

Serie documentos para capacitación a distancia
Segundo año de la Educación Secundaria

Introducción al Diseño Curricular

Biología

ES 2

Dirección General de
Cultura y Educación



Buenos Aires
LA PROVINCIA

Serie documentos para capacitación a distancia
Segundo año de la Educación Secundaria

Introducción al Diseño Curricular

Biología



Dirección General de Cultura y Educación
Introducción al Diseño Curricular de Biología / coordinado por María Alejandra Paz y Claudia Venturino. - 1ª edición - La Plata: Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires, 2008.
64 p.; 22x18 cm.
ISBN 978-987-1266-34-0
1. Diseño Curricular 2. Capacitación Docente 3. Biología I. Paz, María Alejandra, (coord.)
II. Venturino, Claudia, (coord.).
CDD 371.1

Fecha de catalogación: 01/09/2008

2008, Dirección General de Cultura y Educación
Dirección Provincial de Educación Superior y Capacitación Educativa
Calle 12 y 50, Torre 1, piso 9
Provincia de Buenos Aires
ISBN 978-987-1266-34-0
Hecho el depósito que marca la Ley N° 11.723

Introducción al Diseño Curricular

Biología

Programa de capacitación para
Educación Secundaria
Coordinadoras

Lic. Alejandra Paz
Prof. Claudia Venturino

Especialistas

Prof. José Figueroa
Prof. Marina Gómez Ríos
Prof. Mónica Grinschpun
Mg. Héctor Pedrol

Dirección de Producción de Contenidos

Edición: Adela Ruiz
Diseño: Bibiana Maresca
Cubierta: María Correa
Armado: Eugenia Nelli
Ilustraciones: Eduardo Cejo

Este documento se ajusta a la ortografía aprobada por la Real Academia Española y a las normas de estilo para las publicaciones de la DGCyE.

dir_contenidos@ed.gba.gov.ar

Septiembre de 2008

Índice

Presentación	5
Introducción	7
Unidad 1. Acerca del Diseño Curricular	13
Características de la Educación Secundaria	13
La enseñanza de las Ciencias Naturales en la ES	14
La enseñanza de la Biología en la ES	14
La enseñanza de la Biología en 2º año	16
Unidad 2. El origen de la diversidad biológica	17
El concepto de cambio evolutivo	17
La idea del Ancestro común	23
Deriva continental y Evolución biológica	29
La clasificación de la diversidad del mundo natural	31
Y después de Linné... ¿qué?	33
Unidad 3. El proceso de la evolución	35
La selección artificial	35
La selección natural	37
Unidad 4. Orientaciones para la evaluación	47
Anexo 1	49
Anexo 2	53
Anexo 3	57
Anexo 4	59
Bibliografía	61

Presentación

La Plata, septiembre de 2008

Estimados directores y docentes:

En 2005, la provincia de Buenos Aires inició un proceso de transformación y creó una nueva escuela secundaria de seis años que se constituye como el espacio privilegiado para la educación de las y los adolescentes bonaerenses. En función de avanzar en la construcción de la Educación Secundaria se ha elaborado una propuesta de enseñanza que se plasma en el nuevo Diseño Curricular, con el propósito de posibilitar a los jóvenes construir proyectos de futuro y acceder al acervo cultural de la humanidad.

La complejidad de la tarea docente, la actualización disciplinar y didáctica y los cambios curriculares requieren de una formación docente continua que permita la revisión crítica de la propia práctica. La propuesta de capacitación que se inicia persigue el propósito de acompañar a los docentes en los procesos de cambio que se impulsan y de ofrecerles herramientas que incidan en los procesos de enseñanza, mediante la implementación del Diseño Curricular de la nueva Educación Secundaria.

Por todo ello, este módulo constituye un espacio de diálogo e intercambio en relación con la práctica del docente y los posicionamientos teórico prácticos sobre la base de los cuales se deberían ir constituyendo los acuerdos para que el nuevo Diseño Curricular se constituya en una herramienta de la planificación de la enseñanza.

En este sentido, la propuesta de trabajo no agota –ni en profundidad ni en extensión– los ejes de contenido seleccionados, aunque intenta *abrir puertas* hacia un saber compartido acerca de la propuesta curricular vigente para construir juntos la escuela que todos queremos.

Los despedimos animándolos a participar de esta capacitación con el mismo compromiso con el que día a día enfrentan el desafío de la enseñanza.

Dirección de Capacitación

Introducción

El módulo que presentamos en esta oportunidad fue diseñado como material de apoyo para la capacitación a distancia destinada a profesores de Biología de la Educación Secundaria (ES) de la provincia de Buenos Aires. En este sentido, los encuentros de capacitación y las propuestas de lectura constituyen un acercamiento al nuevo Diseño Curricular para el segundo año de la ES.

La propuesta de capacitación se propone como un espacio de reflexión sobre los fundamentos teóricos y pedagógicos del nuevo Diseño y como un ámbito de producción en el que se abordarán aspectos relacionados con el diseño y la evaluación de proyectos de enseñanza situados y coherentes con las orientaciones propuestas en el Diseño Curricular.

Ante la reformulación del sistema educativo provincial y la creación de la Educación Secundaria, se abre una instancia para renovar la dimensión curricular y para reflexionar sobre los modos como se efectúan las prácticas de enseñanza en relación con los fines específicos de este nivel, las características peculiares de los estudiantes y los actuales contextos socioculturales.

Objetivos del curso

- Conocer y analizar el Diseño Curricular de Biología de 2º año de la Educación Secundaria.
- Reflexionar críticamente sobre la propia práctica para una mejora de la calidad de la enseñanza de las Ciencias Naturales en la ES.
- Desarrollar competencias profesionales específicas que impliquen cambios en la organización de la materia y en la concepción de su abordaje.

- Analizar y desarrollar propuestas curriculares tomando como referencia conceptos organizadores para la selección y organización de los contenidos de los ejes temáticos de Biología.
- Adquirir y afianzar habilidades para el diseño de actividades coherentes con las orientaciones didácticas del DC.
- Diseñar, implementar y evaluar proyectos áulicos que incluyan actividades, contenidos y orientaciones didácticas contempladas en el DC.

Contenidos

Unidad 1. Acerca del Diseño Curricular

Análisis de los lineamientos curriculares para 2º año de la ES. Descripción de los componentes del Diseño Curricular. La enseñanza de las Ciencias Naturales en la ES. La imagen de ciencia. La ciencia escolar. Propósitos generales de la enseñanza de la Biología en 2º año de la ES. Modos de pensamiento. Situaciones de enseñanza: caracterización y análisis.

Unidad 2. El origen de la diversidad biológica

Organización de contenidos de la materia Biología para 2do año. Análisis de la Unidad 1 de contenidos "Evolución: origen y diversidad de las estructuras biológicas". Orientaciones para su enseñanza, oportunidades pedagógicas, expectativas de Logro. Aspectos generales de la construcción histórica del concepto de cambio evolutivo: Fijismo-Creacionismo-Lamarckismo-Darwinismo-Teoría Sintética- Saltacionismo. Teoría del Ancestro Común: Observaciones que la teoría explica: existencia y distribución geográfica de especies vivas y extintas. Homologías y semejanzas embriológicas entre organismos. Distribución geográfica de especies vivas y extintas. Teoría de la Tectónica de Placas y la evolución biológica Clasificación linneana. Análisis y práctica de situaciones de enseñanza.

Unidad 3. El proceso de la evolución

Selección artificial. Adaptaciones de las poblaciones a su ambiente: análisis de los obstáculos para su enseñanza. Origen histórico de la idea de selección natural. Especiación. Análisis y práctica de situaciones de enseñanza.

Unidad 4. Orientaciones para la evaluación

Orientaciones para la evaluación: tipos, criterios e instrumentos de evaluación.

Modalidad de trabajo

La capacitación se desarrollará mediante la modalidad a distancia, con una carga horaria de 32 horas reloj. Todo el trayecto se distribuirá en 3 encuentros presenciales de 3 horas cada uno, más 23 horas de trabajo no presencial, dedicado a la lectura del material de apoyo y a la realización de las actividades.

Este módulo irá pautando ambas instancias, ya que fue pensado para guiar, orientar y acompañar su proceso de aprendizaje. La siguiente tabla sistematiza la modalidad y las características de los trabajos, las actividades a realizar y los tiempos y plazos de entrega.

Modalidad	Característica	Actividades a realizar	Duración
Trabajo no presencial o autónomo		Resolución de las actividades 1 a 6	
Encuentro presencial 1	<ul style="list-style-type: none"> • Puesta en común de lo trabajado en las horas no presenciales de la Unidad 1 • Orientaciones para el trabajo con las Unidades 2 y 3 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis y reflexión sobre las actividades de la Unidad 1 • Orientaciones para resolver las actividades de las Unidades 2 y 3 	3 horas
Trabajo no presencial o autónomo		Resolución de las actividades 7 a 21	
Encuentro presencial 2	<ul style="list-style-type: none"> • Puesta en común de lo trabajado en las horas no presenciales de las Unidades 2 y 3 • Orientaciones para el trabajo con la Unidad 4 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis y reflexión sobre las actividades de las Unidades 2 y 3 • Orientaciones para resolver las actividades de la Unidad 4 	3 horas

Trabajo no presencial o autónomo		Resolución de las actividades 22 a 26	
Encuentro presencial 3		Evaluación	3 horas

Recuerde que este material constituye una propuesta de enseñanza elaborada para lograr los objetivos explicitados y fue organizado en unidades didácticas que incluyen contenidos y actividades que orientarán el análisis del diseño curricular de la ES.

Para las instancias no presenciales o autónomas le sugerimos que:

- organice su tiempo de lectura y trabajo;
- cuando reciba el material realice una lectura rápida del módulo para tener una percepción global de los contenidos abordados;
- no postergue la realización de las actividades propuestas; cada una fue pensada desde una secuencia didáctica tendiente a facilitar el proceso de autocapacitación;
- destaque los conceptos que identifique en cada lectura;
- registre los comentarios, cuestionamientos y/o preguntas que le vayan surgiendo a fin de articular el marco teórico con su experiencia profesional;
- anote las certezas, interrogantes o dudas que se le presenten para poder trabajarlas en los encuentros presenciales;
- al cerrar cada actividad permítase reflexionar sobre lo leído y propóngase relacionar lo nuevo con lo conocido.

En cada unidad encontrará:

- breves referencias sobre los contenidos de Biología que se abordan en la unidad, que le facilitarán la lectura del Diseño Curricular;
- actividades elaboradas para:
 - favorecer y orientar el aprendizaje de los conceptos e ideas desarrolladas en el Marco General del Diseño Curricular, y en el capítulo referido a la enseñanza de Biología (segundo año);
 - vincular su práctica docente con los conceptos y concepciones analizadas.

Al final del módulo se incluye una serie de *anexos*, con diferentes características, que complementa y enriquece los contenidos del Diseño Curricular y las actividades propuestas. Recuerde que si lo necesita puede recurrir a la biblioteca del CIE.

Los encuentros presenciales son instancias de trabajo grupal diseñadas para el intercambio y la comunicación entre los docentes participantes y el docente a cargo de la capacitación. En este espacio podrá compartir ideas, plantear y resolver las dudas surgidas del estudio individual, construir grupos de estudio para analizar los contenidos y discutir las distintas formas de resolución de las actividades de aprendizaje.

Estos encuentros constituyen espacios para desarrollar contenidos no incluidos en este material, por eso se necesita que cada cursante haya realizado las actividades y lecturas propuestas en las instancias de trabajo autónomo previas al encuentro, ya que son los cursantes, con sus inquietudes, preguntas y comentarios, los que irán enriqueciendo el encuentro junto con el docente, otorgándole así una dinámica particular. En este material se detallan las actividades que deberá llevar a cada encuentro presencial, identificadas con la leyenda “para discutir en el encuentro presencial”.

Es aconsejable que los grupos de estudio funcionen también en los momentos de trabajo autónomo, para intercambiar experiencias, trabajar cooperativamente y relacionarse con otros cursantes que enriquecerán su aprendizaje y su desempeño laboral en el aula y en su institución.

El CIE será el encargado de atender las cuestiones operativas de la implementación del curso, por lo que podrá comunicarse con sus encargados cuando necesite información respecto de los días y los horarios de los encuentros presenciales, las fechas de entrega de los trabajos y cuestiones relativas a los materiales de estudio, entre otros aspectos.

Evaluación y acreditación

Para lograr la acreditación del curso el docente deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- asistir a los tres encuentros presenciales;
- presentar en los dos primeros encuentros presenciales las actividades propuestas;
- aprobar un trabajo práctico, escrito e individual –una propuesta de enseñanza– que deberá ser entregado al capacitador una semana antes del tercer encuentro presencial;
- aprobar la evaluación final en el tercer encuentro presencial.

Unidad 1

Acerca del Diseño Curricular

Características de la Educación Secundaria

Actividad 1 (para el encuentro presencial)

A fin de caracterizar la Educación Secundaria y comprender sus propósitos, le solicitamos que lea en el Diseño Curricular el capítulo “Marco general para la Educación Secundaria” y realice las siguientes actividades:

- relacione la secuencia histórica que allí se explicita con su biografía escolar y profesional;
- describa la organización de la Enseñanza Secundaria en la provincia de Buenos Aires;
- explique los propósitos planteados para la Educación Secundaria y analice su importancia con relación a la demanda de la sociedad en el momento actual;
- analice las concepciones que definen la propuesta para la Educación Secundaria en la Provincia y explique las siguientes expresiones:
 - implicancias del curriculum;
 - niños, adolescentes y jóvenes como sujetos de derecho y como sujetos sociales;
 - la ciudadanía dentro y fuera de la escuela;
 - la experiencia educativa se desarrolla en la diversidad, la desigualdad y la diferencia;
 - la escuela constituye un lugar de encuentro intercultural;
 - la escuela es una institución de relaciones intergeneracionales;
 - los y las docentes asumen la tarea de enseñar como un acto intencional, como decisión política y fundamentalmente ética;
 - la escuela sólo le exige al joven su ubicación de alumno/a y no como joven o adolescente;

- es necesario que la escuela avance en la construcción de la relación entre lenguaje y conocimiento;
- cuando el lenguaje de la escuela no se entiende marca un adentro y un afuera;
- existen diferencias en lo que implicó la escolaridad obligatoria para la generación del 80 y lo que implica en la actualidad.
- Caracterice los principales criterios técnicos que se detallan y explicita los motivos y las decisiones que justifican su adopción.

