosistema para su mejor estudio y entendimiento.

Autoconocimiento: reconocimiento de nuestra propia personalidad, características, idiosincrasia, fortalezas, debilidades, aspiraciones y expectativas, entre otros.

Autorregulación: función que permite al organismo utilizar la información recibida —desde el interior o el exterior— en la modulación de su funcionamiento interno y responder en consecuencia manteniendo la homeostasis, lo que contribuye a la adaptación a las condiciones cambiantes del ambiente. La palabra está compuesta por el prefijo griego *auto*, que significa por sí mismo, y el verbo *regulare*, del latín, que quiere decir reglamentar, ajustar.

Biodiversidad: es la variabilidad de los organismos, de su material genético y de los ecosistemas de que forman parte.

Cambio climático: es el cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables, como mínimo de 30 años. Las estrategias fundamentales en el enfrentamiento al cambio climático son la mitigación y la adaptación.

Cariotipo: del griego *carios* (núcleo) y *tipo* (tipo), se refiere al conjunto de los cromosomas de una célula, de un individuo o de una especie, después de la unión por pares de cromosomas idénticos. Estos se clasifican según determinados criterios o códigos establecidos por convenio, que describen las características de sus cromosomas. Es el patrón cromosómico de una especie expresado a través de un código.

Células totipotentes: células que durante el desarrollo ontogenético, tienen la potencialidad de diferenciarse en todos los tipos celulares especializados que forman a un organismo pluricelular.

Clonación: proceso mediante el cual se obtienen individuos genéticamente idénticos. Generalmente se le llama clonación a la tecnología que permite introducir un núcleo de una célula somática en un óvulo y obtener un individuo genéticamente idéntico al

donador del núcleo. De manera natural, todos los individuos obtenidos por reproducción asexual son clones.

Comportamiento: manifestaciones del modo de actuación de los seres humanos, incluidas las diferentes acciones e interacciones sociales que desarrollamos en nuestra vida diaria.

Comunicación efectiva o asertiva: habilidad para expresarse acorde al contexto relacional y social en el que se vive, manteniendo los criterios propios y sin utilizar tonos agresivos.

Conservación: es un proceso que abarca la realización de diversas acciones por especialistas de diferentes tipos. Entre estas acciones están: realización de inventarios, protección, uso sostenible y restauración de los ecosistemas y paisajes, así como de sus recursos naturales.

Conservación *ex situ*: constituye un soporte complementario para la conservación *in situ* y procura la protección, conservación y aprovechamiento sostenible, así como la supervivencia de las especies fuera de sus hábitats naturales, a fin de potenciar la oportunidad para la educación ambiental, la investigación, el desarrollo científico, y el uso comercial de los componentes de la diversidad biológica y sus productos, cuando proceda.

Conservación *in situ*: es la que se realiza a los ecosistemas y a los hábitats naturales principalmente en áreas protegidas, así como al mantenimiento y recuperación de poblaciones viables de especies en sus entornos naturales, y en los entornos en que hayan desarrollado sus propiedades específicas, en el caso de las especies domesticadas y cultivadas.

Cromatina: sustancia química que se encuentra en la célula formada por ADN y proteínas, a partir de la cual se forman los cromosomas.

Dependencia: incapacidad de modificar o suspender un hábito de consumo o una relación después de que haya iniciado, y la

obligación de mantenerlo(a) para lograr el desempeño diario y satisfacción personal.

Desarrollo filogenético: desarrollo evolutivo que incluye el origen y las relaciones de parentesco entre grupos de organismos.

Diploide: tipo de organismos o células que posee dos juegos de cromosomas homólogos en su cariotipo.

Diversidad de ecosistemas o biodiversidad ecosistémica: incluye la diversidad de las comunidades biológicas (biocenosis) que conforman los paisajes.

Diversidad de especies o biodiversidad específica: entendida como diversidad sistemática, está dada por la pluralidad de los sistemas genéticos o genomas que hacen que existan distinciones entre las especies.

Diversidad genética o diversidad intraespecífica: consiste en la diversidad de versiones de los genes alelos y de su distribución en la población, que a su vez es la base de las variaciones interindividuales, es decir, de la variedad de los genotipos. Se manifiesta tanto en las poblaciones silvestres como cultivadas.

Droga: según la OMS, es toda sustancia natural o sintética que al ser introducida en el organismo puede alterar de algún modo el sistema nervioso central, generando modificaciones en el comportamiento, el estado de conciencia y de ánimo, el pensamiento y las funciones motoras.

Ecosistema: es un sistema natural formado por un conjunto de poblaciones de organismos de diferentes especies, que interactúan entre sí y con los factores abióticos del medio ambiente donde estos se encuentran.

Empatía: capacidad para ponerse en el lugar de otra persona y desde esa posición captar sus sentimientos.

Enfoque por ecosistemas: marco principal para la aplicación del Convenio de Diversidad Biológica. Es una estrategia para la gestión integrada de tierras, agua y recursos bióticos que promueve la conservación y el uso sostenible de forma equitativa. Se basa en la aplicación de metodologías científicas adecuadas, centradas en los niveles bióticos de organización, que comprenden la estructura esencial, procesos, funciones e interacciones entre organismos y su medio ambiente, en el biotopo que ocupa el ecosistema objeto de protección. La diversidad cultural de los seres humanos constituye uno de sus componentes.

Entrecruzamiento: rotura y reunión de cromátidas homólogas (no hermanas) al inicio de la profase meiótica I, lo que da por resultado intercambio de material genético.

Epigenética: del griego *epi* (en o sobre), es el estudio de todos aquellos factores no genéticos —(que no corresponden directamente a los genes) que intervienen en la determinación del fenotipo de los organismos, dado por la acción de determinadas proteínas sobre el material genético y factores ambientales que influyen en su funcionamiento.

Epigenoma: conjunto de modificaciones o marcas del genoma transmisibles a la descendencia, resultado de la interacción de factores ambientales que regulan la expresión de la información hereditaria de un individuo.

Especie: conjunto de individuos con características semejantes, que se cruzan entre sí y obtienen descendencia fértil.

Estructura: interrelaciones entre los componentes de un sistema, sus combinaciones y disposiciones en el espacio, y la forma que adoptan, entre otros detalles de su configuración espacial.

Etiología: estudio científico del comportamiento humano y la conducta animal.

Fenómenos bióticos: cambios, movimientos o transformaciones que suceden natural o experimentalmente en los sistemas vivientes, y que podemos percibir mediante los órganos sensoriales o con la ayuda de instrumentos especiales.

Fenotipo: conjunto de características anatómicas, funcionales y conductuales, perceptibles en los organismos.

Fitohormonas: compuestos orgánicos que se sintetizan en algunas partes de la planta, son transportadas a otras donde actúan a muy bajas concentraciones y causan una respuesta fisiológica, constituyendo esta la regulación hormonal de los vegetales.

Fitorremediación: aprovecha la capacidad de ciertas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire, agua o sedimentos.

Función: manifestación externa de las propiedades de cualquier objeto, en un sistema dado de relaciones.

Funcionamiento: integración dinámica en un todo único, de los componentes, estructuras, propiedades y funciones de un sistema biótico, que responde de manera íntegra ante determinado estímulo o cambio ocurrido en el medio ambiente.

Funciones vegetativas: grupo de funciones bióticas que garantizan el mantenimiento del metabolismo celular y por tanto, de la vida de los organismos.

Gen: de la raíz latina *gen* (que significa origen) es la unidad de la herencia, compuesto por ácido nucleico, que porta información genética en su secuencia de bases nitrogenadas, la transmite a las siguientes generaciones, se expresa en interacción con el ambiente y puede cambiar.

Genofondo: conjunto de genotipos de una población dada.

Genoma: es todo el material genético existente en una célula u organismo.

Genotipo: combinaciones de genes particulares que participan en la determinación de un rasgo fenotípico.

Haploide: célula u organismo que posee un solo juego de cromosomas en su cariotipo.

Herencia: fenómeno que se manifiesta durante la reproducción de los organismos, con el mantenimiento o cambio de las características estructurales, funcionales o conductuales de estos, con relación a las de sus progenitores.

Heterocigótico: combinación de genes alelos en la que ambos alelos difieren entre sí, siendo uno dominante y el otro recesivo.