La enseñanza de las Ciencias Naturales en la ES

Actividad 2 (para el encuentro presencial)

Para caracterizar y comprender los propósitos que persigue la enseñanza de las Ciencias Naturales en el nivel, lea en el Diseño Curricular el apartado “La enseñanza de las Ciencias Naturales en la SB” atendiendo a las siguientes consignas:

- ¿Qué implica la formación de ciudadanos científicamente alfabetizados?
- ¿Cuál es la imagen de ciencia que propone el DC?
- ¿De qué modo caracteriza el DC a la ciencia escolar?

A continuación, redacte los propósitos y principios didácticos (lineamientos metodológicos) que deben orientar la enseñanza de las Ciencias Naturales en este nivel.

La enseñanza de la Biología en la ES

Actividad 3 (para el encuentro presencial)

A fin de comprender los propósitos de la enseñanza de la Biología en 2º y 3º año, lea el apartado “La enseñanza de la Biología en la SB” y realice las siguientes actividades:

- identifique los propósitos y los criterios que guían la enseñanza de la Biología;
- relacione lo que consta en este apartado con lo trabajado en la actividad anterior.

Actividad 4 (para el encuentro presencial)

A partir de lo visto en torno a los modos de pensamiento que guían la selección de contenidos que se presentan en el DC, le proponemos ejercitar en un ejemplo concreto la aplicación de estos marcos de referencia. Para esto, observe la ilustración que se presenta a continuación y realice las siguientes actividades:

- analice el ambiente a partir de cada uno de los modos de pensamiento desarrollados en el DC.
- formule sobre este ambiente preguntas relacionadas con los distintos modos de pensamiento;
- seleccione uno de estos modos de pensamiento y confeccione un listado de contenidos relacionados con el mismo.



Momento ficticio de una posible laguna bonaerense.

La enseñanza de la Biología en 2º año

Actividad 5 (para el encuentro presencial)

Con el objeto de analizar algunas de las situaciones de enseñanza que propone el DC, lea el apartado “Situaciones de enseñanza en Biología” y realice las siguientes actividades:

- identifique los aspectos que considere centrales en cada una de las situaciones de enseñanza, teniendo en cuenta sus características, el rol del alumno/a y del docente;
- regístrelos en una síntesis o diagrama.

En función de lo explicitado en este apartado, seleccione alguna de las actividades que suele desarrollar con sus alumnos/as y realice las siguientes actividades:

- clasifíquela dentro de los tipos de situaciones de enseñanza analizadas;
- indique las similitudes y las posibles adecuaciones que debería efectuarle para que se corresponda con lo planteado en el DC.

Actividad 6 (para el encuentro presencial)

Como primera aproximación al tema central que orienta la enseñanza de la Biología en 2º año, y a la organización general de los contenidos que se proponen para este nivel, lea el apartado “La enseñanza de la Biología en 2º año” y redacte un texto que responda a las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son los conceptos centrales en cada una de las unidades de contenidos?
- ¿Por qué para la enseñanza de la Biología es importante la elección del eje temporal?

Unidad 2

El origen de la diversidad biológica- Orientaciones para su enseñanza

Actividad 7 (para el encuentro presencial)

Para comenzar con el tratamiento de la Unidad 1, le solicitamos que lea en el apartado "Contenidos" los desarrollos que refieren a esta primera unidad, analizando tanto las *Orientaciones didácticas* como las *Oportunidades pedagógicas* y las *Expectativas de logro*. A continuación, considere que está preparando una planificación o proyecto de enseñanza para esta unidad y realice las siguientes actividades:

- redacte una fundamentación que integre los aspectos centrales de los apartados del Diseño Curricular analizados hasta el momento;
- enuncie los objetivos, en función de las expectativas de logro;
- relacione los contenidos de esta unidad en una trama o diagrama, consultando para esto las *Orientaciones didácticas* y las *Oportunidades pedagógicas* que se proponen.

El concepto de cambio evolutivo

Actividad 8 (para el encuentro presencial)

A modo de recorrido histórico por las diversas explicaciones que se han dado a la noción de cambio evolutivo, le proponemos que lea el texto que se ofrece a continuación y realice las siguientes actividades:

- identifique los principios centrales de cada una de las explicaciones;
- sugiera cuál o cuáles de ellas podrían estar presentes en el pensamiento de sus alumnos/as.

Si bien Darwin es considerado el padre de la teoría moderna de la evolución, no fue el primero en sostener que los seres evolucionan a través del tiempo, sino el primero en acumular una masa importante de evidencia y en proponer un mecanismo válido para explicar el cambio evolutivo.

Aristóteles (384-322 A.C.), en su *Escala de la Naturaleza*, afirmaba que el ser humano ocupaba la posición más alta mientras que en la base se encontraban los seres más sencillos. Esta concepción no llegaba a explicar un proceso evolutivo, sólo hacía mención a un ordenamiento jerárquico. Sin embargo, sí existe una concepción anterior a la de Aristóteles que se acercaría a la de que los seres evolucionan a lo largo del tiempo. Anaximandro (611-547 A.C.) se adelantó a las teorías actuales sobre evolución y sostuvo que la vida debió haber comenzado en el agua, en animales con rasgos similares a los peces, con mayor protección. En general, se ha intentado explicar el origen y la diversidad de la vida a través de fuerzas o seres sobrenaturales que se incluyen como postura Creacionista. Este pensamiento fijista, porque lo creado por fuerzas sobrenaturales no cambia con el tiempo, permaneció durante la época medieval y requirió de un profundo movimiento que permitiera avanzar hacia nuevas posturas.

Los principales postulados de la postura **Creacionista-Fijista** son:

- todas las especies se originaron durante la creación con las mismas características actuales;
- la clasificación de los organismos era utilizada para exaltar la obra divina;
- en la diversidad de los organismos se observa la infinita sabiduría divina;
- en las descripciones de las especies conocidas se vislumbraban los arquetipos ideales concebidos por Dios.

En el siglo XVIII, el naturalista sueco Carl von Linné –conocido también como Carlos Linneo–, elaboró el sistema natural para la nomenclatura de las especies, tratando de organizar la creación divina de todos los seres vivos. El primer paso en su clasificación consistía en realizar una descripción de la especie lo más precisa posible. A continuación, agrupaba las especies de morfología parecida en géneros y a estos últimos en familias. Finalmente, y teniendo en cuenta sus semejanzas, reunía a las familias en órdenes y a éstos en clases.

La utilización de la especie como unidad básica fue lo que le permitió a Linneo establecer un sistema de clasificación mucho más preciso que los elaborados anteriormente. Y si bien el planteo de este sistema lo hizo desde una postura fijista del mundo vivo, su tarea posibilitó el desarrollo de las teorías evolucionistas. El reconoci-

miento de semejanzas y diferencias entre diversos grupos no sólo permitió suponer que unos podían estar emparentados con otros sino, también, que unos podrían derivar de los otros.

Con el tiempo, estas concepciones fijistas comenzaron a cuestionarse y aparecieron científicos como Buffon, Hutton y Lyell, quienes incorporaron visiones renovadas que se enfrentaron con lo aceptado hasta el momento.

El científico francés Georges Louis Leclercq, conde de Buffon, consideró la posibilidad en la cual las especies podrían sufrir cambios en su constitución original. A su entender, la creación divina de organismos perfectos se desvió por degeneración dando origen a la diversidad actual de seres vivos.

En este contexto se agregó un dato crucial para el advenimiento de las ideas transformistas: el geólogo James Hutton propuso que la historia de la Tierra data de muchos años y que en ese período habría sufrido numerosos procesos lentos y graduales, producidos por el viento, el agua y el clima. Conocida como **Uniformitarismo**, esta teoría fue importante por varias razones: por un lado, y en contradicción con la lectura de la Biblia, sostenía que la Tierra tenía una larga historia que permitía realizar un cálculo de seis mil años por medio de las distintas generaciones que en ella se describen; por otro, afirmaba que el cambio era una característica propia del medio –al contrario de una visión estática (fijista)–, interrumpida por algún hecho ocasional, por ejemplo, un terremoto. Este hecho era explicado mediante una postura opuesta, el **Catastrofismo**, según la cual a lo largo de la historia de la vida habían ocurrido sucesivas catástrofes, y que ante cada cataclismo había sucedido un nuevo acto creador, lo que explicaba las diferencias evidentes, aportadas por la incipiente paleontología y anatomía comparada entre las especies vivas y las fósiles.

En tanto, los aportes de Charles Lyell, leídos por Darwin durante su viaje en el Beagle en el libro *Principios de Geología*, apoyaban las afirmaciones de Hutton en cuanto se oponía a la teoría de las catástrofes y resaltaba el efecto lento, acumulativo y continuo de los cambios ocurridos en la Tierra durante su evolución. A través de sus propias observaciones, reafirmaba la necesidad de un tiempo muy prolongado para que los cambios observados en la Tierra pudieran ocurrir. Este gran aporte, enriquecido con el surgimiento de diferentes campos del saber –las matemáticas, la física, la astronomía– marcó un cambio significativo en el modo de percibir la realidad y constituyó un hecho muy importante para el pensamiento evolucionista.

Durante el siglo XIX se inició en Francia un movimiento denominado **Transformismo**. Su responsable fue Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet, Caballero de Lamarck,

quien le dio una interpretación diferente a lo ya conocido por la geología y la paleontología. Su teoría consideraba cuatro postulados:

- generación espontánea de los organismos más simples;
- impulso natural a la perfección;
- ambiente como desencadenante de cambios;
- transformismo en el uso y desuso de los caracteres de los organismos;
- herencia de los caracteres adquiridos.

Lamarck sostenía que todas las especies, incluido el hombre, descienden de otras especies. El estudio de organismos, como los invertebrados, le permitió llegar a la idea según la cual los seres vivos presentan una complejidad en continuo aumento y a cada especie como derivada de una más primitiva y menos compleja (para ampliar este punto consulte el Anexo 1).

El pensamiento evolucionista de Lamarck encontró una fuerte oposición en George Cuvier, un gran científico de la época que es considerado el padre de la moderna Paleontología y de la Anatomía Comparada, pese a haber combatido las ideas evolucionistas. Cuvier sostenía que las especies eran fijas y que habían sido creadas en el principio, pero que una serie de catástrofes –la última de ellas, el Diluvio–, las había hecho desaparecer. Su teoría catastrofista le permitía explicar la extinción de organismos y la presencia de restos fósiles. Cuvier fue un firme e influyente adversario de las teorías evolucionistas y con su brillante personalidad llegó a destruir la carrera científica de Lamarck, a quien desprestigió constantemente.

En 1859, la publicación de *El origen de las especies*, de Charles Darwin, cuyo nombre original es *Sobre el origen de las especies por medio de la selección natural, o la supervivencia de las razas favorecidas en la lucha por la vida*, produjo una reacción en la comunidad científica y en el público en general y desencadenó una revolución, no sólo en las ciencias biológicas sino también en las concepciones filosóficas, morales y religiosas de la sociedad occidental, al tiempo que amenazaba, aunque no fuera su propósito, la estructura del pensamiento cristiano racional.

Los desarrollos volcados en este libro tuvieron una fuerte influencia de un escrito de Thomas Malthus, que apareció por primera vez en 1789. Al igual que muchos economistas, este autor advertía la dificultad que supondría alimentar a todos los habitantes del planeta frente al gran incremento de la población humana. Darwin tomó la conclusión de Malthus, en torno a que la disponibilidad de alimentos y otros factores limitaban el crecimiento de la población, y la trasladó a todas las especies, no sólo a la humana. El resultado de esta situación es la supervivencia de los más aptos en la utili-

zación de los recursos, produciéndose una selección, la selección natural desarrollada por Darwin.

A partir de estas ideas, el científico británico escribió un esbozo de su teoría y sólo la mencionó en notas a sus colegas científicos. En 1859, recibió una carta desde el archipiélago malayo de otro naturalista inglés, Alfred Russel Wallace, quien coincidía con su explicación de la evolución biológica. Wallace había leído el ensayo de Malthus, también había realizado largos viajes donde pudo estudiar numerosos ejemplares de plantas y animales.

Al enterarse de este acontecimiento, amigos de Darwin presentaron a la Sociedad Linneana de Londres sus escritos y los de Wallace, poniendo de manifiesto la sorprendente coincidencia de ideas. Al año siguiente, el 24 de noviembre de 1859, Darwin publicó *El origen de las especies por medio de la selección natural*. A partir de ese momento, la historia de la Biología sería diferente: esta mirada revolucionaría este campo de la Ciencia y se convertiría en la mayor teoría unificadora del conocimiento biológico.

Según la interpretación realizada por Darwin, el proceso evolutivo tiene un recorrido gradual; es decir, la evolución ocurre por la acumulación de diferencias pequeñas, por ejemplo, entre dos poblaciones que de manera gradual pasan a ser especies independientes, en un proceso que puede llevar cientos de miles o millones de años. Desde la presentación de estas ideas se ha acumulado mucha evidencia a favor de la realidad de la evolución, poniendo de manifiesto la relación de todos los seres vivos a partir de organismos ancestrales. No obstante, una de las principales debilidades de la teoría de la selección era la ausencia de un mecanismo válido de explicación de la herencia. A pesar de la coincidencia en la época entre el trabajo de Darwin y de Gregor Mendel, ellos no compartieron los resultados de sus investigaciones, es más las ideas mendelianas fueron redescubiertas muchos años después de su muerte. La gran contribución de Mendel fue demostrar que las características heredadas eran llevadas en unidades discretas que se reparten por separado en cada generación. Estas unidades discretas son las que conocemos como genes, por lo tanto a Mendel se lo conoce como el padre de la **Genética**.

Fue el desarrollo de la genética lo que permitió dar respuesta a tres cuestiones que Darwin no pudo resolver:

- ¿Cómo se transmiten las características heredadas de una generación a la siguiente?
- ¿Por qué las características heredadas no se “mezclan”, sino que pueden desaparecer y luego reaparecer en generaciones posteriores?

- ¿De qué manera se originan las variaciones sobre las cuales actúa la selección natural? La combinación de los aportes de los principios mendelianos con la teoría de la Selección Natural se conoce como **síntesis neodarwiniana** o **teoría sintética de la evolución**. Propuesta en la década del 40 por Theodosius Dobzhansky, la teoría sintética dominó desde entonces el pensamiento científico acerca del proceso de evolución.

En 1972, no obstante, los paleontólogos norteamericanos Niles Eldredge y Stephen Jay Gould cuestionaron el gradualismo postulado por el darwinismo. Uno de los argumentos que utilizaron fue la ausencia, entre los fósiles que se hallaban en los distintos estratos geológicos, de formas intermedias que permitieran dar cuenta de la evolución gradual. A pesar de la existencia de ciertos grupos de organismos fósiles que dejaron abundantes formas de tipos semejantes por estratos, no se han hallado formas intermedias que muestren la secuencia progresiva con la que evolucionaron; vacío que les permitió objetar la explicación por la cual los organismos evolucionan de forma gradual y continua.

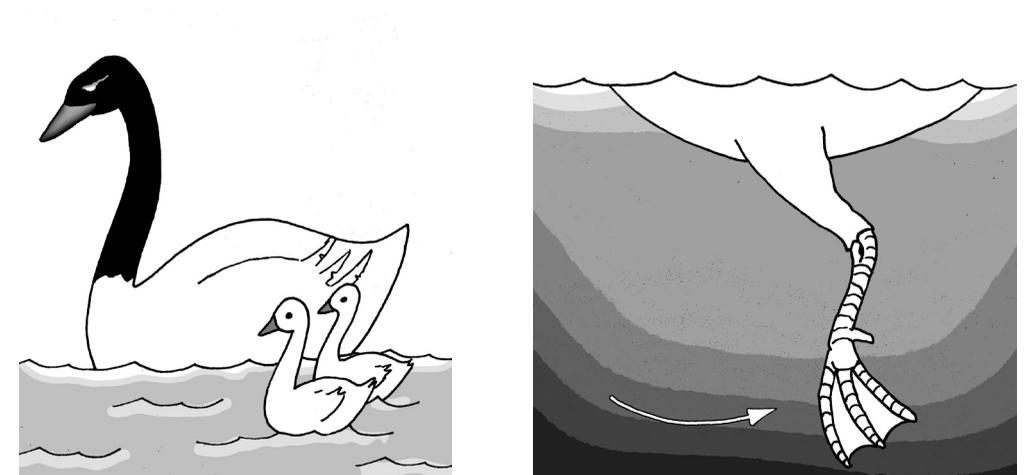
Basados en tal evidencia, Eldredge y Gould postularon que cada especie permanece estable en sus caracteres esenciales durante millones de años, período que llamaron estasis o ausencia de cambios, para luego ser reemplazada por otra que presenta un cambio brusco de caracteres. A este proceso, compuesto por largos períodos de estabilidad de una especie y sustitución brusca por otra diferente, lo llamaron **evolución por equilibrio intermitente o punteado**.

Acorde a este modelo, en términos de tiempo geológico la evolución de las especies es un suceso relativamente rápido, impulsada por un número relativamente pequeño de cambios genéticos. En cambio, en otros períodos, relativamente cortos, el proceso evolutivo ocurre de forma rápida, siendo ésta la parte punteada del modelo, mientras que el equilibrio correspondería a la estabilidad de ciertas características durante largos períodos de tiempo.

Propuesta para el aula

Para conocer cuáles son las ideas y/o teorías que tienen sus alumnos/as en relación con la evolución, le proponemos la siguiente actividad para el aula¹:

Algunas aves acuáticas, como los patos y los cisnes, nadan por la superficie del agua impulsándose con las patas. Como se ve en el esquema de un cisne de cuello negro, las patas de estas aves poseen una membrana interdigital. Explica cómo se originó dicha pata.



Durante el desarrollo de la clase, registre las explicaciones de sus alumnos/as y luego analícelas. Para esto, le sugerimos que lea el punto *La evaluación y las ideas previas*, incluido en el apartado “Orientaciones para la Evaluación” del Diseño Curricular. Finalmente, clasifíquelas en función de las explicaciones acerca del cambio evolutivo que fueron trabajadas en la actividad anterior.

La idea del Ancestro Común

Tal como se desprende del apartado “Orientaciones para la Enseñanza”, al momento de introducir la idea teórica del Ancestro Común se propone realizar un recorrido didáctico

¹ Actividad adaptada de Ana María Gené Duch (1991).

que, partiendo del análisis de ejemplos que den cuenta de las relaciones evolutivas entre los seres vivos, posibilite a los alumnos/as buscar explicaciones y formularse preguntas.

Del análisis del texto que se reproduce a continuación, puede afirmarse que Darwin utilizó constantemente el inductivismo, recolectando datos y observaciones sobre distintos elementos de la naturaleza para llegar a la elaboración de conclusiones, hecho que pudo realizar directamente en su viaje a bordo del Beagle y después en su tierra natal con el material recolectado. En este texto menciona las posibles relaciones entre los habitantes del pasado y los presentes. El descubrimiento de restos fósiles en nuestro territorio le podría haber posibilitado indicios para empezar a pensar en las relaciones evolutivas de los seres vivos. En este lugar encontró restos fósiles de varias especies, entre ellas de *gliptodontes*, animales extintos que habitaron nuestras tierras. Él relacionó estos animales con representantes actuales, vinculándolos con los armadillos característicos de esta zona, relación correcta porque en la actualidad ambos se encuentran ubicados sistemáticamente como Xenartros.

Actividad 9 (para el encuentro presencial)

Teniendo en cuenta estas consideraciones, le pedimos que lea el siguiente fragmento de *El origen de las especies* e indique cómo podría explicarse la relación entre el grupo extinguido y la especie actual de este grupo de seres vivos.

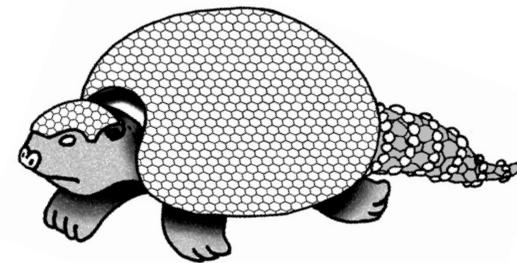
A bordo del H. M. S. Beagle me sorprendieron mucho como naturalista algunos hechos acerca de la distribución de los habitantes de Sudamérica y de las relaciones geológicas de los habitantes actuales y de los que habían existido en el pasado en dicho continente. Creí que estos hechos aportaban algo acerca del origen de las especies, ese misterio de los misterios, como ha sido llamado por uno de nuestros filósofos más importantes. Al regresar a casa, en 1837, se me ocurrió que quizá podría hacerse algo al respecto *acumulando y reflexionando pacientemente todo tipo de datos que pudiesen tener alguna relación con el problema*. Después de cinco años de trabajo me permití especular al respecto y escribí algunas notas cortas; en 1844 las amplí en un bosquejo de las conclusiones que a mí me parecían probables: desde ese período hasta el momento actual he perseguido constantemente el mismo objetivo (Darwin, 1859).

Propuesta para el aula

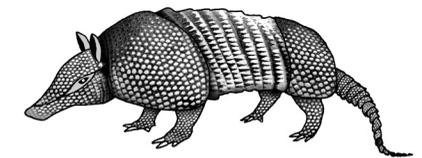
En las clases de Biología el docente debe ofrecer a los alumnos/as actividades que les permitan construir procedimientos que, como sucede con la observación, pueden ser utilizados para la elaboración de explicaciones que traten de dar respuesta a un problema planteado. Para ello, le proponemos la siguiente actividad:

Los animales representados en este dibujo vivieron en nuestro territorio hace miles de años, junto con otros mamíferos de gran tamaño. Éstos animales, pertenecientes a un grupo bautizado por los investigadores con el nombre de *Gliptodontes*, fueron estudiados en nuestro país por Charles Darwin (1809-1882), Florentino Ameghino (1854-1911) y otros naturalistas, quienes describieron especies que llegaron a medir desde 1,5 hasta 4 metros de largo.

Estos organismos fósiles presentan características similares a los armadillos que habitan actualmente en el pastizal pampeano.



Gliptodonte



Armadillo

Imitando a los naturalistas, quienes trabajaron y elaboraron importantes conclusiones a partir de los restos fósiles de estos animales, realiza las siguientes actividades:

- observa y propone hipótesis o explicaciones acerca de sus hábitos y reconstruye cómo sería un día en la vida de estos animales;
- elabora un cuadro comparativo de similitudes y diferencias entre ambos;
- ¿Cómo explicarías las similitudes entre los gliptodontes y los armadillos?

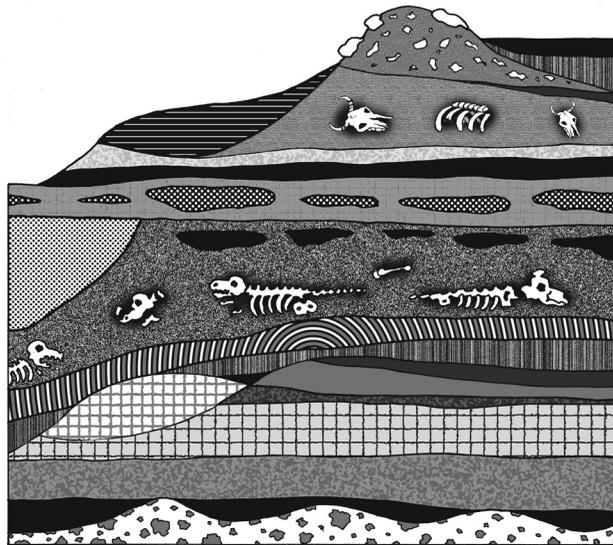
Es importante no perder de vista que procedimientos como la observación, la elaboración de hipótesis, la formulación de preguntas, u otras habilidades cognitivas, no se adquieren espontáneamente ni por realizar muchas actividades. Por el contrario, el docente debe enseñarlas, problematizar sus producciones y guiar a los alumnos/as para que puedan apropiarse de las mismas.

En esta actividad, la observación de la ilustración podrá ser enmarcada mediante preguntas que formule el docente o que planteen los propios alumnos/as. Con respecto al armado del cuadro comparativo, en general se observa que los alumnos/as tienen dificultades para la identificación de los aspectos a comparar; de allí que sea el docente quien deba guiar la elección de estos criterios.

Actividad 10 (para el encuentro presencial)

La idea del Ancestro Común permite comprender las observaciones en la existencia y distribución de la biodiversidad actual, así como la distribución estratigráfica de los fósiles. Dado que en varias de las actividades que se presentan en este módulo se nombran y utilizan pedagógicamente ejemplos extintos que sólo se conocen a través del registro fósil, le sugerimos que a partir de los materiales que se incluyen en el Anexo 2 analice el esquema que se presenta a continuación y realice las siguientes actividades:

- indique como utilizaría este gráfico en una actividad;
- elabore un texto explicativo sobre la temática que incluya este tipo de gráficos.



Corte representativo de las Eras Geológicas

Actividad 11 (para el encuentro presencial)

La comparación de estructuras homólogas y del desarrollo embrionario de los vertebrados aporta importantes argumentos a favor de la evolución. Por ejemplo, la homología se evidencia entre los miembros anteriores de animales tan diversos como los cocodrilos, las aves, ballenas, caballos, murciélagos y humanos, que están constituidos por huesos dispuestos según el mismo patrón. Otra comparación posible: casi todos los mamíferos, desde el ratón hasta la jirafa, tienen siete vértebras cervicales.

Con estos datos, u otros ejemplos que considere adecuados, le solicitamos que realice las siguientes actividades:

- diseñe una situación de enseñanza que posibilite la construcción del concepto de Ancestro Común;
- especifique los recursos a utilizar y las consignas que resolverán sus alumnos/as en la actividad;
- explique y fundamente qué tipo de situación de enseñanza seleccionó.

Actividad 12 (para el encuentro presencial)

Partiendo de considerar lo desarrollado en el punto *Situaciones de lectura y escritura*, incluido en el apartado "Situaciones de enseñanza en Biología" del DC, le proponemos que lea el texto que se ofrece a continuación e indique:

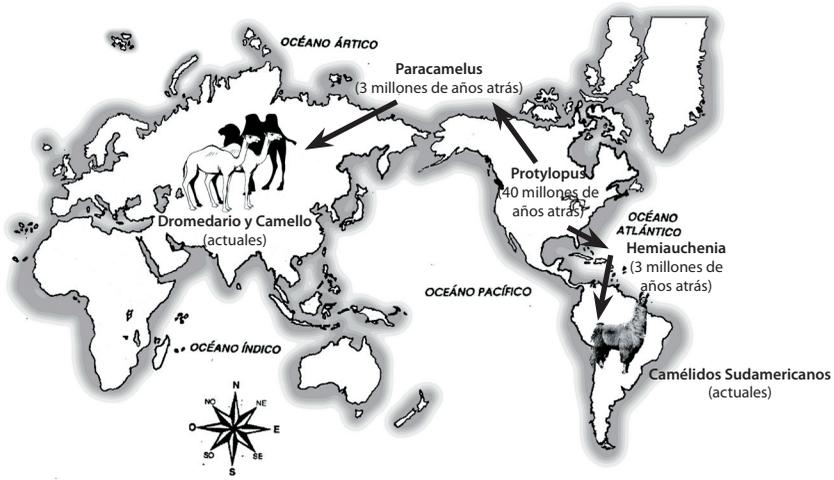
- ¿Cómo lo utilizaría en situación de lectura y escritura?
- ¿Le realizaría adecuaciones? ¿Cuáles?
- ¿Qué actividades realizarían los alumnos/as?
- ¿Cuál/cuáles serían sus actividades como docente?