Homocigótico: combinación de genes alelos en los que ambos poseen igual característica.

Inmunidad: propiedad de los seres vivos que les posibilita reconocer aquellos sistemas o elementos ajenos a sí mismos, y responder neutralizándolos o eliminándolos.

Integridad biótica: propiedad de los sistemas bióticos caracterizada por el sistema dinámico de relaciones, interacciones o nexos que existen entre cada uno de sus componentes y con el medio ambiente.

Irritabilidad: propiedad presente en todos los organismos, que consiste en responder ante los estímulos del medio.

Manejo de emociones y sentimientos: reconocimiento y gestión positiva de nuestro mundo emocional.

Manejo de la tensión y el estrés: capacidad para reconocer nuestras fuentes de tensión y actuar positivamente para su control.

Medio interno: espacio interior de un organismo donde los componentes del sistema (orgánulos o células) establecen el intercambio de sustancias, energía e información.

Memoria: función del cerebro de codificar, almacenar y recuperar la información del pasado, que surge como resultado de las conexiones sinápticas repetitivas entre neuronas, creando redes neuronales.

Metabolismo: Conjunto de reacciones bioquímicas y procesos físico-químicos que ocurren continuamente en una célula y en el organismo. La palabra tiene su origen en el griego *metabole* que significa cambio, en alusión a los cambios (reacciones) que se producen en este proceso.

Mitigación: acción de atenuar o suavizar los efectos negativos, especialmente los daños al medio ambiente, o los ocasionados a los organismos por enfermedades.

Modulador: componente de la autorregulación que procesa la información y elabora la respuesta adaptativa.

Mutabilidad: propiedad del ADN dada por los cambios en su estructura primaria, los cuales suceden de manera espontánea durante los procesos de síntesis en que participa (duplicación) produciendo mutaciones.

Mutación: del latín *mutacio* que significa modificación o variación, es la propiedad del ADN de cambiar o alterar de manera estable la información genética contenida en su estructura en interacción con el ambiente, lo que afecta sus propiedades y por consiguiente pudiera alterar el funcionamiento de algún gen, manifestándose o no, mediante modificaciones del fenotipo del organismo.

Mutágenos: radiaciones o sustancias tóxicas existentes en la célula o provenientes del ambiente, que provocan cambios (mutaciones) en los genes.

Neurotransmisores o neuromediadores: biomoléculas secretadas por vesículas presentes en el extremo del axón de una neurona, que transmiten información a otra neurona consecutiva a través de la

sinapsis, al estimular a los receptores de membrana de la neurona consecutiva y generar en ella el impulso nervioso.

Norma de reacción: propiedad del genotipo de expresar diferentes fenotipos en dependencia de las condiciones ambientales.

Ontogenético: formación y desarrollo individual de un organismo.

Paisajes: sistemas espaciales conformados por un conjunto de ecosistemas con elementos naturales y antropogénicos, que mantienen una interrelación mutua. El enfoque de paisaje permite manejar de manera práctica e integral, los diversos hábitats.

Pensamiento creativo: utilización de los procesos de pensamiento para buscar respuestas innovadoras a los diversos desafíos vitales.

Pensamiento crítico: capacidad para analizar con objetividad, experiencias e información sin asumir pasivamente criterios ajenos.

Perpetuación: fenómeno de la vida expresado en la continuidad de los sistemas bióticos en el tiempo, a partir de la función de reproducción, mediante la cual estos transmiten la herencia a las nuevas generaciones.

PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente): autoridad ambiental líder en el mundo, que alienta el trabajo conjunto en el cuidado del medio ambiente según sus desafíos y las tendencias en las diferentes regiones. Esta organización política se reúne cada dos años.

Proceso: conjunto de fases secuenciales que tienen lugar en la dinámica funcional de los seres vivos, cuya integración hace posible una función determinada.

Propiedad: calidad propia, esencial y característica de algo, que permite caracterizar y comparar, estableciendo semejanzas y diferencias entre elementos. La palabra viene del latín *proprietas*

(cualidad de ser); compuesta a su vez por *propius* que significa propio, y el sufijo *tas*, indicativo de calidad.

Protección: se realiza al identificar el deterioro del recurso, e incluye medidas de prohibición de su uso de manera indefinida o en determinados períodos de tiempo. Implica proteger el área, estudiarla, elaborar un plan de recuperación de especies, hábitats y paisajes, así como desarrollar procesos de educación ambiental, de preparación del personal y asegurar el financiamiento.

Psiquis: propiedad de la materia altamente organizada que permite reflejar la realidad objetiva en forma de imágenes ideales. Se presenta en forma de sensaciones, percepciones, representaciones, pensamientos y sentimientos, entre otros.

Relaciones interpersonales adecuadas: competencia para interactuar positivamente con las demás personas.

Resiliencia: capacidad de un sistema social o ecosistémico de absorber una alteración sin perder su estructura básica o modo de funcionamiento, su capacidad de auto organización, ni su capacidad de adaptación al estrés y al cambio.

Restauración: consiste en acciones que se efectúan en un ecosistema o paisaje que ha sufrido deterioro o pérdida, con el fin de regresarlo a su estado original, repoblando con sus especies nativas. De ser necesario, implica la remoción de las especies invasoras y de sus efectos en el ecosistema.

Salud: según la OMS, la salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades. Esta definición refleja la importancia de una visión integral de la salud, que no se limita únicamente a la ausencia de enfermedades, sino que también incluye el bienestar emocional y social de las personas.

Solución de problemas y conflictos: destreza para afrontar constructivamente las exigencias de la vida cotidiana.

Sustancia: componente principal de los cuerpos, que se caracteriza por un conjunto de propiedades físicas o químicas estables y homogéneas, pudiendo ser simples o compuestas, según estén formadas por uno o varios tipos de átomos respectivamente.

Toma de decisiones: capacidad para construir razonadamente las decisiones cotidianas de nuestra vida.

Transcripción: proceso de síntesis de una cadena de ARN, gracias a las interacciones entre la enzima ARN polimerasa, los nucleótidos y la molécula de ADN que le sirve de molde.

Transexualidad: condición de las personas que sienten incongruencia entre el sexo asignado al nacer y el psíquico.

Transformismo: es una de las expresiones del travestismo, y se caracteriza por el uso de prendas propias del otro sexo, solo como expresión de un rol en el ámbito cultural (espectáculos, comedias, entre otros).

Transgénero: personas que se apartan de pautas sociales relacionadas con su género, y rompen con los estereotipos de género asignados social y culturalmente.

Transporte: función vegetativa de los organismos que consiste en el movimiento de sustancias por todas las partes del organismo, de acuerdo con los requerimientos metabólicos de este.

Travestismo: es el deseo de usar prendas propias de otro sexo. Puede tener diferentes causas: deseo de disfrazarse, como acompañamiento de conductas prostitutas, o como expresión de arte, entre otras.

Una salud: es un enfoque integral y unificador cuyo objetivo es equilibrar y optimizar la salud de las personas, los animales y los ecosistemas, mediante la utilización de los vínculos estrechos e interdependientes que existen entre sectores y disciplinas, para establecer nuevos métodos de vigilancia y control de enfermedades.

Uso sostenible: se refiere a que el recurso se mantiene indefinido a pesar de su utilización, es decir, no se está afectando la tasa de renovación del recurso. En el caso de la biodiversidad implica que la población en explotación continuará estable o en crecimiento y ésta es rentable, desde el punto de vista económico.

Vulnerabilidad: grado al cual un sistema es susceptible, o está inhabilitado para enfrentar los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y eventos extremos. Es la incapacidad de resistencia cuando se presenta un fenómeno, o para reponerse después de ocurrido un desastre.





BIBLIOGRAFÍA

- ALMOND, R. E., GROOTEN A., D.JUÉ BIGNOLI M. y T. PETERSEN: *Informe Planeta Vivo. Hacia una sociedad con la naturaleza en positivo*, Ed. AMA, La Habana, 2022.
- AMARO VALDÉS, S.: *Lista roja de la fauna cubana*, Ed. AMA, La Habana, 2012.
- ASCARÍN, N.: *El cerebro del Rey*, Ed. Científico-Técnica, La Habana, 2017.
- BEROVIDES ÁLVAREZ, V.: *Biología Evolutiva*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1995.
- _____ : *Conducta Humana. ¿Herencia o ambiente?*, Ed. Científico-Técnica, La Habana, 2009.
- BEROVIDES ÁLVAREZ, V. y J. L. GERHARTZ: *Diversidad de la vida y su conservación*, Ed. Científico-Técnica, La Habana, 2009.
- BRAVO MATARAZO, E.: "La ética del científico en Cuba", *Bioética desde una perspectiva cubana*, Publicaciones Acuario, Centro Félix Valera, La Habana, 2007.
- CAPOTE LÓPEZ, R.: "Cuba y su biodiversidad: apuntes para su desarrollo sostenible y paisajes montañosos", *Anales de la Academia de Cuba*, vol 8, N.º 2, La Habana, 2018.
- Centro Nacional de Áreas Protegidas y Dirección General de Medio Ambiente: *Plan del Sistema Nacional de Áreas Protegidas 2023-2030*, Ministerio de Ciencias, Tecnología y Medio Ambiente, La Habana, 2023.
- CEPAL: *Agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe*, Naciones Unidas, 2016.
- CHAMIZO, A, A.SOCARRÁS y E. RIVALTA: *Diversidad Biológica de Cuba*, Ed. Pablo de la Torriente, La Habana, 2012.
- _____ : *Plan del Estado de Enfrentamiento al Cambio Climático en la República de Cuba*, La Habana, 2017, HYPERLINK "<https://duckduckgo.com/>" https://duckduckgo.com
- _____ : *Programa Nacional sobre la Diversidad Biológica 2016-2020*, <https://www.cbd.int/doc/world/cu/cu-nbsap-v3-es.pdf> 34p.
- _____ : *V Informe Nacional al Convenio sobre la Diversidad Biológica*, Ed. Academia, La Habana, 2014.
- DARWIN, C.: *El origen de las especies*, 3 tt., col. Vulcano, Ed. Científico-Técnica, La Habana, 1979.
- DELGADO, C. J.: "Cognición, problema ambiental y bioética", *Bioética para la sustentabilidad*, Publicaciones Acuario, Centro Félix Varela, La Habana, 2002.
- _____ : *Hacia un nuevo saber. La bioética en la revolución contemporánea del saber*, Publicaciones Acuario, Centro Félix Varela, La Habana, 2007.

BIOLOGÍA

- FEBLES, G.: "Diversidad biológica en Cuba, características y situación actual. Estrategia nacional y plan de acción", *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 43(3): 211-223, La Habana, 2009.
- FIGUEROA ROJAS, D.: *Levantamiento de información relacionado a protocolos para el manejo de especies exóticas invasoras en territorios insulares*, Proyecto GEF, 2015. <https://especies-exoticas.mma.gob>.
- GITAY, H., A. SUÁREZ, R. WATSON, y D. JON DOKKEN: *Cambio climático y biodiversidad. Documento técnico V del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC2)*, Geneva, Switzerland, 2002.
- GONZÁLEZ ALONSO, H.: *Biodiversidad de Cuba*, Ediciones Polimita, La Habana, 2007.
- GONZÁLEZ ALONSO, L. y otros: *Libro rojo de los vertebrados de Cuba*, Ed. Academia, La Habana, 2012.
- GONZÁLEZ, A. y B. CASTELLANOS: *Sexualidad y géneros. Alternativas para su educación en el siglo XXI*, Ed. Científico-Técnica, La Habana, 2006.
- GONZÁLEZ, J. (Ed.): *Glosario del macroproyecto Escenarios de peligro y vulnerabilidad de la zona costera cubana asociados al ascenso del nivel medio del mar para 2050 y 2100*, Instituto de Geografía Tropical, La Habana, 2015.
- GONZÁLEZ, R.: *SOS Alcohol y otras drogas*, Ed. Oriente, Santiago de Cuba, 1998.
- GONZÁLEZ SALAS, R. e I. PIMENTA CONCEPCIÓN: "El enfoque Una sola salud y las zoonosis reemergentes", *Revista Universidad y Sociedad*, 14(S2):385-390, Uruguay, 2022.
- GONZÁLEZ TORRES, L. R., A. PALMAROLA, L. GONZÁLEZ, E. TESTÉ y D. BARRIOS, (Eds): *Lista roja de la Flora de Cuba*, Ed. AMA, La Habana, 2016.
- GRIFFITHS, ANTONY J. F. y otros: *Genética*, 7.^a ed., Mc Graw Hill Interamericana de España SAU, 1997.
- HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, E. H.: *Sistema Nacional de Áreas Protegidas*, La Habana, [s.a], <https://repositorio.geotech.cu>.
- HIDALGO-GATO, M. M., J. ESPINOSA, y R. RODRÍGUEZ-LEÓN (Eds.): *Libro Rojo de Invertebrados Terrestres de Cuba*, Ed. Academia, La Habana, 2016.
- ITURRALDE VINENT, M. A. (Ed.): *Cuba: ABC de la prevención de los desastres*, Ed. Academia, La Habana, 2014.
- ITURRALDE VINENT, M. A. y HERMINIA SERRANO MÉNDEZ: *Peligros, vulnerabilidades de la zona marino-costera: estado actual y perspectivas ante el cambio climático hasta el 2100*, Ed. Academia, La Habana, 2015.
- JARDINOT MUSTELIER, Luis R.: *Integridad biótica. Una explicación de la vida en sus diversos niveles de organización*, Ed. Científico-Técnica, La Habana, 2019.
- JIMÉNEZ CHILLARÓN, JOSEP C.: "Origen fetal de las enfermedades", *Investigación y Ciencia* (445), España, 2013.
- LANTIGUA CRUZ, ARACELI y otros: *Introducción a la Genética Médica*, Ed. Ciencias Médicas, La Habana, 2004.
- LHUMEAU, D. y A. Cordero: *Adaptación basada en Ecosistemas: una respuesta al cambio climático*, UICN, Quito, 2012. <http://www.uicn.org/sur>.
- MANCINA, C. A., C. VEGA-CATALÁ, S. L. DEL CASTILLO e I. M. FUENTES (Eds.): *El cambio climático y la biodiversidad en Cuba: impactos, adaptación y áreas prioritarias para la conservación*. Ed. AMA, La Habana, 2022.

BIBLIOGRAFÍA

- MANCINA, C. A., y D. D CRUZ FLORES (Eds.): *Diversidad biológica de Cuba: métodos de inventario, monitoreo y colecciones biológicas*. Ed. AMA, La Habana, 2017, 480 pp.
- MARTÍ, J.: *Obras Completas*, t. 8, Ed. Nacional de Cuba, La Habana, 1963.
- MARTÍNEZ OTERO, L. E.: *Estrategia y respuesta One Health (Una salud)*. Capítulo 13. Cuadernos de estrategia, 2022, <https://dialnet.uniroja.es>.
- MEDEROS JIMÉNEZ, Y. y G. CASTRO ACEVEDO GIMÉNEZ: "Conservación de la biodiversidad, reto para la Educación Ambiental Comunitaria en Cuba", *Revista Estudios Ambientales* 9(1): 3-22, La Habana, 2021.
- MENÉNDEZ, L., M. ARELLANO, M. ACOSTA y P.M. ALCOLADO: ¿Tendremos desarrollo socioeconómico sin conservación de la biodiversidad? Experiencias del proyecto Sabana-Camagüey en paisajes productivos, Ed. AMA, La Habana, 2015.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA): *Estrategia Nacional para la Diversidad Biológica y Plan de Acción en la República de Cuba. 2020-2025*, La Habana, 2020. <https://www.cbd.int/doc/world/cu/cu-nbsap-v3-es.pdf>.
- _____: *Cinco años de Tarea Vida. 2017-2022: Mirada a un futuro resiliente*, La Habana, 2023, <http://www.redciencia.cu>.
- _____: *Plan del Estado de Enfrentamiento al Cambio Climático en la República de Cuba*, La Habana, 2017, <https://duckduckgo.com>.
- _____: *Programa Nacional sobre la Diversidad Biológica 2016-2020*, <https://www.cbd.int/doc/world/cu/cu-nbsap-v3-es.pdf> 34p.
- _____: *V Informe Nacional al Convenio sobre la Diversidad Biológica*, Ed. Academia, La Habana, 2014.
- Ministerio de Educación: *Programa educativo dirigido a la prevención del consumo de drogas en el Sistema Nacional de Educación*. Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 2016.
- MISTELI, TOM: "La vida interior del genoma", *Investigación y Ciencia* (415), España, Abril, 2011.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU): *Convención Marco sobre el Cambio Climático*, 2015, <https://unfccc.int/es>.
- _____: *Convenio sobre Diversidad Biológica Textos y Anexos*. Organización de Naciones Unidas. UNEP/CBD/94/1. Impreso en la OACI, Canadá, 2001.
- _____: *Pastos marinos: un arma secreta en la lucha contra el cambio climático. Programa para el medio ambiente*, 2019, <https://www.unep.org>.
- _____: *Una solución poderosa para el desafío climático*. 2020, <https://www.unep.org>.
- _____: *Cambio climático y seguridad alimentaria*, www.fao.org/climatechange.
- _____: *Primer Proyecto del Marco Mundial a la Diversidad Biológica. Grupo de trabajo de composición abierta sobre el marco de la Diversidad Biológica posterior al 2020*, <https://www.cbd.int>.
- _____: *Cambio climático y seguridad alimentaria*, www.fao.org/climatechange.
- Organización Mundial de la Salud: *Prevención de la violencia sexual y violencia infligida por la pareja contra las mujeres: qué hacer y cómo obtener evidencias*. Organización Panamericana de la Salud, Washington DC, 2011.
- _____: *Informe Mundial sobre la Violencia y la Salud*, 2002, <https://apps.who.int>.