En 1836, al regresar de su viaje en el Beagle, Darwin ya había llegado a la conclusión de que las especies de pinzones de las islas Galápagos tenían que descender de la misma especie de pinzón del continente sudamericano. Así, de considerar que una especie podía engendrar múltiples especies descendientes, a postular que todos los pinzones descendían de un antepasado común, sólo había un paso; y se podía seguir afirmando lo mismo de todas las aves passeriformes, de todas las aves, de todos los vertebrados, de todos los animales y, por último, de todas las formas vivientes. He aquí uno de los aportes más significativos de la teoría de Darwin: todo grupo de organis-

mos desciende de una especie ancestral común, lo que afirmaba al proponer esta descendencia a través de un árbol filogenético ramificado.

La teoría del ancestro común proporcionó una explicación a numerosos fenómenos biológicos, como sucedió con los descubrimientos de la anatomía comparada, realizados por Cuvier y Owen. También permitió explicar el origen de la jerarquía lineana, así como la pauta de distribución geográfica de los biotas, debida a la expansión gradual de los organismos por todos los continentes y a su radiación adaptativa en las zonas recién colonizadas. La pieza culminante de la teoría de la ascendencia común la colocaron en este siglo los biólogos moleculares, al descubrir que incluso las bacterias poseen el mismo código genético que los protistas, los hongos, los animales y las plantas.

Un caso reconocido de ancestros comunes lo podemos observar en los camélidos. En Sudamérica existen actualmente cuatro especies: la vicuña y el guanaco, las dos especies originarias, y la alpaca y la llama, obtenidas a partir de la selección artificial. Todos los camélidos actuales (los sudamericanos, el asiático –camello– y el africano –dromedario–) son el resultado de un proceso evolutivo que tuvo su origen en América del Norte, hace unos 40 millones de años. En esa época aparecieron unos mamíferos pequeños (30 centímetros de altura) reconocidos como *Protylopus petersoni*. A partir de este grupo se originaron varias especies que desarrollaron adaptaciones a diferentes condiciones ambientales y fueron aumentando gradualmente de tamaño, fruto del proceso evolutivo que duró millones de años.



Dispersión de los Camélidos

Los fósiles hallados muestran que hace aproximadamente 20 millones de años los camélidos eran abundantes en las llanuras de América del Norte. El estudio de dichos fósiles permitió determinar cuatro grupos: *Titanotylopus*, *Paracamelus*, *Megatylopus* y *Hemiauchenia*. De ellos, los dos más importantes son los *Paracamelus* y los *Hemiauchenia*, que dieron origen a todas las especies actuales. Los primeros tenían algunas especies gigantes –como las de los géneros *Gigantocamelus* y *Alticamelus*–, que podían superar los cuatro metros de altura. Hace aproximadamente tres millones de años, algunos camélidos de este grupo migraron por medio del Estrecho de Bering desde América del Norte hacia Eurasia, y se extendieron por toda Europa, norte de África y China.

Es a partir de estos antecesores que evolucionaron los camélidos jorobados: el camello y el dromedario actuales, pertenecientes al género *Camelus*. Por otro lado, los *Hemiauchenios* migraron hacia América del Sur, también pasando hace aproximadamente tres millones de años por América Central, hasta llegar a las planicies y pampas de Sudamérica. Allí se diversificaron, dando lugar a algunas especies gigantes como el *Paleolama* y a otras especies del género *Lama*, muy similares a los guanacos actuales.

Las grandes extinciones que se produjeron durante el Pleistoceno también afectaron a este grupo de animales: grupos como los *Hemiauchenia* y los *Paleolama* desaparecieron y como grupos más importantes quedaron los *Lama*, o guanacos, y las *Vicognas*, mientras que en Asia y África queda el grupo de los *Camelus* (Adaptado de Vilá, 2001).

Deriva continental y Evolución biológica

La Teoría de la Deriva Continental es posterior a la Teoría de Darwin; sin embargo, su poder explicativo aporta elementos importantes que permiten seguir ampliando el conocimiento acerca de la historia de los seres vivos en la Tierra.

La teoría de la Deriva Continental fue propuesta por el geólogo alemán Alfred Wegener, a principios del siglo XX. Wegener propuso que los continentes se habrían desplazado en el transcurso de la historia de la Tierra, dando origen a distintos fenómenos geológicos, como por ejemplo la formación de montañas. En la actualidad dicha teoría forma parte de otra llamada Teoría de Tectónica de Placas, la cual afirma que la placa terrestre se encuentra dividida en placas (Placas Tectónicas) y éstas se desplazan unas con respecto a las otras, a una velocidad de varios centímetros por año.

La deriva continental se manifiesta, principalmente, en los límites de las placas que

se encuentran contiguas. En el caso en el cual las placas choquen, como consecuencia del desplazamiento, se pueden formar islas volcánicas o cadenas montañosas como los Andes. Si las placas se separan, como ocurre por debajo del Océano Atlántico, asciende material magmático del interior de la Tierra, originando nueva corteza terrestre. Otro tipo de movimiento que puede ocurrir es el movimiento paralelo y en el mismo plano entre sí, en direcciones opuestas o en la misma dirección, pero a velocidades diferentes, como es el caso de la falla de San Andrés en Norteamérica.

Este desplazamiento de los continentes, alejándolos o acercándolos, según la Época o Era, intervino en el curso del proceso evolutivo, el fraccionamiento de territorios separó a grupos de organismos que evolucionaron de forma distinta y el choque de continentes permitió el encuentro de seres vivos que evolucionaron bajo distintas condiciones, generando una competencia inter específica que llevó, en muchos casos, a la extinción de algunos grupos.

Actividad 13 (para el encuentro presencial)

A fin de aplicar la teoría de la Deriva Continental sobre un caso concreto, le sugerimos que luego de leer el ejemplo que se consigna a continuación considere de qué manera puede haber influido la deriva continental en el proceso evolutivo experimentado por los marsupiales en Australia. En este sentido, indique:

- ¿Cómo explicaría este hecho, a la luz del desarrollo anterior?
- ¿Cómo cree que estos animales llegaron de América a ese continente isla?



Thylacosmilus



Smilodon

Hace millones de años, América del Sur y del Norte se encontraban separadas, formando dos subcontinentes. En cada uno de ellos evolucionaron grupos de mamíferos carnívoros diferentes: en el norte, pertenecían a los placentarios (presentaban una placenta, tejido de revestimiento interno del útero que permite una conexión a través de la cual ocurren los intercambios de nutrientes y desechos entre la sangre de la madre y la del embrión). Un ejemplo de este grupo fue el *Smilodon*. En el sur, tenían un origen marsupial (las hembras tienen una bolsa ventral que rodea los pezones; las crías inmaduras abandonan el útero y se desplazan hacia la bolsa, donde cada una se une a un pezón, hasta que se completa el desarrollo). En estas tierras se encontraba el *Thylacosmilus*. Ambos presentaban similares nichos ecológicos. Cuando se produjo la conexión entre estos dos subcontinentes, por la elevación de América Central, se produjo un intercambio entre las biotas del norte y del sur. Esto produjo una competencia que llevó a la extinción de la gran mayoría de los marsupiales del sur, entre ellos el *Thylacosmilus*, afectando el desarrollo evolutivo de este territorio (Aljanati, 1995).

Propuesta para el aula

La gran variedad de elementos que constituye la naturaleza hace necesario contar con ciertos mecanismos de reconocimiento y ordenamiento. Dado que para esto se requiere de una observación detenida del material a clasificar, le proponemos la siguiente actividad para desarrollar con su alumnos/as:

Si utilizamos como modelo de la diversidad biológica una caja con botones diferentes entre sí y nos planteamos sobre ellos el mismo tipo de problema que existe en la realidad biológica sobre la clasificación de la enorme cantidad de especies, podemos entonces pensar: ¿Cuántas maneras diferentes podemos emplear para clasificarlos? ¿Qué características de los botones utilizaría?

A simple vista pueden ser agrupados por tamaño, color, número de orificios o formas, pero si quisiéramos realizar un agrupamiento más detallado probablemente tendríamos que recurrir a conocimientos teóricos que difieren de la simple observación.

La clasificación de la diversidad del mundo natural

Desde la antigüedad, los naturalistas comenzaron a realizar clasificaciones de los seres vivos basados fundamentalmente en la observación. Las plantas conocidas se agruparon en hierbas, arbustos y árboles, mientras que los animales se clasificaron según el tipo de

sangre: con sangre roja y sin sangre roja. Asimismo, en cada uno de estos grupos se consideró el tipo de reproducción: vivípara y ovípara. En este último caso se tuvieron en cuenta las características de los huevos.

En el siglo XVII, el botánico inglés Jun May perfeccionó el sistema de clasificación otorgando a cada organismo un nombre en latín, conformado por una extensa descripción científica. May consideraba a las especies como un grupo de individuos con características similares que tenían antepasados comunes.

A mediados del siglo XVIII, Carl von Línne ideó un sistema de clasificación conocido como nomenclatura binomial. Cada organismo recibía un nombre de origen latino conformado por dos vocablos: el *género*, que incluye una serie de organismos muy semejantes, con caracteres físicos comunes y que descienden de un ancestro común relativamente próximo, y la *especie*, como un grupo de organismos anatómicamente semejantes, que descienden del mismo grupo inicial, se cruzan entre sí en la naturaleza y están aislados reproductivamente de todos los grupos similares. Estas dos categorías fueron ampliadas por naturalistas posteriores a Linné.

Propuesta para el aula

A fin de detectar las características presentes en los ejemplares y comparar el grado de similitud y/o diferencia que poseen los seres entre sí, le sugerimos la siguiente actividad para desarrollar con sus alumnos/as.

A partir de la clasificación biológica de los seres humanos que se presenta en el cuadro, completa las características particulares de cada categoría:

Categoría	Taxón	Características
Reino	Animalia	
Phyllum	Chordata	
Subphyllum	Vertebrata	
Clase	Mammalia	
Orden	Primates	
Familia	Hominidae	
Especie	Homo sapiens	

Al analizar las características halladas encontrará que a medida que desciende en el cuadro van quedando en el camino rasgos comunes que tenemos con otros animales. Para ejemplificar esta situación, cite el caso de otros seres vivos que puedan incluirse en los respectivos taxones.

Y después de Linné... ¿qué?

Carl von Linné, fundador de la taxonomía moderna, utilizaba la máxima "natura non facit saltum" (la naturaleza no hace saltos) para sintetizar sus ideas acerca de la vida. Esta concepción de continuidad sin interrupciones puede observarse en el mundo material, pero es casi imposible en el mundo biológico.

En la actualidad, el valor que los científicos han otorgado a la taxonomía muestra una gama de evaluaciones variadas. El descubrimiento realizado por Rutherford sobre las fechas de desintegración radiactiva brindó gran utilidad para asegurar que la edad de la Tierra es de miles de millones de años. No obstante, desvalorizó los esfuerzos de los taxomistas, considerando a esta actividad como una simple colección de sellos, meramente descriptiva.

Hacia 1859, el zoólogo suizo Louis Agassig resaltó la importancia de la taxonomía, afirmando que el orden natural entre las especies era el reflejo de la estructura del pensamiento divino. A su entender, si se lograba identificar exactamente el sistema de interrelaciones entre las especies, se lograría alcanzar la racionalidad necesaria para ubicarse en la naturaleza divina.

Esta disparidad de ideologías puede llegar a converger en la existencia de un único orden objetivo donde cada organismo ocupa un determinado lugar en la clasificación. Si bien las taxonomías sólo pueden expresar las realidades objetivas de la naturaleza, en términos de teorías inventadas por los seres humanos, no todas son válidas. Cada una de ellas muestra las maneras de pensar y percibir de los humanos, pero se supone que emergen como consecuencia de expresar teorías sobre el orden de la naturaleza. Es posible agrupar a los organismos por su tamaño, preferencia climática, color, pero lo que realmente puede ser valioso a la hora de clasificar es buscar las causas de sus semejanzas y diferencias, es decir, sus conexiones genealógicas.

Desde la observación, de acuerdo a la jerarquía establecida, los organismos se disponían en un orden consistente que no daba lugar a dudas o cuestiones por parte de la comunidad científica. Desde su razonamiento, elaboró un orden jerárquico fundamentado en la ramificación continua sin unión posterior entre sus ramas, a modo de clave dicotómica donde

existe una posibilidad muy amplia de desplazarse hacia cualquier dirección o bien descomponer una categoría mayor en partes por sucesivas divisiones dobles (Gould, 2003).

Actividad 14 (para el encuentro presencial)

En concordancia con el desarrollo de la biología evolutiva, en el ámbito de la taxonomía se han desarrollado formas y estructuras de clasificación que representan el criterio evolutivo con mayor énfasis.