BIOLOGÍA

- Organización Panamericana de la Salud: *Enfoque de habilidades para la vida para un desarrollo saludable de niños y adolescentes*, 2001, <https://www3.paho.org>.
- Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático: *Cambio climático. Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo*, La Habana, 2014.
- PICHS, R.: *Cambio climático: globalización y subdesarrollo*, Ed. Científico Técnica, La Habana, 2006.
- PLANOS E., A.V. GUEVARA y R. RIVERO: *Cambio climático en Cuba: vulnerabilidad, impacto y adaptación y medidas de adaptación*. Multimedia Instituto de Meteorología, Ed. AMA, La Habana, 2013.
- PORTILLA FABREGAR, N., A. OTAZO SÁNCHEZ y F. CORO ANTICH: *Fisiología del medio interno*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1986.
- Proyecto PNUD-GEF: *Mejorando la prevención, control y de especies exóticas invasoras en ecosistemas vulnerables de Cuba: Términos de referencia en la evaluación final*, <https://erc.undp.org>.
- República de Cuba: *V Informe Nacional al Convenio de Diversidad Biológica*. La Habana, 2014, <https://www.biofin.org>.
- _____ : *Primera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. La Habana, 2024, <https://ccc.insmet.cu>.
- _____ : *Sexto Informe Nacional al Convenio de Diversidad Biológica*. La Habana, 2018. <https://www.cbd.int>.
- _____ : *Contribución nacionalmente determinada a la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*. (19/11/2015). <https://unfccc.int>.
- ROCA A. (Comp.): *La salud sexual y reproductiva desde los enfoques de género, de derecho y sociocultural en la promoción de la Salud Sexual y Reproductiva*. Fondo de Población de las Naciones Unidas, 2012.
- RODRÍGUEZ R: *Luces para la vida*, Cinesoft, La Habana, 2016.
- SANTOS ABREU I. y otros: *Paisaje Montañoso: una mirada escolar*. Ed. AMA, La Habana, 2018.
- SANTOS ABREU, I (Comp.): *La educación agropecuaria en la escuela cubana actual*, Centro de Estudios de Educación Ambiental, Cigea, UCP Félix Varela, Villa Clara, 2011.
- SILVESTRE ORAMAS, MARGARITA y otros: *Biología General 3. 12. grado*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1979.
- SKINNER MICHAEL, K.: "Un nuevo tipo de herencia", *Investigación y Ciencia*, N.º 457, Octubre, 2014.
- SOLOMON, ELDRA PEARL; LINDA R. BERG y DIANA W. MARTIN: *Biología*, 9.^a ed., Mc Graw Hill Interamericana, 2013.
- SOTO, F., (Coord.): *Priorización de los ODS en Cuba: articulación de la Agenda 2030 con el Plan Nacional de Desarrollo e identificación de prioridades de desarrollo sostenible*. (LC/EX/TS.2023/21), Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Ciudad de México, 2023.
- ZILBERSTEIN TORUNCHA, JOSÉ y otros: *Biología 5. 12 grado*, t. 1., Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1991.



ANEXOS

Anexo 1

Entendiendo el calentamiento global de 1,5°C

Resumen del Informe Especial sobre el Calentamiento Global de 1,5 °C (SR15), Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) en octubre de 2018

Causas del calentamiento: Las actividades humanas han causado un aumento de aproximadamente 1 °C en la temperatura global respecto a los niveles preindustriales. Si las emisiones continúan al ritmo actual, es probable que se alcance un calentamiento de 1,5 °C entre 2030 y 2052.

Diferencias entre 1,5 °C y 2 °C: Limitar el calentamiento a 1,5 °C en lugar de 2 °C reduciría significativamente los riesgos y efectos adversos del cambio climático. Por ejemplo, la elevación del nivel del mar sería aproximadamente 10 cm menor, y la probabilidad de un océano Ártico sin hielo en verano sería mucho menor.

Impactos en ecosistemas y biodiversidad: Con un calentamiento de 1,5 °C, se prevé una menor pérdida de biodiversidad y una mayor conservación de los ecosistemas terrestres y marinos en comparación con uno de 2 °C.

Reducción de emisiones necesaria: Para limitar el calentamiento a 1,5 °C, las emisiones netas globales de CO₂ deben disminuir aproximadamente un 45 % para 2030 en comparación con los niveles de 2010, y alcanzar cero emisiones netas alrededor de 2050.

Necesidad de cambios sistémicos: Alcanzar este objetivo requiere transiciones rápidas y de gran alcance en energía, uso del suelo, infraestructura y sistemas industriales. Estos cambios no tienen precedentes en términos de escala, pero no necesariamente en velocidad.

Aunque el informe fue publicado en 2018, sus hallazgos siguen siendo fundamentales para las políticas climáticas actuales. Recientemente, se ha informado que en 2024 el calentamiento global alcanzó por primera vez un incremento de 1,5 °C sobre los niveles preindustriales durante un año completo, marcando el año más cálido registrado en la historia. Esto subraya la urgencia de implementar acciones climáticas ambiciosas para evitar superar este umbral de manera permanente.

Anexo 2

Resumen de la Declaración Universal de Bioética y Derechos humanos

La Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos, adoptada por la UNESCO en 2005, establece principios comunes para guiar las decisiones en biología, medicina y ciencias de la vida, considerando los derechos humanos y las libertades fundamentales. A continuación, un resumen de sus puntos clave:

Objetivos principales:

- Promover el respeto por la dignidad humana, los derechos humanos y las libertades fundamentales.
- Asegurar que los avances científicos se utilicen para el bienestar de los individuos y las sociedades.
- Fomentar el diálogo entre disciplinas y culturas sobre cuestiones bioéticas.

Principios fundamentales:

1. Dignidad humana y derechos humanos: Toda práctica científica debe respetar la dignidad y los derechos de la persona.
 2. Beneficio y no perjuicio: Buscar siempre el beneficio del individuo y evitar cualquier daño.
 3. Autonomía: Respetar la capacidad de las personas para tomar decisiones informadas sobre su salud y cuerpo.
 4. Consentimiento informado: Ninguna intervención médica debe realizarse sin el consentimiento libre y bien informado del individuo.
 5. Privacidad y confidencialidad: Protección de la información personal y médica.
 6. Igualdad, justicia y equidad: Acceso equitativo a los avances médicos y científicos.
 7. No discriminación ni estigmatización: Evitar toda forma de discriminación basada en características personales o sociales.
 8. Respeto por la diversidad cultural y pluralismo: Tener en cuenta los valores culturales en la toma de decisiones bioéticas.
 9. Solidaridad y cooperación internacional: Fomentar la colaboración entre naciones para enfrentar desafíos globales en bioética.
 10. Responsabilidad social y salud: Promover el acceso a servicios de salud y una vida sana.
 11. Protección de las futuras generaciones y del medio ambiente: Considerar los efectos a largo plazo de las acciones científicas y tecnológicas.

Esta Declaración es una guía ética y no vinculante legalmente, pero influye en políticas públicas y normativas nacionales e internacionales relacionadas con la ciencia y la salud y la sostenibilidad de la vida en el planeta.

Anexo 3

Resumen del artículo “Epigenética y ontogenia humana, baluarte inestimable en la promoción de salud y prevención de enfermedad”¹

Este artículo es una revisión publicada en 2019 en la Revista Médica Electrónica por investigadores de la Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas, Cuba.

La ontogenia humana se basa en fundamentos genéticos y epigenéticos. La epigenética es el conjunto de procesos químicos dependientes del ambiente que modifican la expresión del ácido desoxirribonucleico, sin alterar su secuencia. Su acción está presente durante toda la vida, especialmente en la prenatal cuando, por modificaciones ambientales intraútero ocurre la programación epigenética que hace al humano susceptible a defectos en la ontogenia, incluso a padecer ulteriormente de enfermedades crónicas no transmisibles. Se han reportado factores ambientales inductores de marcas epigenéticas, entre ellos: alimentación, hábitos tóxicos, estrés, consumo inadecuado de ácido fólico y técnicas de reproducción asistida, todos modificables; su conocimiento constituye un baluarte inestimable en la promoción de salud y prevención de enfermedad.

Se considera que existen al menos tres mecanismos moleculares epigenéticos:

Metilación directa del ADN: Es la adición de grupos metilo a la base nitrogenada citosina de la molécula de ADN, de los pares de nucleótidos citosina-guanina que se encuentran presentes en las regiones

¹ Blanco Pereira, María Elena, González Gil, Alcides, Luna Ceballos, Elsa Juana, Almeida Torre, Liam, Torres Del Valle, Frank David, & Bethencourt Herrera, Esteban Alejandro. (2019). Epigenética y ontogenia humana, baluarte inestimable en la promoción de salud y prevención de enfermedad. *Revista Médica Electrónica*, 41(4), 959-978. Epub 30 de agosto de 2019. Recuperado en 17 de mayo de 2025, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18242019000400959&lng=es&tLng=es.

promotoras de un determinado gen. La metilación de la citosina durante el desarrollo embrionario puede llevar a la diferenciación a través del silenciamiento de algunos genes que no se expresan en un tejido particular pero este proceso continúa durante el desarrollo postnatal y el envejecimiento, en todos los tipos celulares y es dependiente de factores ambientales.

Modificación química o postraduccionales de las histonas: Estas son las proteínas estructuralmente unidas al ADN, son modificadas a través de reacciones químicas como metilaciones, acetilaciones o fosforilaciones que llevan a mayores remodelaciones de la cromatina. El cambio en la densidad de la cromatina puede permitir el acceso a los genes y facilitar su expresión.

Micro ARN no codificantes: Los pequeños ARN aunque no codificadores son importantes en la regulación de la activación y silenciamiento de los genes, pues modifican el procesamiento del ARN mensajero y su traducción a proteínas.

La epigenética es una ciencia muy joven y por ello no están totalmente dilucidados los mecanismos que desde el ambiente natural, social y cultural pueden desencadenar uno o más mecanismos epigenéticos y las vías por las que esto se logra. Algunos hábitos como la alimentación, el consumo de alcohol o tabaco, el medio donde se vive o la práctica de ejercicio físico se han asociado a cambios o marcas epigenéticas implicadas en el desarrollo de una serie de enfermedades en humanos, los cuales, como se ha comentado ya actúan desde la vida intrauterina generan cambios epigenéticos que pueden ser transmitidos a la descendencia o incluso a terceras generaciones.

Exposición al humo del tabaco: El humo del tabaco puede provocar hipermetilación de los genes que codifican para una proteína quinasa que tiene como consecuencia el desarrollo de cáncer de pulmón en humanos. También se asocia a prematuridad, crecimiento intrauterino retardado, obesidad y asma a edades tempranas.

Consumo de alcohol: El patrón de metilación del ADN es establecido por primera vez durante la gastrulación y la exposición al alcohol

puede generar diversas secuelas en los grupos donantes de metilo y subsiguientes modificaciones epigenéticas. El consumo de alcohol tiene el potencial de modificar epigenéticamente genes críticos que intervienen en el neurodesarrollo.

El artículo concluye que la epigenética desempeña un papel crucial en la ontogenia humana y que su comprensión es fundamental para desarrollar estrategias efectivas de promoción de la salud y prevención de enfermedades. La identificación y modificación de factores ambientales que afectan la programación epigenética pueden ser herramientas valiosas en la medicina preventiva.

Anexo 4

Algunas reflexiones sobre la Selección Natural

Por: Dr. C. Giraldo Alayón García de la Fundación Ariguanabo

La teoría de la selección natural, formulada por Charles Darwin en el siglo xix, ha sido una de las ideas más influyentes en la historia del pensamiento humano. Su impacto no se ha limitado solo a la biología, sino que ha permeado la ciencia en general y ha influenciado la cultura, la filosofía, la sociología y hasta la economía.

En el ámbito científico, la selección natural revolucionó la comprensión de la evolución de los seres vivos. Desde la genética y la ecología hasta la paleontología y la antropología, los principios de la selección natural han guiado la investigación moderna. La síntesis moderna de la evolución, que combina la teoría darwiniana con la genética mendeliana, ha permitido explicar con mayor precisión cómo las especies cambian a lo largo del tiempo.

Además, conceptos derivados de la selección natural, como la adaptación y la competencia por los recursos, han influido en áreas como la medicina evolutiva, que estudia enfermedades desde una perspectiva evolutiva, y la biología sintética, que se inspira en mecanismos evolutivos para el diseño de nuevos organismos.

Más allá de la ciencia, la teoría de la selección natural ha sido adoptada y reinterpretada en diversas disciplinas culturales. En la sociología y la economía, por ejemplo, se ha utilizado el concepto de "supervivencia del más apto" (aunque muchas veces de manera errónea o simplista) para explicar la evolución de sociedades y mercados. En la literatura y el arte, la lucha por la supervivencia y la adaptación al entorno han sido temas recurrentes en obras de distintos géneros. La ciencia ficción ha explorado sociedades futuristas donde la evolución y la selección natural desempeñan un papel central en la configuración del mundo.

Por otro lado, la teoría ha generado debates éticos y filosóficos, desde el darwinismo social hasta cuestiones sobre el libre albedrío y el determinismo biológico. La relación entre la evolución y la moralidad sigue siendo un tema de discusión, especialmente en áreas como la neurociencia y la psicología evolutiva. La teoría de la selección natural trasciende su origen biológico y se ha convertido en un principio fundamental para entender no solo la vida, sino también la evolución de la cultura, el conocimiento y las sociedades humanas. Su alcance sigue expandiéndose a medida que nuevas disciplinas adoptan sus conceptos para explicar distintos fenómenos, consolidándola como una de las ideas más poderosas y transformadoras en la historia del pensamiento humano.

La selección natural sigue siendo un concepto central en la biología moderna y se aplica en múltiples áreas que estudian la evolución de los organismos. Algunas de sus aplicaciones clave incluyen:

Genética y evolución molecular. En biología molecular y genética, la selección natural ayuda a explicar cómo ciertas mutaciones en el ADN pueden propagarse en una población si otorgan ventajas adaptativas. La selección actúa sobre variantes genéticas, favoreciendo aquellas que mejoran la supervivencia y la reproducción de los organismos.

Medicina evolutiva. La selección natural es fundamental en el estudio de enfermedades y su evolución. Por ejemplo, los patógenos como virus y bacterias evolucionan rápidamente debido a la presión

selectiva de los antibióticos y antivirales, lo que lleva a la aparición de resistencia. Comprender estos procesos ayuda a desarrollar tratamientos más efectivos.

Ecología y conservación. En ecología, la selección natural explica las estrategias de adaptación de los organismos a su entorno. Las especies se enfrentan a cambios climáticos, competencia por recursos y presiones ambientales que moldean sus características y comportamiento. En conservación, este principio se usa para predecir cómo las especies responderán a la pérdida de hábitats o al cambio climático.