A fin de desarrollar el cladismo como forma de clasificar evolutivamente a la diversidad biológica, le pedimos que elabore un texto dirigido a sus alumnos/as, pudiendo consultar para esto el artículo "Cladismo y diversidad biológica" de Juan J. Marrone, María M. Cigliano y Jorge V. Crisci, disponible en www.cienciahoy.org.ar

Unidad 3

El proceso de la evolución - Orientaciones para su enseñanza

La Selección Artificial

El análisis de las observaciones y datos recolectados por Darwin durante su viaje en el “Beagle” confirmaba aún más la idea de que los seres vivos habían cambiado a través del tiempo, pero aún quedaba sin resolver cuál era el proceso que explicaba el cambio evolutivo.

Dos fueron las fuentes que le proporcionaron al científico británico los datos necesarios para dar respuesta al problema de la enorme diversidad biológica del planeta: el concepto de **lucha por la existencia**, de Malthus, y el proceso de **selección artificial** que practicaban los criadores de ganado para mejorar las características de los animales a lo largo de varias generaciones (mayor cantidad y mejor calidad de carne, leche, etc.).

Actividad 15 (para el encuentro presencial)

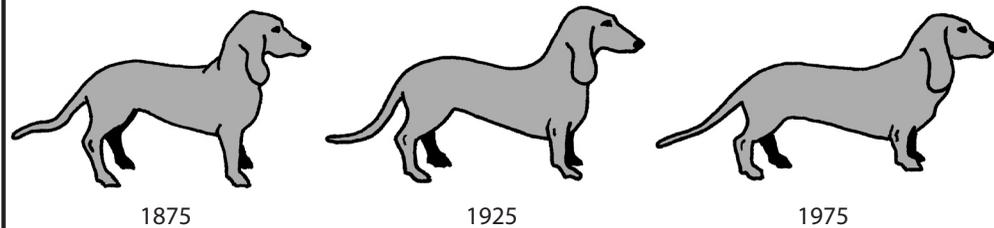
Aunque la selección natural es un proceso biológico esencial en la evolución de las especies, que ocurre desde el momento mismo en que se originó la vida en la Tierra, suele ser poco evidente a nuestra percepción inmediata. Por tal razón, si bien existen numerosas pruebas sobre su acción en las poblaciones naturales, un modo de arribar con menores dificultades a este proceso es iniciar el análisis desde la selección artificial de características en las especies domésticas.

Atendiendo a esto, le proponemos realizar una actividad que tiene como objetivo reflexionar sobre los mecanismos biológicos de selección artificial, a fin de establecer la prueba de la existencia de la variabilidad genética de las poblaciones, un concepto

básico en el desarrollo de la idea de selección natural.

Tomando el caso de los perros salchichas, que en función de los intereses de los criadores cambiaron su aspecto en menos de cien años, observe los dibujos de los siguientes ejemplares e indique:

- ¿Qué variaciones ha sufrido esta raza?
- ¿Qué utilidad puede tener para el hombre este nuevo aspecto?
- ¿De qué forma han actuado los criadores para lograr las variaciones identificadas?
- Si usted fuera un criador y quisiera recuperar el aspecto inicial de la raza, ¿cómo procedería?



Como aproximación al concepto mencionado, le sugerimos que lea el siguiente texto:

Perros para todos los gustos

Perros para la defensa, para la cacería, para la compañía, lazarillos, para tirar de los trineos, para... ¿Cómo se ha originado tanta variedad de perros? ¿Ha existido desde siempre? ¿Cómo es posible que exista tanta diversidad?

El conocimiento actual señala que los perros son descendientes de los lobos. Numerosos restos arqueológicos de diferentes culturas pasadas demuestran que los perros vivieron domesticados desde hace miles de años. No se sabe si los perros han sido domesticados una o más veces, y si ocurrió en más de una región del planeta. Los perros han estado distribuidos por todo el globo acompañando al hombre. En algunos lugares se ha verificado el proceso inverso, es decir, han retornado a su estado silvestre, como lo demuestra el Dingo, perro salvaje de las llanuras australianas.

Desde los 14.000 años de historia compartida, el hombre ha estado seleccionando los perros según sus intereses. El resultado es evidente, sólo con mirar en una plaza a un paseador de perros, o simplemente caminado por el vecindario, se advierte la gran variedad existente.

El hombre ha ido seleccionando como padres de las siguientes generaciones de perros a aquellos ejemplares que reunían la mayor cantidad de características que le interesaban, con el fin de obtener una descendencia que tuviera las características deseadas. Este proceso, repetido a lo largo de muchas generaciones, permitió que estas características se tornaran sumamente evidentes, dando origen a las diferentes variedades de perros.

De esa forma, el Gran Danés se origina mediante la selección artificial especialmente de aquellos caracteres referidos al gran tamaño. En el caso del chihuahua o el pequinés, por el contrario, se ha seleccionado también la característica del tamaño, pero esta vez reducido.

Este ejemplo de los perros (*Canis familiaris*) nos brinda una idea concreta de un aspecto poco evidente: la variabilidad genética potencial de una especie. Esta propiedad no se observa externamente y sólo puede advertirse en procesos de selección, tanto artificial (producida por el hombre) como natural, producida en la relación organismo-ambiente.

La variedad de formas de los perros está asociada a la necesidad de los criadores de brindar animales para tareas concretas o por el capricho del mismo criador. Es posible que de no haber intervenido el hombre produciendo la selección artificial, hoy no se observaría tan claramente la variabilidad de la especie, aunque internamente, genéticamente, estaba presente.

Existen otras especies sujetas a la selección artificial, como por ejemplo el maíz (*Zea mays*) –seleccionado por los pueblos americanos, mayas, incas y aztecas–, que hoy presenta más de doscientas variedades logradas de la misma manera que con la especie *Canis familiaris* (Albadalejo, 1989).

Para realizar esta actividad con los alumnos/as es importante tener que cuenta que posean algunos conocimientos o nociones básicas acerca de la herencia de caracteres dominantes y recesivos.

La Selección Natural

Aunque en líneas generales el proceso de selección natural admite la misma descripción que el de selección artificial, su estudio presenta importantes diferencias. La naturaleza impone a los seres vivos condiciones que varían considerablemente según los hábitat, y que ejercen una clara presión de selección sobre la población. En palabras de Darwin (1859):

Existen organismos que se reproducen y la progenie hereda características de sus progenitores, existen variaciones de características si el ambiente no admite a todos los miembros de una población

en crecimiento. Entonces aquellos miembros de la población con características menos aptas (según las exigencias del ambiente) morirán con mayor probabilidad. Entonces aquellos miembros con características más aptas sobrevivirán más, teniendo la posibilidad de dejar mayor descendencia.

En la actualidad, el concepto de **selección natural** se define como la reproducción diferencial de los genotipos en una población.

Actividad 16 (para el encuentro presencial)

Teniendo en cuenta lo anterior, y considerando el texto que se presenta en el Anexo 1 y los gráficos del Anexo 3, intente responder las siguientes preguntas:

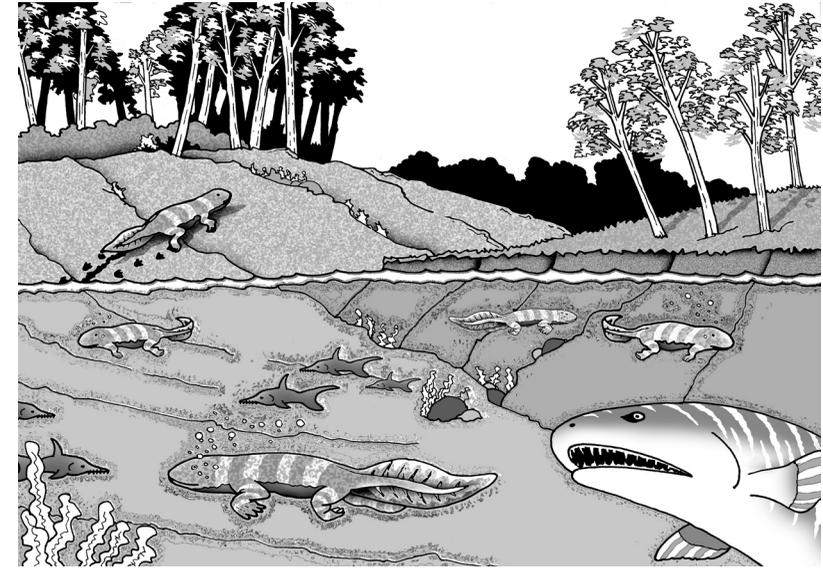
- ¿Por qué actualmente las jirafas poseen el cuello tan largo?
- ¿Que diferencias y similitudes encuentra entre el ejemplo de selección artificial referido a los perros y el de selección natural que afectó a las jirafas? Justifique.

En síntesis, se denomina **selección natural** al efecto del ambiente sobre las poblaciones que favorece la reproducción diferencial de los organismos portadores de las características que los tornan más eficaces. Este proceso actúa sobre la variabilidad genética de las poblaciones.

Actividad 17 (para el encuentro presencial)

Luego de leer en las *Orientaciones didácticas* de la Unidad 1 el desarrollo acerca de la enseñanza de la Teoría de la Selección Natural, le pedimos que analice la lámina que se reproduce a continuación y reflexione sobre las siguientes posibilidades:

- Si en poco tiempo este estanque fuera a secarse por completo, ¿qué le ocurriría a cada una de las poblaciones de animales?
- En el caso de que algunas de las poblaciones sobrevivieran, ¿qué características presentes en ellas considera que les resultaron elementales para lograrlo?
- ¿Qué razones cree que podrían haber llevado a algunos de estos animales a abandonar el agua, como se ve en el individuo presente a la izquierda de esta imagen?



Una vez finalizada la actividad, desarrolle los siguientes aspectos:

- ¿Qué tipo/s de situaciones de enseñanza están involucradas en esta actividad?
- ¿Incluiría otras consignas para sus alumnos/as? ¿Cuáles? ¿Por qué?

Actividad 18 (para el encuentro presencial)

Partiendo de considerar lo desarrollado en el punto *Situaciones de trabajo con teorías*, incluido en el apartado “Situaciones de enseñanza en Biología”, lea el texto que se ofrece a continuación e indique:

- ¿Cuáles son las ideas teóricas de la Teoría Evolutiva que dan cuenta de los fenómenos observables?
- ¿Cuál es el contexto en que se elaboró la Teoría Evolutiva? ¿Puede considerarse que produjo un cambio en el pensamiento biológico?
- ¿Cuáles son las limitaciones de la Teoría de la Selección Natural?

Llegado este punto, ¿cómo cree que explicarían sus alumnos/as el ejemplo en el que se propuso trabajar sobre las patas de las aves acuáticas?

Teoría de la Selección Natural

Durante mucho tiempo, después de la aceptación general de la teoría compuesta de Darwin sobre la evolución de las especies a partir de un antepasado común, varias teorías alternativas intentaron explicar de otros modos el mecanismo del cambio evolutivo (teorías teleológicas, nuevas versiones del lamarckismo). Por más de 80 años, los defensores de estas ideas discutieron unos con otros hasta que la teoría sintética de la evolución refutó tan rotundamente las explicaciones no darwinistas que sólo quedó en pie la teoría de la selección natural.

En la actualidad, la mayoría de los biólogos del mundo utiliza esta explicación como mecanismo responsable del cambio evolutivo, aunque aún está en debate el ritmo de este proceso: si es de forma gradual, como propuso inicialmente Darwin, o de forma puntuada, como propusieron Eldredge y Gould. En realidad, podríamos decir que ambos ritmos son parte del proceso evolutivo: mientras que el gradualismo está presente en la microevolución (cambios evolutivos que ocurren dentro de una especie), el equilibrio puntuado se presenta en la macroevolución (procesos evolutivos que se dan por encima del nivel de especie).

La teoría propuesta por Darwin presenta una estructura conformada por tres hipótesis fundamentales, dos de las cuales (H_1 y H_2) se originan en las ideas del pensador inglés Thomas Malthus, concebidas para la población humana. Darwin toma tales hipótesis y las aplica a toda especie en un hábitat cerrado para describir lo que sucede con la cantidad de miembros que habita en ese lugar.

Potencialmente, la cantidad de individuos de una población tiende a aumentar a medida que transcurren las generaciones. Por ejemplo, supongamos que en una isla vive una generación de cien aves de cierta especie y que al procrearse a lo largo de su vida cada pareja origina, en promedio, ocho pichones. De este hecho resultaría que hay que multiplicar el número de la primera generación por cuatro para obtener el de la segunda, éste por cuatro para obtener el de la tercera y así sucesivamente.

En tales condiciones, el crecimiento de esta población de aves es bastante rápido: 100 aves de la primera generación originarían 400 en la segunda, 1.600 en la tercera, 6.400 en la cuarta, 25.600 en la quinta, etc. Este tipo de crecimiento se llama *geométrico* o *exponencial*, y aunque comience siendo lento a la larga se hace muy grande y explosivo.

De este modo, mientras la H_1 afirma que el crecimiento potencial de una población aislada responde a una ley de crecimiento exponencial o geométrico, la H_2 afirma que el número efectivo de miembros de una especie en un hábitat cerrado está acotado: no puede aumentar más allá de cierto número debido a la limitación impuesta por los recursos del medio. Esto sucede, por ejemplo, si se considera el alimento. La cantidad de alimento disponible en un hábitat cerrado es limitada y la existencia de ese límite es responsable de que el crecimiento real de los organismos no sea geométrico. Darwin también alcanza esta hipótesis a partir de la lectura de la obra de Malthus, y es lo que se conoce como *acotación*.