Biología sintética y biotecnología. La ingeniería genética y la biología sintética aplican principios de selección natural para diseñar organismos con características deseadas. Por ejemplo, se pueden crear bacterias optimizadas para la producción de biofármacos o cultivos agrícolas resistentes a plagas y sequías.

Neurociencia y comportamiento. La evolución del cerebro y el comportamiento humano también está influenciada por la selección natural. Rasgos como la cooperación, la memoria y la toma de decisiones han sido moldeados por presiones evolutivas que favorecen la supervivencia y el éxito reproductivo. En resumen, la selección natural sigue guiando el estudio de la vida en todas sus formas y es clave para resolver problemas científicos y tecnológicos modernos.

La selección natural y la deriva genética son dos mecanismos fundamentales en la evolución, pero funcionan de manera diferente y tienen distintas implicaciones en las poblaciones.

Selección natural

La selección natural es un proceso en el que ciertos rasgos genéticos se vuelven más comunes en una población porque ofrecen ventajas en la supervivencia o la reproducción. Los organismos con características adaptativas tienen mayor probabilidad de dejar descendencia, lo que provoca cambios acumulativos en la población a lo largo del tiempo.

Ejemplo: En un entorno donde los depredadores cazan por la vista, los individuos con camuflaje más efectivo tienen mayor probabilidad de sobrevivir y reproducirse, haciendo que el rasgo se vuelva más común con el tiempo.

Deriva genética

La deriva genética, por otro lado, es un proceso aleatorio que causa cambios en la frecuencia de los alelos dentro de una población. Estos cambios ocurren debido al azar, sin relación con la adaptación o la ventaja reproductiva. La deriva genética tiene un impacto más fuerte en poblaciones pequeñas, donde eventos fortuitos pueden reducir drásticamente la diversidad genética.

Ejemplo: Un desastre natural elimina una gran parte de una población de insectos, dejando solo unos pocos sobrevivientes. Independientemente de sus rasgos adaptativos, la próxima generación heredará solo los genes de los supervivientes, lo que puede cambiar drásticamente la composición genética de la población.

Comparación clave

Característica	Selección natural	Deriva genética
Causa principal	Presión ambiental y ventajas adaptativas	Azar
Efecto en la población	Favorece rasgos adaptativos	Puede reducir diversidad genética
Dependencia del tamaño poblacional	Actúa en cualquier población	Más fuerte en poblaciones pequeñas
Direccionalidad	No es aleatoria, favorece la adaptación	Es completamente aleatoria

Ambos mecanismos pueden actuar simultáneamente en una población, pero mientras la selección natural dirige la evolución hacia una mejor adaptación, la deriva genética puede provocar

cambios impredecibles, incluso eliminando características ventajosas por azar.

La evolución humana ha sido moldeada tanto por la selección natural como por la deriva genética, influyendo en nuestra biología, comportamiento y sociedad a lo largo del tiempo.

Selección natural en humanos

Desde nuestros ancestros más antiguos hasta los *Homo sapiens* modernos, la selección natural ha favorecido características que mejoran la supervivencia y la reproducción. Algunos ejemplos clave incluyen:

Resistencia a enfermedades: Poblaciones expuestas a patógenos han desarrollado adaptaciones genéticas que mejoran la inmunidad. Por ejemplo, ciertas variantes genéticas confieren resistencia a la malaria en regiones donde la enfermedad es común.

Capacidad intelectual: La evolución del cerebro humano y la inteligencia están ligadas a la selección natural. La cooperación, el lenguaje y el pensamiento abstracto han sido cruciales para el éxito de las sociedades humanas.

Adaptaciones climáticas: Los humanos han desarrollado características físicas adaptadas a distintos ambientes. Por ejemplo, las poblaciones en climas fríos tienden a tener cuerpos más compactos para conservar el calor, mientras que en climas cálidos predominan estructuras corporales más delgadas para disipar el calor.

Deriva genética en humanos

A diferencia de la selección natural, la deriva genética ha influido de manera aleatoria en la evolución humana, particularmente en poblaciones pequeñas o aisladas. Ejemplos de su impacto incluyen:

Variación genética entre poblaciones: Eventos aleatorios, como migraciones antiguas o desastres naturales, han afectado qué genes se

transmiten a futuras generaciones. Esto ha contribuido a la diversidad genética de las poblaciones humanas.

Rasgos únicos en grupos aislados: Algunas poblaciones han desarrollado características genéticas distintivas debido a la deriva genética. Por ejemplo, ciertas mutaciones que causan enfermedades raras pueden ser más frecuentes en comunidades pequeñas debido a la reproducción entre miembros del mismo grupo.

En conjunto, ambos procesos han moldeado a la humanidad, permitiendo adaptaciones clave mientras también generan variaciones genéticas entre poblaciones.

Las poblaciones aisladas han desarrollado rasgos genéticos únicos debido a la deriva genética y la adaptación a entornos específicos. Algunos ejemplos fascinantes incluyen:

1. Mutaciones genéticas raras

Fibrosis quística en población europea: Algunas comunidades en Europa tienen una frecuencia más alta de la mutación que causa fibrosis quística debido a la reproducción dentro de grupos pequeños.

Insensibilidad congénita al dolor en Pakistán: En ciertas familias de Pakistán se ha identificado una mutación genética que impide que las personas sientan dolor.

2. Adaptaciones al entorno

Tibetanos y altitud extrema: Los tibetanos han desarrollado una mutación en el gen EPAS1 que mejora el uso de oxígeno en grandes altitudes, permitiéndoles vivir en condiciones de bajo oxígeno sin sufrir efectos adversos como el mal de altura.

Inuit y metabolismo de grasas: Los inuit tienen adaptaciones genéticas que les ayudan a procesar dietas ricas en grasas marinas, lo que les permite prosperar en ambientes fríos sin sufrir problemas cardiovasculares.

3. Enfermedades genéticas más comunes en grupos pequeños

Síndrome de Ellis-van Creveld en los Amish: Debido a la reproducción dentro de una comunidad cerrada, los amish tienen una mayor frecuencia de ciertas enfermedades genéticas, como el síndrome de Ellis-van Creveld, que afecta el desarrollo óseo.

Acromatopsia en la isla de Pingelap: En una isla de Micronesia, una mutación ha provocado una alta prevalencia de acromatopsia, una condición que causa ceguera al color.

Estos casos demuestran cómo la evolución y la genética han moldeado a diferentes poblaciones en respuesta a su entorno y a factores demográficos.

Las poblaciones aisladas han desarrollado adaptaciones únicas debido a la selección natural y la deriva genética, lo que les ha permitido prosperar en condiciones específicas. Aquí presento algunos ejemplos adicionales:

1. Adaptaciones a la dieta

Poblaciones de Bajau (nómadas del mar): Los Bajau, que viven en el sudeste asiático, tienen adaptaciones genéticas que les permiten bucear por largos períodos. Han desarrollado un bazo más grande, lo que les ayuda a almacenar más oxígeno y mejorar su capacidad de apnea.

Pastores de Mongolia y su tolerancia a la lactosa: Mientras muchas poblaciones alrededor del mundo pierden la capacidad de digerir la lactosa en la adultez, los pastores mongoles y algunos grupos en África han mantenido una alta tolerancia debido a su dependencia de productos lácteos.

2. Adaptaciones a condiciones climáticas extremas

Los sami de Escandinavia: Los sami han desarrollado una mayor capacidad para la termogénesis (producción de calor corporal),

permitiéndoles resistir temperaturas extremadamente frías sin sufrir hipotermia fácilmente.

Los aborígenes australianos y la regulación térmica: Han desarrollado mecanismos fisiológicos que les permiten conservar agua y mantener la temperatura corporal en ambientes de calor extremo.

3. Adaptaciones a enfermedades

Resistencia a la malaria en África Occidental: Ciertas poblaciones en África han desarrollado la mutación de células falciformes, que aunque puede causar problemas de salud, también ofrece protección contra la malaria, una enfermedad mortal en la región.

Protección contra el cólera en Bangladesh: Algunos habitantes de Bangladesh tienen mutaciones en el sistema inmunológico que les confieren mayor resistencia al cólera, una enfermedad bacteriana prevalente en zonas con condiciones sanitarias difíciles.

Estos ejemplos ilustran cómo la evolución ha favorecido adaptaciones específicas en poblaciones aisladas, permitiéndoles sobrevivir en entornos únicos.

Anexo 5

El cambio más puro está en la semilla

Por: Alina Perera Robbio Publicado en el periódico *Juventud Rebelde* el 20 marzo 2021

Es en el universo de los cubanos más jóvenes donde pueden producirse las más importantes transformaciones en una lucha porque todos confluyamos, desde nuestras miradas, y de corazón, en un solo hombre: el hombre hecho «de un mismo color», el color de la plenitud y la dignidad.

Buscando en lo más temprano de la infancia, incluso en los años juveniles, no recuerdo haber seleccionado a mis amigos por el color de su piel. Más bien yo me acercaba a quienes mejor sabían sonreír, a los más divertidos o a quienes con una facilidad pasmosa sabían quitarme una rana del camino. Éramos, lo mismo en el aula que en el barrio, de todos los colores, como trazos de un rico abanico de cabellos y perfiles.

Nuestros maestros también mostraban apariencias diversas; y en las etapas de escuela al campo —esas en las cuales nos íbamos a otras provincias como Pinar del Río a sembrar la tierra y a vivir en campamentos de madera— todos andábamos felices e inocentemente mezclados. Así veía yo las cosas desde mi diversión y mi ingenuidad, sin preguntarme, como tampoco hacía con otras conquistas de la Revolución, si aquella suerte de paraíso tenía alguna explicación histórica.

Entrando en la adolescencia ciertas frases que empecé a escuchar rompían mi era de la candidez, e intentaban levantar muros invisibles, lamentables y muy poderosos, entre quienes tenía un color oscuro de la piel y los más «claritos».

Yo no había reparado en eso «de pelo bueno», «pelo malo», «adelantar o atrasar la raza», «el negrito ese...», «la blanquita esa...», «un negro con alma de blanco», «una blanca que baila como si fuese una negra». De pronto, como una avalancha incomprensible y terrible, comencé a escuchar que «negros... los zapatos», que «cada oveja con su pareja», o que «si tengo que dar mi sangre para un hermano negro lo hago, pero para mis hijas no los quiero».

Fui entendiendo poco a poco que, así como la violencia es algo que se aprende, la actitud de discriminar a nuestros semejantes —ya sea por el color de su piel o por cualquier otra característica, física o social—, no es algo intrínseco a la naturaleza humana, sino una actitud que también se incorpora a nuestro universo sicológico a través de prácticas muy complejas, las cuales son como camisas de fuerza que difícilmente abandonan a una persona en toda su vida.

«En buena medida, no deberíamos ni estar hablando de racismo ni de discriminación racial, por muchos motivos; en primer lugar porque en la naturaleza del hombre no está la existencia de razas», dijo hace algún tiempo en el espacio televisivo de la Mesa Redonda, y en un razonamiento bien lanzado a lo profundo, el historiador Rolando Rensoli Medina.

«Ese mismo concepto que ha creado el hombre de la diferenciación por razas no se aplica a nuestra propia especie —acotó Rensoli—; ya lo ha demostrado la biología, somos descendientes del *Australopithecus*, aquel que nació en el África y que emigró, y por lo tanto los cambios fenotípicos, y genotípicos también, que ocurrieron por miles de años no nos hacen diferentes en el orden natural».

El mundo, sin embargo, y como reflexionaba el historiador, no es solo natural, sino también cultural, «y aunque la cultura debería validar lo que la naturaleza nos da, no siempre es así. Y este es el caso del racismo: el hombre en su cultura ha creado toda esa construcción social de las razas».

En opinión del experto, la arista más nociva del fenómeno es su dimensión sicológica, porque por cuenta de esas aguas profundas hay personas que involuntariamente practican acciones discriminatorias: muchos no aceptan ser acusados de racistas en el orden ético, y, sin embargo, realizan acciones discriminatorias hacia el interior de la familia, hacia el interior de la sociedad, o en el centro que dirigen (una persona con prejuicios, empoderada, convierte ese prejuicio en acciones discriminatorias).

Es importante saber, como enfatizaba Rensoli Medina, que somos un pueblo mestizo, no solo en el orden cultural, sino también en el orden de nuestra formación genética: «hay más de 20 etnias aborígenes, hay 88 etnias africanas fundamentales, pero entre etnias y subetnias estamos hablando de 2.500 grupos africanos que vinieron aquí durante cuatro largos siglos, 17 etnias hispánicas... franceses, chinos, asiáticos, otras nacionalidades. Y como decimos (...), don Fernando Ortiz no nos comparó con una ensalada mixta, donde

todos los componentes están ahí bien separados. Nos comparó con un ajiaco, y el ajiaco es un caldo que se cuece a partir de la mezcla, y esa es la realidad del cubano; pero no basta con el discurso de asumirnos mestizos, sino con interiorizarlo y poder realmente actuar en consecuencia».

La batalla no será fácil, porque persisten, como enunciaba Rensoli, «patrones históricamente heredados, que gravitan sobre nuestra sociología social y afectan mucho la autoestima de las personas, y eso tiene que ver con el racismo». Trampas que hieren, aunque a veces no lo percibamos, son esas expresiones que ya mencioné en el texto y que, al hacer distingos entre un ser humano y otro, lo que hacen es deshumanizarnos.

Durante años, ante un fenómeno tan complejo, yo sentía que había una contradicción entre el gigantesco paso humano que entrañaba la Revolución nuestra, y aquellas expresiones que formaban —y forman parte—de la vida cotidiana del cubano. Yo no tenía respuestas. Y tampoco sentía que se hablase mucho del tema en debates colectivos de la sociedad. Por eso para mí tuvo un gran valor, estrenado el siglo XXI, escuchar la explicación en voz del Comandante en Jefe, Fidel Castro, quien inmerso en lo que conocemos como Batalla de Ideas compartió con todos —para que la praxis también fuera por esos caminos— la certeza, no nueva, de que con el triunfante Primer de Enero no desapareció entre nosotros, aunque el deseo sobre el papel fuera ese, la discriminación racial.

Fidel nos recordaba entonces que al plantearnos, por ejemplo, la igualdad de oportunidades para el acceso a la Educación Superior, no todos los jóvenes estaban ubicados por igual sobre la línea de arrancada que apunta a la meta: había muchos en desventaja, para quienes el estudio era un ejercicio muy complicado o una quimera, si el escenario para superarse era el incómodo cuartico de un solar, herencia objetiva del mundo obrero, de un mundo de pobrezas, habitado mayoritariamente por negros y mulatos. Era el desafío, con enormidad de montaña, de que la voluntad no bastaba para enderezar, en solo décadas, una injusticia de siglos.

Aun sabiendo que en un tema como este el camino es muy largo, resulta alentador saber que Cuba cuenta con un Programa Nacional contra el Racismo y la Discriminación Racial, aprobado por el Consejo de Ministros y puesto en marcha en noviembre de 2019. Porque en batallas tales, aunque lo subjetivo es cardinal, también hay que saber dar pasos concretos que nos hagan avanzar en la emancipación del hombre. Porque aun sabiendo que el socialismo cubano, martiano en sus raíces y esencias, no comulga con lo que estigmatiza o desune a los seres humanos, es justo reconocer que ante nosotros, en esto de discriminar, persisten desafíos mayúsculos.

En lo personal, albergo grandes esperanzas de que sea en el universo de los cubanos más jóvenes donde se produzcan los más importantes cambios en esta lucha porque todos confluyamos, desde nuestras miradas, y de corazón, en un solo hombre: el hombre hecho «de un mismo color», el color de la plenitud y de la dignidad.

Los jóvenes son los más indicados para ayudar a romper la camisa de fuerza, los muros que duelen y que ahí están, entre nosotros, a pesar de tanta lucha por derribarlos. Son ellos los indicados no solo por ser gestores naturales del cambio, sino también porque están más lejos, en el tiempo, de esa gravitación prejuiciosa, heredada de siglos, que hizo distinguir entre un ser y otro.