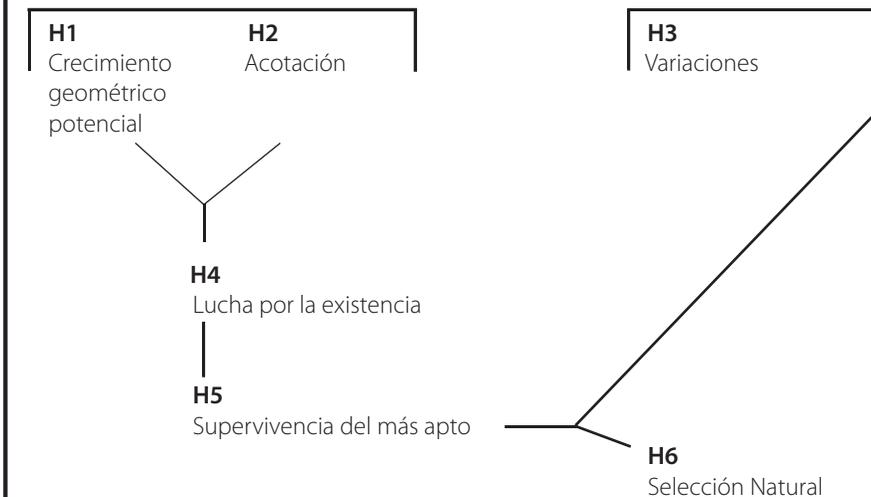
De estas dos hipótesis fundamentales se deriva la H_4 (ver esquema), conocida como “lucha por la existencia”. Si el alimento está limitado, y las especies tienden a aumentar geométrica o exponencialmente, debe llegar un momento en que haya más candidatos a alimentarse que alimento disponible. Por lo tanto, para Darwin ocurrirá una lucha entre los individuos por el alimento, y, finalmente, algunos de ellos morirán de hambre por no alcanzar dicho recurso.

Es importante reconocer que esta “lucha por la existencia” no es más que un proceso de *competencia*, en donde los individuos tratan de ejercer mejor sus facultades para aventajar a los otros, y no el producto de una naturaleza cruel y violenta. Es de esta hipótesis que Darwin deduce la H_5 , llamada “supervivencia del más apto”, según la cual los individuos que tengan características más favorables entre los que compiten han de sobrevivir, en tanto que los que no las tengan desaparecerán.

Es preciso considerar, además, otra hipótesis: la H_3 o “hipótesis de las variaciones”, según la cual en la descendencia de los individuos aparecen con frecuencia variaciones, es decir, características que los padres no poseen y que son, en la mayoría de los casos, heredables. Estas variaciones son casuales y provienen de una modificación accidental del material genético que puede ocurrir de distintas maneras a través de mutaciones. La presencia de estas variaciones –que en algunos casos son favorables y en otros no–, suponen que, de tanto en tanto, en un hábitat determinado aparecen individuos con características más ventajosas que otros para la competencia o la lucha por la existencia.

Malthus - Darwin

Darwin



De la H₅ (supervivencia del más apto) y la H₃ (existencia de variaciones) surge la H₆ que describe el mecanismo llamado de “selección natural”. Los individuos que tienen la nueva característica favorable compiten en mejores condiciones que aquellos que no la tienen, son más aptos para sobrevivir y por tanto prevalecen sobre ellos, en una primera etapa, en una cierta cantidad. Sus hijos heredan esa característica y, a medida que transcurren las generaciones, aumentan los individuos que poseen la característica favorable y disminuyen los que no la tienen. Al cabo de muchas generaciones, los primeros ocuparán todo el hábitat y los segundos habrán desaparecido. Este proceso, por el cual una especie, en un hábitat dado y como resultado de la aparición de variaciones favorables aunque azarosas, adquiere características que le permitirán desempeñarse con mayor eficacia en su medio, es lo que se conoce como **adaptación**.

Según la H₆ de la selección natural, la aparición de una característica favorable y heredable termina por cambiar la especie a través de las distintas generaciones, por lo tanto explica la aparición de nuevas especies a partir de las antiguas, por medio de un mecanismo que no implica adaptación dirigida o teleológica. La aparición de las características favorables es meramente casual y lo que ocurre es que ellas se producen constantemente o, al menos, en cantidad suficiente como para permitir que se produzca la adaptación y la selección natural.

Darwin tenía experiencia personal en la cría de animales domésticos y conocía de primera mano la existencia de variaciones en el ganado, que los criadores cruzaban para obtener mejores ejemplares por medio de una suerte de selección artificial. La H₆ es, en realidad, la idea más importante que aparece en la teoría de Darwin, en particular porque no hay razones para excluir de su ámbito de validez a la especie humana. Ésta será la fuente de los conflictos para Darwin, porque en un libro posterior *El origen del hombre* (1871), se atrevió a explicar la aparición del hombre en la historia de las especies por el mecanismo evolutivo que antes había aplicado a los animales (Adaptado de Klimovsky, 1999).

Actividad 19 (para el encuentro presencial)

Presentamos a continuación dos situaciones problema que pueden ser trabajadas en el aula para desarrollar “la utilización de modelos teóricos que permiten la interpretación y predicción de fenómenos”, tal como propone el Diseño Curricular. Luego de leer el texto del Anexo 4, le solicitamos que en cada caso fundamente su respuesta.

- A principios de siglo, una concentración de gas cianhídrico era suficiente para matar a casi el 100% de los insectos en los huertos de naranjos. Hacia 1914, los cul-

tivadores de naranjos cerca de Corona, California, comenzaron a notar que la dosis standard del insecticida ya no era suficiente para destruir un tipo de cochinilla: la cochinilla roja. A su entender, ¿este ejemplo puede ser explicado a partir de la Teoría de la Selección Natural?

- El armado de varios almácigos con una población de vegetales de crecimiento rápido, sometidos a diferentes condiciones, por ejemplo, diferente intensidad lumínica o calidad de agua (ácida, alcalina), ¿podría ser una experiencia en la cual se utilice la Teoría de la Selección Natural para predecir el experimento? ¿Cómo la adecuaría para encuadrarla en una situación de experimentación como lo plantea el Diseño?

Actividad 20 (para el encuentro presencial)

Teniendo en cuenta los conceptos de **especiación alopátrica** y **especiación simpátrica**, que se desarrollan a continuación a partir del caso del choique y el ñandú, ¿qué modelo de especiación considera que permite explicar la diversidad en el caso de los famosos “pinzones de Darwin” o “pinzones de las Galápagos”²?

La especiación en ñandúes

El origen de las especies está sujeto a diversos procesos evolutivos, como las mutaciones, la selección natural, la deriva genética y la migración, que provocan transformaciones dentro de las poblaciones de una especie.

Podemos definir a una especie como un grupo de poblaciones naturales cuyos miembros son capaces de cruzarse en condiciones naturales y que están aisladas de miembros de otras poblaciones desde el punto de vista reproductor.

Los organismos de una especie comparten un pool genético común, diferente al de otras poblaciones. Algunas de las explicaciones que buscan los biólogos evolucionistas se vinculan al proceso por el cual el reservorio genético de una especie se diferencia y aísla, iniciando un recorrido evolutivo hacia otra nueva especie.

El proceso evolutivo que transforma una especie en otra es muy difícil de observar en el estado natural. Sin embargo, elaborando argumentos teóricos, y teniendo en cuenta diversas observacio-

² En las Islas Galápagos existen trece especies de pinzones, aves pequeñas de color pardo oscuro y de cola corta, que se diferencian entre sí por la forma y el tamaño de sus picos. Algunos se alimentan de semillas, otros de las flores y frutos de los cactus, y otros son insectívoros.

nes sobre evidencias presentes en la naturaleza, así como los resultados de varios experimentos, los biólogos evolucionistas han elaborado hipótesis para explicar el origen de nuevas especies en dos casos diferentes: la **especiación alopátrica** y la **especiación simpátrica**.

La especiación alopátrica se produce cuando una barrera de aislamiento geográfico actúa sobre una población situada en un espacio determinado, la cual queda dividida, imposibilitando el flujo genético entre los grupos que se han formado y produciendo un aislamiento reproductivo de sus integrantes.

La especiación simpátrica (“en la misma patria”) ocurre, en cambio, sin aislamiento geográfico. En este caso se produce un aislamiento dentro de la misma población lo que impide el flujo genético, un proceso clave para el origen de nuevas especies. Esto puede ocurrir por dos procesos: el aislamiento ecológico y las aberraciones cromosómicas y alteraciones en el número de cromosomas. El primero se produce, por ejemplo, cuando la misma región geográfica contiene dos tipos de hábitat con presencia de fuentes alimentarias distintas. En este caso, los miembros de una misma especie pueden llegar a “especializarse” en un tipo de hábitat u otro. Si las condiciones son adecuadas, la selección natural para la especiación en el hábitat podría causar la división de esa especie en dos. Las aberraciones cromosómicas, en tanto, pueden ser la causa del surgimiento de nuevas especies de manera casi instantánea. Este caso puede ocurrir a través de la poliploidía y ocurre comúnmente en plantas, desempeñando un papel fundamental en el proceso evolutivo de este grupo. En especies animales, en cambio, este fenómeno parece ser que no ha ejercido gran influencia.



Suri



Choique

En sus recorridos por la Patagonia, Darwin observó que el ñandú que habita allí era distinto a los ejemplares que se encuentran desde la llanura pampeana hacia el norte, en cuanto al tamaño y al color. A raíz de esto, preparó algunos materiales propios de estos ejemplares y se los envió a su colega Richard Owen, quien determinó que se trataba de una especie no descrita anteriormente y la bautizó con el nombre de *Rhea Darwini* en homenaje al naturalista que supo identificar sus diferencias. En la actualidad, este ñandú, denominado científicamente como *Pterocnemia pennata*, habita las regiones patagónicas y las estepas altoandinas y es conocido vulgarmente como choique. La otra especie, en cambio, llamada científicamente *Rhea americana* y comúnmente suri, es más grande y de color más ceniciento y habita los llanos, como nuestra llanura pampeana hacia el norte. El origen de las diferencias de estas especies seguramente se produjo a través de un proceso de especiación, en donde, quizás la especie choique es resultado de una especiación alopátrica, en donde la geografía patagónica y andina dividió una población del resto de sus congéneres.

Actividad 21 (para el encuentro presencial)

En función de lo visto, ¿qué comentarios puede hacer a los siguientes cuestionamientos?

- ¿La evolución es un hecho?
- ¿La evolución es una teoría?
- ¿La evolución es progreso?

Teniendo en cuenta los textos que se reproducen a continuación, ¿qué incluiría en sus respuestas anteriores?

¿No es acaso extraño que un pájaro en posesión de un pico se nutra de insectos terrestres; que un habitante de tierras elevadas, que jamás nada, o en todo caso lo hace muy raramente, posea sus dedos unidos con una piel que con ellos forma una palma; que un pájaro parecido al mirlo se sumerja y se nutra de insectos subacuáticos; que un petrel tenga el hábito y la conformación convenientes para la vida de un pingüino, y así siguiendo con una lista de otros casos?

¿Por qué el color de una flor estaría sujeto a variar más, dentro de una dada especie del género, que lo que variaría si todas las especies del género tuviesen un mismo color para sus flores? Ese gran hecho, según el cual los seres extintos pueden ser encasillados en las mismas clases que los seres vivos, es la consecuencia natural de que, tanto unos como otros, descienden de un ancestro común. Como, en general, las especies han divergido en sus caracteres, durante el prolongado

curso de su descendencia y de sus modificaciones, podemos comprender por qué las formas más ancestrales (o sea, los ancestros de cada grupo) ocupan a menudo una posición intermedia entre los grupos actuales. Se pueden considerar a las formas nuevas como estando, dentro del conjunto, en una escala de organización más elevada que las formas ancestrales. Por otra parte, ellas deben ocupar ese sitio, dado que son las formas más recientes y más perfeccionadas que, con motivo de la lucha por la existencia, han debido mejorar las formas más antiguas y menos perfectas: sus órganos han debido especializarse para satisfacer sus diversas funciones [...] (Darwin, 1859).

El biólogo evolutivo Stephen Jay Gould (1941-2002), en su obra *La Vida Maravillosa*, afirma que en el proceso evolutivo no existen tendencias definidas hacia un “progreso” de las especies que pueda ser observado en un supuesto aumento de complejidad y donde el hombre constituya el eslabón último y con mayor “perfección”.

Para Gould, los seres humanos estamos acá gracias a los caprichos de la suerte, no a cierto tipo de inevitable dirección de la vida o de los mecanismos evolutivos. El dominio de la contingencia y la causalidad satura el origen de cualquier especie o linaje concreto. Vivimos hoy en la “era de las bacterias”. Nuestro planeta siempre ha vivido en la “era de las bacterias, desde que los primeros fósiles (de bacterias) quedaron sepultados. Han sido y son la forma de vida predominante en la Tierra (Gutiérrez, en Díaz, 2000).

Unidad 4

Orientaciones para la evaluación

Actividad 22 (para el encuentro presencial)

Luego de leer en el Diseño Curricular el apartado “Orientaciones para la Evaluación” justifique las afirmaciones contenidas en el siguiente párrafo.

Toda evaluación requiere, previamente, de la formulación y explicitación de los criterios que se utilizarán para dar cuenta del nivel de producción esperado. Es necesario que los criterios sean conocidos y compartidos con la comunidad educativa (y en particular con los alumnos) puesto que se trata no sólo de que los alumnos aprendan determinados contenidos sino que sean capaces de identificar en qué medida los han alcanzado o en qué etapa se encuentran en el proceso de lograrlo.

Actividad 23 (para el encuentro presencial)

Continuando con la lectura de las orientaciones del apartado, redacte los criterios de evaluación que deberán ser tenidos en cuenta a la hora de diseñar para los alumnos/as instrumentos de evaluación correspondientes a las unidades 2 y 3 de este módulo.

Actividad 24 (para el encuentro presencial)

Analice la siguiente afirmación y argumente a favor o en contra.

Que los alumnos se apropien de los criterios de evaluación genera un mejor proceso de orientación en el aprendizaje de los contenidos de la materia.

En función de los criterios de evaluación propuestos en la actividad anterior, diseñe estrategias para el aula que permitan a los alumnos/as conocer y apropiarse de tales criterios.