El racismo, aunque no es el único ni el mayor problema de la sociedad, sí merece la atención que se le está prestando —y ningún esfuerzo en tal sentido sería inútil—, porque dejarlo crecer sería alimentar la desunión entre nosotros. Y ya sabemos que cada resquicio de desamor, cada brecha de no entendimiento o no respeto entre nosotros mismos, serían aprovechados por quienes no nos quieren para dañar una obra que no tiene parangón en el afán de conquistar toda la justicia.

En entrevista ofrecida por el prestigioso escritor Alejo Carpentier en 1977, decía, haciendo referencia a una idea escuchada por él, que en Cuba todos descendemos de los aborígenes, o de los barcos. Ojalá comprendamos, más temprano que tarde, la certeza de

que habitamos un continente barroco, y una Cuba de igual materia, diversa y mestiza, que se expande y contrae como un corazón mientras sueña con ser feliz.

En medio de estas palpitaciones por emanciparnos, confiemos en la espontaneidad y sensibilidad de las nuevas generaciones para obrar transformaciones que nos harán mejores.

Anexo 6

Resumen del Programa Nacional contra el Racismo y la Discriminación Racial de Cuba

Este programa aprobado en noviembre de 2019 por el Consejo de Ministros, representa un compromiso gubernamental para erradicar las desigualdades asociadas al color de la piel en la sociedad cubana.

Objetivos y Enfoque

El programa, conocido como “Color Cubano”, busca:

- Eliminar las condiciones que generan brechas de equidad y discriminación racial, especialmente aquellas que afectan a las poblaciones negras y mestizas.
- Implementar una estrategia integral afirmativa, abordando de manera multidimensional las causas del racismo en ámbitos como educación, salud, empleo, vivienda, ingresos y participación social.
- Institucionalizar acciones específicas para superar las desventajas asociadas al color de la piel en diferentes territorios y sectores sociales.

En septiembre de 2021, el programa fue incorporado al Macroprograma de Desarrollo Humano, Equidad y Justicia Social del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social (PNDES) 2030,

fortaleciendo su enfoque transversal y su articulación con otras políticas públicas.

Desde su aprobación, se han logrado avances como la promoción de personas afrodescendientes a cargos públicos y la creación del Laboratorio Social Color Cubano en La Habana, que actúa como observatorio para la implementación del programa. Sin embargo, persisten desafíos, como la necesidad de mayor visibilidad y discusión pública sobre el racismo, así como la consolidación de las comisiones provinciales y la evaluación de indicadores relacionados con la equidad racial.

Aunque la Revolución Cubana de 1959 proclamó la eliminación del racismo, en la práctica, las desigualdades raciales han persistido. El programa "Color Cubano" representa un reconocimiento oficial de estas problemáticas y un esfuerzo por abordarlas de manera estructural y sostenida.

Anexo 7

Resumen del Programa Nacional de Diversidad Biológica (PNDB)

Este programa es una estrategia del gobierno cubano que tiene como objetivo principal conservar y manejar de forma sostenible la biodiversidad del país, reconociendo su valor ecológico, económico y social.

Visión al 2050: “la biodiversidad se valora, conserva, restaura y usa de forma sostenible, manteniendo los servicios de los ecosistemas, sosteniendo un medio ambiente sano y equilibrado y brindando beneficios esenciales para todas las personas”

Objetivos:

- #### A. Conservar los paisajes, ecosistemas, especies y genes.

- Se mantiene o restablece la integridad, la conectividad y la resiliencia de los ecosistemas naturales.
 - Se reduce el riesgo de extinción de especies amenazadas, especialmente aquellas en peligro y en peligro crítico.
 - Se mantiene la diversidad genética de las especies autóctonas, silvestres y domesticadas.
- B. Utilizar y gestionar de manera sostenible la diversidad biológica y valorar, mantener y mejorar las contribuciones de la naturaleza a las personas.
- C. Compartir de manera justa y equitativa los beneficios monetarios y no monetarios de la utilización de los recursos genéticos (incluyendo la información digital sobre secuencias), y de los conocimientos tradicionales locales asociados a estos.
- D. Mejorar las capacidades nacionales, garantizando la participación y representación plena, equitativa, inclusiva, efectiva y con perspectiva de género, para la implementación del Programa Nacional sobre la Diversidad Biológica.

Metas nacionales:

1. Controlar los impactos negativos a la biodiversidad nativa resultantes de actividades y comercio ilegales. Responsable: CITMA
2. Rehabilitar zonas de ecosistemas terrestres y costero - marinos degradados. Responsable: CITMA (controla las acciones de todos los Organismos, con enfoque ecosistémico)
3. Garantizar que al menos un 13% del territorio nacional y otras zonas bajo su jurisdicción (representa un incremento de 6% con respecto a línea base de 2022), se conserven y gestionen mediante el Sistema Nacional de Áreas Protegidas y otras medidas de conservación efectivas basadas en áreas (OMEC), sujetas a planificación espacial integrada y participativa, a fin de que la pérdida de los ecosistemas naturales se acerque a cero para 2030. Responsable: CITMA

ANEXOS

4. Reducir el riesgo de extinción de especies amenazadas, especialmente aquellas en peligro y en peligro crítico. Responsable: CITMA
 5. Mantener la diversidad genética de las especies autóctonas, silvestres y domesticadas, a través de la conservación ex - situ. Responsable: CITMA
 6. Controlar y mitigar los impactos de las especies exóticas invasoras establecidas, en especial en las áreas protegidas. Minimizar o reducir los eventos de introducción y establecimiento de las especies exóticas invasoras a través de la regulación y el control. Responsable: CITMA
 7. Reducir las fuentes de contaminación y su impacto negativo para la diversidad biológica y las funciones y los servicios de los ecosistemas. Responsable: CITMA (control)
 8. Minimizar el impacto del cambio climático en la biodiversidad. Responsable: CITMA
 9. Disminuir a 2 hectáreas o menos las afectaciones provocadas anualmente por incendios forestales, por cada mil hectáreas de superficie boscosa. Responsable: MININT (CGB)
 10. Garantizar el uso sostenible de las especies de la biota silvestre y sus productos derivados, en función de su estado de conservación y atendiendo a la legislación nacional e internacional vigente. Responsable: CITMA
 11. Garantizar que superficies dedicadas a la agricultura, la acuicultura, la pesca y la silvicultura se gestionen de manera sostenible. Responsable: MINAL, MINAG
 12. Aumentar la superficie, la calidad y la conectividad de los espacios verdes y azules en las zonas urbanas y densamente pobladas. Responsable: INOTU
 13. Implementar las medidas (jurídicas, administrativas y de creación de capacidad) para la identificación y distribución de los beneficios (monetarios y no monetarios) por la utilización de los recursos genéticos, la información digital sobre secuencias

de recursos genéticos y los conocimientos tradicionales asociados. Responsable: CITMA (recursos genéticos)

14. Favorecer la integración de los valores de la diversidad biológica en los marcos programáticos sectoriales y territoriales, armonizando los objetivos de conservación y uso sostenible en las políticas y estrategias de desarrollo del país, así como en los procesos de adopción de decisiones a todos los niveles. Responsable: CITMA
15. Implementar las medidas jurídicas y de política para que los actores económicos informen periódicamente de la evaluación de sus riesgos, dependencias de la biodiversidad e impactos en ella; promuevan modalidades de consumo sostenibles y la disminución de la generación de residuos. Responsable: CITMA
16. Establecer las medidas pertinentes que garantizan el uso seguro de organismos genéticamente modificados. Responsable: CITMA
17. Eliminar gradualmente o reformar los incentivos perjudiciales para la diversidad biológica. Aumentar los incentivos positivos para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica. Responsable: CITMA
18. Incrementar progresivamente el nivel de recursos financieros de todas las fuentes, a partir de un uso más racional de los fondos que cubren este ámbito de actuación y estimulando mecanismos innovadores al nivel nacional. Responsable: CITMA
19. Fortalecer la creación y el desarrollo de capacidades en apoyo a la implementación del PNDB. Responsable: CITMA
20. Fortalecer la comunicación, la sensibilización, el acceso a la información y el seguimiento del PNDB. Responsable: CITMA

Este programa forma parte de la política ambiental nacional de Cuba y está alineado con los compromisos internacionales del país en materia de conservación, adaptándose también a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).



**EDITORIAL
PUEBLO Y EDUCACIÓN**