Actividad 25 (para el encuentro presencial)

Considerando que toda actividad que se realiza en las aulas informa acerca del avance y de los obstáculos de los procesos de enseñanza y de aprendizaje en su conjunto, por lo cual es importante disponer de instrumentos para evaluar esta información, seleccione dos de las actividades desarrolladas en el módulo y elabore un instrumento que posibilite evaluar los aprendizajes.

Actividad 26 (para el encuentro presencial)

Luego de identificar las características de cada una de las modalidades descritas en el punto *Autoevaluación, coevaluación y evaluación mutua* diseñe una actividad para que los alumnos/as puedan realizar estos procesos.

Anexo 1

El cambio en los libros³

Las condenas al Caballero Jean Baptiste de Monet y sus jirafas

Dentro de las explicaciones históricas al cambio biológico tratadas en contextos educativos tradicionalmente se encuentran el lamarckismo y el darwinismo. A pesar de los intentos de contextualización, es frecuente en los textos escolares una simplificación de las ideas de Lamarck, que reduce sus aportes al mero concepto de la transmisión de los caracteres adquiridos (Lahitte y otros, 1991), siempre ejemplificados a través de la evolución del cuello de las jirafas (¿hay algún texto en el que se presenten las ideas de Lamarck donde no figuren las clásicas figuras de las jirafas comiendo hojas de los árboles?). La discusión y contrastación de las diferentes ideas sobre evolución se centran en un excesivo énfasis en uno solo de los supuestos lamarckianos (que, como veremos, no era sólo defendido por Lamarck), llegando a presentarse ejemplos y ejercicios absurdos (como la del siguiente recuadro) que corren el eje de la discusión.

¡Péguele a Lamarck!

- A excepción de los retrovirus, el flujo de información genética siempre tiene el sentido: ADN → ARN → proteína. Este “dogma central de la biología” contradice la visión lamarckiana que postula la herencia de los caracteres adquiridos, ¿se anima a averiguar por qué?
- ¿Qué predicciones habría elaborado Lamarck para los descendientes de estas familias?
 - Familia A: tres generaciones de mujeres sufrieron extirpación del apéndice durante la adolescencia.
 - Familia B: los padres, rubios de piel blanca, se trasladan a vivir al trópico donde se broncean intensamente. Allí originan varias generaciones de descendientes.
 - Familia C: las mujeres de muchas generaciones de esta familia se tiñen el cabello de rubio.

³ Extraído de Adriana Mengascini y Adriana Menegaz (2005).

Ahora bien, aunque toda referencia a la herencia de caracteres adquiridos es catalogada como “lamarckista”, Lamarck nunca enunció una teoría sobre la “herencia de los caracteres adquiridos”, sino que empleó en sus argumentaciones la idea generalizada en su tiempo de que ciertos cambios en los organismos podían transmitirse a sus descendientes (Gould, 1983a). Adhirió a esta idea de la época del mismo modo en que consideró que el origen de los “cuerpos vivientes” más simples se debía a la generación espontánea (Lahitte y otros, 1991).

También Darwin, compartiendo esta concepción de herencia, asumió que el uso o desuso de una estructura por parte de una generación podía reflejarse en las siguientes. En este sentido, y considerando las condenas que Lamarck sufre en los libros de texto, Darwin sería lamarckista...

Por otra parte, Lamarck fue, en cierto modo, el fundador del transformismo, al plantear que las especies no eran inmutables sino que evolucionaban a lo largo del tiempo, en contraposición a la postura creacionista y catastrofista hegemónica de la época, de la cual Cuvier era uno de sus principales representantes.

Lamarck planteaba que la inmutabilidad era producto de la capacidad de observación del investigador y no un atributo de la naturaleza: “...se puede asegurar que esta apariencia de estabilidad de las cosas de la naturaleza será siempre estimada /considerada/(...) por la realidad, porque en general no se juzga todo sino relativo a sí. Para el hombre que, a este respecto, no juzga sino según los cambios que él percibe, los intervalos de esas mutaciones /en el sentido de cambios/ son los estados estacionarios que le parecen sin límites a causa de la brevedad de existencia de los individuos de la especie. Además, puesto que la variedad de sus observaciones y las notas sobre los hechos que puede consignar en sus registros, no se extienden ni se remontan más que a algunos millares de años, lo que constituye una duración infinitamente grande con respecto a él, pero muy pequeña con relación a los cambios que se efectúan sobre la superficie del globo, todo le parece estable en el planeta que habita y se inclina a rechazar los índices que los monumentos amontonados a su alrededor o enterrados en el suelo bajo sus pies le presentan en todas partes” (Lamarck, 1873, citado en Lahitte y otros, 1991)

¿Qué prueban las pruebas?

Habitualmente se citan como pruebas de la actual teoría de la evolución el registro fósil, la anatomía comparada, la embriología comparada, la distribución geográfica y la selección artificial. No obstante, estas “evidencias” no prueban nada, sino que pueden considerarse

referentes empíricos que encuentran coherencia dentro un marco teórico particular. A su vez, el marco teórico se robustece en la medida en que aparecen nuevas “evidencias” o “pruebas” que pueden ser explicados desde él.

La vigente teoría de la evolución integra en un sistema explicativo los referentes empíricos citados anteriormente. Sin embargo, desde otro marco explicativo, las mismas “pruebas” pueden ser leídas de manera diferente. Así, el registro fósil fue considerado una prueba del diluvio universal o de la existencia de grandes catástrofes geológicas. En el mismo sentido, los resultados de los estudios de la anatomía comparada se interpretaron como evidencias de un plan divino de la creación.

- Al determinar las semejanzas entre embriones de distintos tipos de seres vivos, la Embriología **permite comprobar las claras relaciones** existentes entre grupos de organismos diferentes.
- El embriólogo alemán Ernst Haeckel estableció la teoría de la recapitulación genética, la cual establece que durante las etapas larvianas o embrionarias los organismos presentan algunas características de los más antiguos; por ejemplo, el renacuajo tiene cola y branquias como los peces. Tiempo después, **esta teoría fue refutada por nuevas pruebas experimentales**, si bien la comparación de larvas y embriones arroja mucha luz sobre los procesos evolutivos.
- Las evidencias evolutivas aportadas por la anatomía comparada surgen de haber comprobado que las semejanzas básicas entre grupos de organismos son completamente independientes de la forma de vida que llevan...

Anexo 2

Procesos de fosilización

Una de las evidencias del proceso evolutivo es el estudio de los fósiles (organismo, partes de organismos o indicios de su actividad que se han conservado). Si bien por lo general lo único que se conserva son las partes duras de los organismos (huesos, valvas, caparazón, dientes), también las partes blandas pueden quedar registradas, como ocurrió con el importantísimo yacimiento Burgess Shale, en donde quedaron preservadas poblaciones de invertebrados de cuerpos blandos.

Consideremos, por ejemplo, el caso de la fosilización de una almeja en el fondo del mar. Una vez muerta, la almeja puede ser arrastrada por la corriente y en este desplazamiento, que la aleja de su hábitat, puede deteriorarse o fragmentarse. Si esto no ocurre, puede yacer en el fondo del mar donde su cuerpo, por reacción con el oxígeno, se descompondrá y las bacterias darán cuenta enseguida de las partes blandas.

Sin embargo, en un fondo cenagoso en donde falte el oxígeno podrá conservarse más tiempo. Aunque también acabará por descomponerse, existe aquí la posibilidad de que antes de que esto ocurra el animal quede completamente cubierto por los sedimentos. Cuanto más fino sea el grano del sedimento, más hermético será el aislamiento, mejor protegido quedará el animal y, sobre todo, mejor conservada quedarán las valvas de este animal. Por el peso de las posteriores capas que vayan depositándose, el animal quedará aprisionado en el sedimento, que conservará la impresión de la forma de la concha.

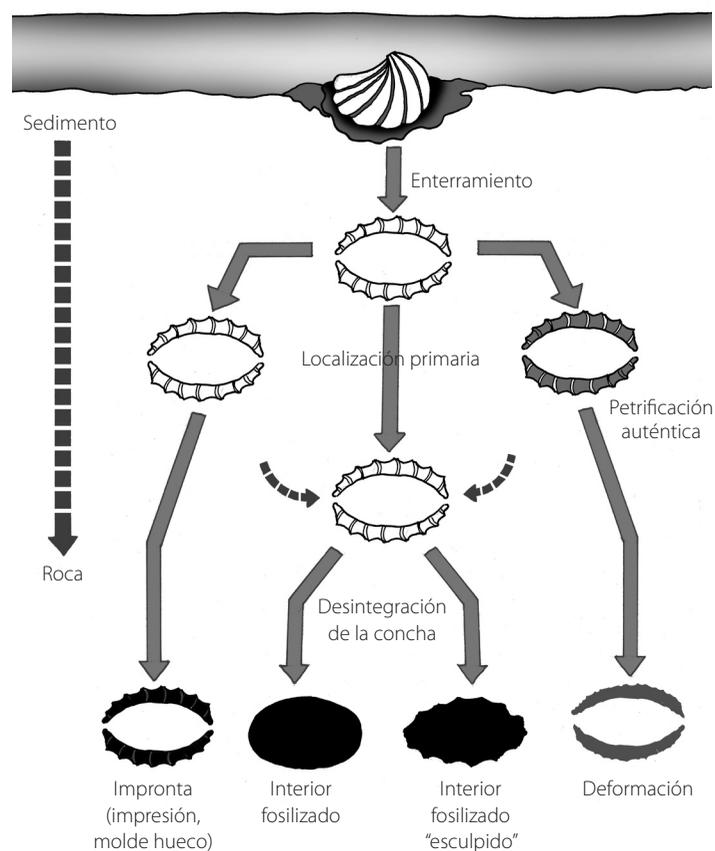
El destino reservado a este futuro fósil dependerá de muchas circunstancias:

- en general, las partes blandas del cuerpo tenderán a descomponerse, quedando como restos sólo las partes duras y calcáreas. Sin embargo, como la roca sedimentaria que lo envuelve todavía contiene agua, con el tiempo la cal acabará por diluirse y lo único que quedará será un molde hueco.

- otra posibilidad es que antes de quedar enterrada y descomponerse, las valvas de la almeja se llenen de alguna materia mineral dura que, hasta cierto punto, reemplaza al

cuerpo blando. En este caso, el fósil suele ser una formación pétre que presenta una buena impresión de la cara interna de la valva en la que a veces, incluso, es posible reconocer estructuras con mucho detalle. Éste es el caso de la fosilización presente en amonites encontrados en nuestro país (Cuyo, Patagonia).

- por último, puede desarrollarse también un proceso mediante el cual todo el material orgánico que compone al organismo es disuelto molécula a molécula, ión a ión, a la vez que sustituido por materias minerales que se hallan disueltas en el agua. Por este procedimiento de sustitución molecular el fósil adquiere la apariencia dura y pétre que ha dado lugar a la denominación “petrificación”. Tal es el caso de los árboles petrificados que se pueden encontrar en el sur argentino, compuestos por sales de sílice.



Proceso de Fosilización

Según el material que interviene, los procesos de fosilización, que debido a la participación de minerales son también denominados como *procesos de mineralización*, pueden clasificarse en:

- **opalización:** se produce por la impregnación de sales de sílice (árboles petrificados);
- **calcificación:** tiene lugar por la presencia de calcita o carbonato de calcio (caparazones de gliptodontes o huesos);
- **yesificación:** por acción de yeso (moluscos en plataformas continentales);
- **piritización:** como producto del sulfuro de hierro (amonites piritizados en yacimientos de hierro de la provincia de Neuquén).
- **carbonización:** se produce cuando la fosilización de los restos de una planta se inicia en presencia de oxígeno.

Además de estos procesos de fosilización, existen otros en los que no interviene la mineralización y que reciben el nombre de **conservaciones** (momificaciones). Uno de los casos más conocidos es el de la *conservación en hielo*, representada por importantes hallazgos de mamuts en Siberia, cuyos cuerpos se han mantenido sin descomponerse durante miles de años dentro de una masa de hielo, conservando partes blandas del cuerpo (vísceras, piel, músculos). Otro tipo de fosilización es la *conservación en ámbar*, resultado de resinas segregadas por coníferas que con el tiempo se endurecen como piedra, quedando transparentes como acrílicos. Dentro de esas masas resinosas quedan incluidos insectos, arañas e, incluso, pequeños vertebrados.

Métodos radiactivos de datación

A principios del siglo XIX, los geólogos notaron que las principales secuencias de rocas sedimentarias contenían colecciones de organismos fósiles que diferían según su ubicación: los estratos inferiores eran los primeros que se habían depositado, mientras que los superiores eran los sedimentos más jóvenes. Una vez conocida la secuencia general de los fósiles, éstos pudieron utilizarse como indicadores de la edad relativa de las rocas según fuese la posición que ocupaban en la sucesión ya conocida.

En la actualidad, la edad absoluta de cierta variedad de rocas antiguas se puede determinar con gran exactitud independientemente del registro fósil. Esto puede hacerse porque muchos minerales que forman parte de las rocas contienen radioisótopos, esto es, variedades de elementos que contienen un número constante de protones y neutrones y que se descomponen espontáneamente dando lugar a otros isótopos.

La tasa de desintegración de cada radioisótopo es constante y generalmente se expresa como *vida media*, entendiendo por esto la longitud de tiempo necesaria para que se desintegre la mitad de una cantidad dada cualquiera del isótopo. Por tal razón, si se conoce la vida media de un radioisótopo, y se puede determinar la cantidad que existía originalmente en la roca y la cantidad que queda actualmente, se puede calcular la edad de la roca. Algunos de los radioisótopos que suelen ser utilizados para determinar la edad de las rocas antiguas son el Rubidio-87, el Uranio-238, el Potasio-40 y el Uranio-235.

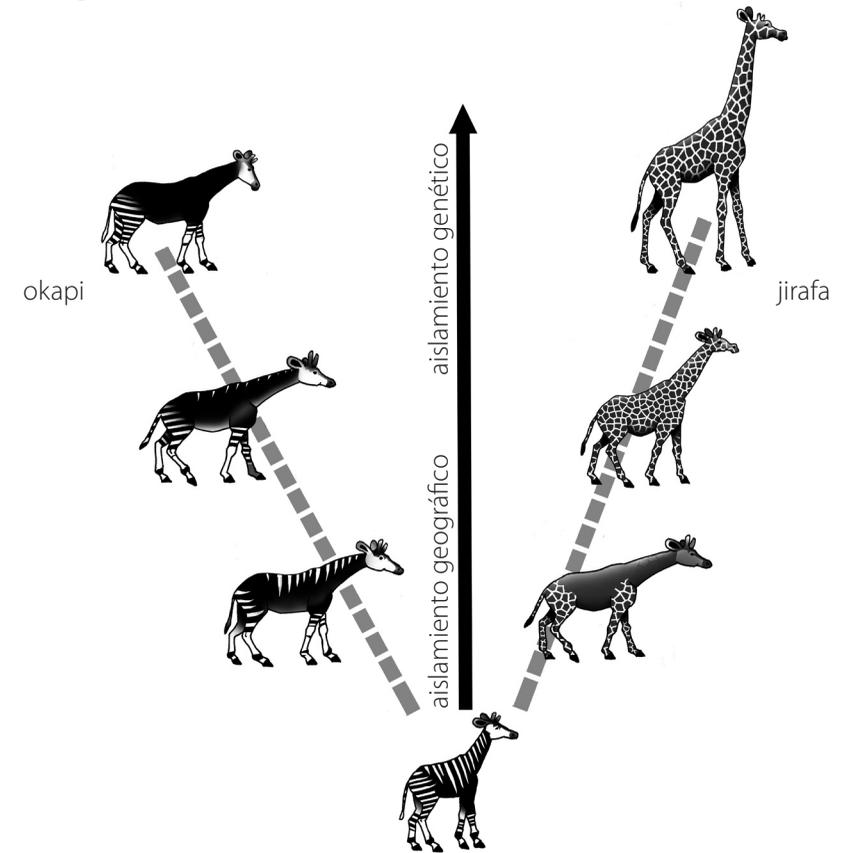
Un procedimiento para datar que a veces se aplica sobre los fósiles, y que resulta bastante exacto para materiales relativamente recientes y que contienen abundante carbono, es el **método del carbono-14** (C^{14}). Una tasa natural de C^{14} parece ser bastante constante y penetra en el ciclo del CO_2 , siendo asimilado por los organismos vivos. Al pasar el tiempo, en cualquier sustancia orgánica la cantidad de C^{14} decrece gradualmente según su tasa de vida media.

Eón		Era	Período		Época
Fanerozoico (544 ma a hoy)	Cenozoica (65 ma a hoy)	Cuaternario (1.8 ma a hoy)			Holoceno (11.000 años a hoy)
					Pleistoceno (5 a 1.8 ma)
			Terciario (65 a 1.8 ma)	Neógeno (23 a 1.8 ma)	Piloceno (5 a 1.8 ma)
				Mioceno (23 a 5 ma)	
				Eoceno (54 a 38 ma)	
		Paleógeno (65 a 23 ma)		Oligoceno (38 a 23 ma)	
			Paleoceno (65 a 54 ma)		
	Mesozoica (245 a 65 ma)	Cretácico (146 a 65 ma)			
		Jurásico (208 a 146 ma)			
		Triásico (245 a 208 ma)			
	Paleozoica (544 a 245 ma)	Pérmico (286 a 245 ma)			
		Carbonífero (360 a 286 ma)			
		Devónico (410 a 360 ma)			
		Silúrico (440 a 410 ma)			
Ordovícico (505 a 440 ma)					
Cámbrico (544 a 505 ma)					
Tiempo Precámbrico (4500 a 544 ma)	Proterozoico (2500 a 544 ma)				
	Arcaico (3800 a 2500 ma)				
	Hádico (4500 a 3800 ma)				

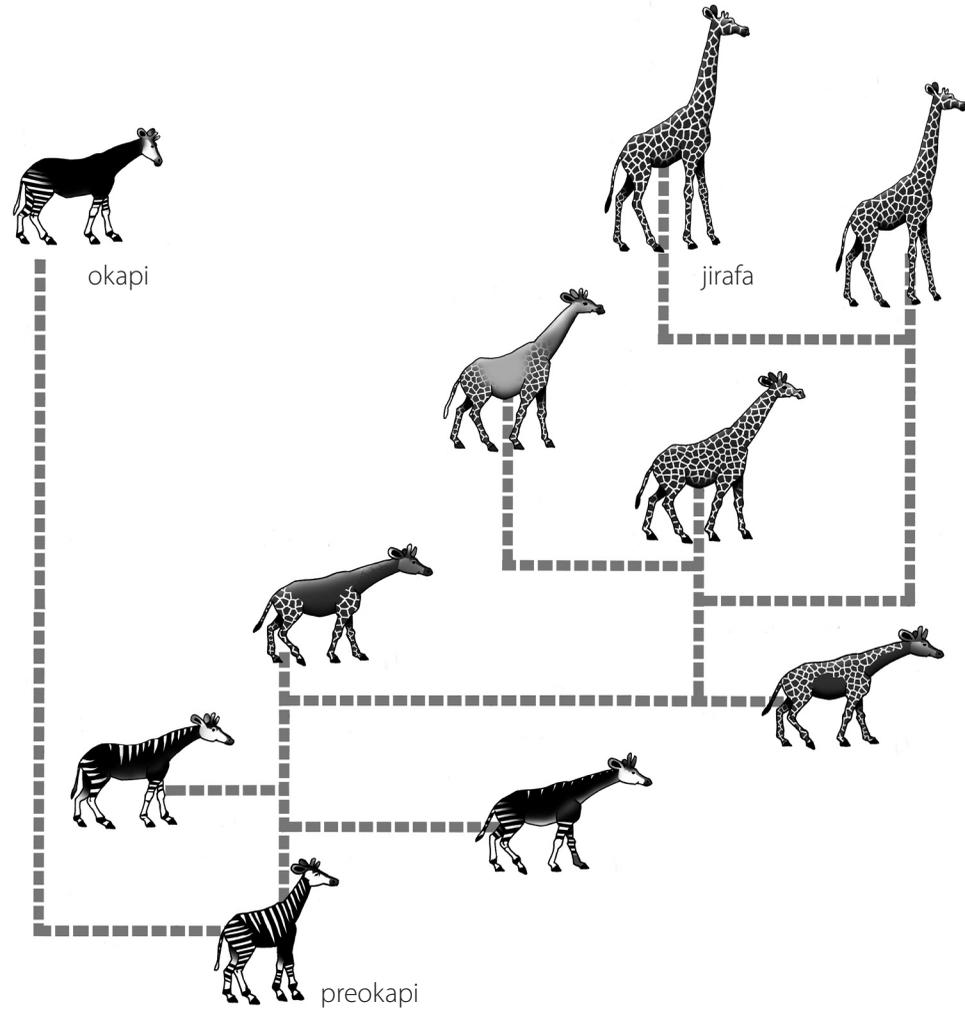
Esquema de las Eras Geológicas

Anexo 3

Árbol filogenético



Cladismo



Anexo 4

Adaptaciones

Junto con el problema del origen de la diversidad que muestran las especies, la idea de la adaptación de los organismos a sus condiciones ambientales creaba problemas a Darwin respecto de la formulación de una teoría de la evolución que diera respuestas satisfactorias. La solución que encontró el científico británico fue que el proceso de adaptación a las exigencias del ambiente era el mismo que conducía a la diversificación.

Los individuos con una anatomía, fisiología o conducta que se adapten mejor a las condiciones ambientales sobrevivirán más tiempo y se reproducirán más. Si estas características se heredan, en las generaciones sucesivas habrá un mayor número de individuos con los rasgos más adecuados y la especie, por lo tanto, estará constituida sólo por los tipos más aptos.

Si la evolución por selección natural produce individuos que se adaptan cada vez mejor a un ambiente particular, grupos de organismos separados en el tiempo y en el espacio evolucionarán de tal manera que se adaptarán a las diversas condiciones ambientales que encuentren. La biodiversidad es, por lo tanto, una consecuencia de la existencia de diversos ambientes a los cuales las especies se han adaptado por selección natural. Este es el proceso conocido como *adaptación*.

Bajo este concepto se consideraba que los organismos eran una sumatoria de adaptaciones al medio, o sea que cada parte debía correlacionarse con una función. A finales de la década del setenta, Stephen Jay Gould y Richard Lewontin presentaron una serie de objeciones criticando este programa adaptacionista. En sus argumentos cuestionaban la insistencia en interpretar toda característica de un organismo como si tuviera una función, un propósito. Entre las características de los seres vivos, algunas o muchas de ellas podrían ser el resultado o consecuencia de las restricciones que impone el desarrollo o la organización del organismo como un todo, de modo que esas características no deberían ser interpretadas como adaptaciones.

Otra cuestión a tener en cuenta es que la selección natural no es omnipotente, es decir, no puede perfeccionar en forma creciente las características de las especies hasta la optimización de las adaptaciones. Esto es así porque este proceso está acotado por factores intrínsecos y extrínsecos.

Con respecto a los factores intrínsecos, se puede mencionar la historia del organismo acumulada en el programa genético: a un conjunto de genes sólo le es posible cambiar dentro de ciertos límites. Por otro lado, los cambios están limitados por los patrones de desarrollo embrionario, es decir, por la compleja secuencia de cambios que ocurre cuando un conjunto de genes construye un organismo. Por último, las posibilidades de cambio están acotadas por las limitaciones en la estructura del organismo (por ejemplo, las posibilidades del incremento en tamaño de la valva de un determinado molusco).

Bibliografía

Aljanati, David y Wolovelsky, Eduardo, *La vida en la Tierra*. Buenos Aires, Colihue, 1995.

Albadalejo, Carmen, *Enseñanza de las Ciencias*. Barcelona, Barcanova, 1989.

Darwin, Charles, *El origen de las especies*. Barcelona, Planeta Agostini, 1985 (1859).

Dobzhansky, Theodosius; Ayala, Francisco; Stebbings, Ledyard y Valentine, James, *Evolución*. Barcelona, Omega, 1993 (1979).

Folguera, Andrés y otros, *Introducción a la Geología*. Buenos Aires, Eudeba, 2006.

Gené Duch, Ana María, "Cambio conceptual y metodológico en la enseñanza y el aprendizaje de la evolución de los seres vivos: un ejemplo concreto", en *Enseñanza de las ciencias* Nº 1, Vol. 9. Barcelona, Universitat Autònoma de Barcelona, Institut de Ciències de l'Educació (ICE), enero-abril de 1991.

Gould, Stephen Jay, *Acabo de llegar*. Barcelona, Crítica, 2003.

_____, *La sonrisa del flamenco*. Barcelona, Crítica, 1995.

_____, *Brontosauros y la nalga del ministro*. Barcelona, Crítica, 1993.

Gutiérrez, Antonio, "Cerca de la revolución: la biología en el siglo XXI", en Díaz, Esther, *La Posciencia*. Buenos Aires, Biblos, 2000.

_____, "Hechos y teoría: la evolución en el aula", en *Educación en Ciencias* N° 8, Vol III. San Martín, UNSAM edita, 1999.

Hasson, Esteban, *Evolución y selección natural*. Buenos Aires, Eudeba, 2006.

Jiménez Aleixandre, María Pilar, "Cambiando las ideas sobre el cambio biológico", en *Enseñanza de las Ciencias* N° 3, Vol. 9. Barcelona, Universitat Autònoma de Barcelona, Institut de Ciències de l'Educació (ICE), septiembre-diciembre de 1991.

Klimovsky, Gregorio, *Las desventuras del conocimiento científico*. Buenos Aires, A-Z Editora, 1999 (1ª edición, 1994).

Lahitte, Héctor; Hurrell, Julio y Malpartida, Alejandro, *Ecología de la conducta. De la información a la acción*. La Plata, Nuevo Siglo, 1993.

_____, *Relaciones 2: crítica y expansión de la ecología de las ideas*. La Plata, Nuevo Siglo, 1989.

_____, *Relaciones: de la ecología de las ideas a la idea de ecología*. La Plata, Nuevo Siglo, 1987.

Larson, Edgard, *Evolución*. Buenos Aires, Debate, 2007.

Lewontin, Richard, *Genes, organismo y ambiente*. Barcelona, Gedisa, 2000.

Marrone, Juan; Cigliano, María M. y Crisci, Jorge, "Cladismo y diversidad biológica", en *Ciencia Hoy* N° 21, Vol. 4. Buenos Aires, Asociación Ciencia Hoy, noviembre-diciembre de 1992.

Mengascini, Adriana y Menegaz, Adriana, "Relaciones Coevolutivas: Comunidades y Poblaciones. Los sistemas naturales a través del tiempo", Documento de Apoyo Curricular N° 4, Biología. La Plata, DGCyE, 2005.

62 Mayr, Ernst, *Así es la Biología*. Madrid, Debate, 1998.

Novas, Fernando, *Buenos Aires, un millón de años atrás*. Buenos Aires, Siglo XXI, 2006.

Rossi, María Susana y Levin, Luciano, *Qué es (y qué no es) la Evolución*. Buenos Aires, Siglo XXI, 2006.

Tonni, Eduardo y Pasquali, Ricardo, "El origen de los mamíferos sudamericanos", en *Educación en Ciencias* N° 4, Vol. II. San Martín, UNSAM edita, 1998b.

_____, *Mamíferos fósiles* (edición de los autores). La Plata, 1998a.

Strahler, Arthur, *Geología Física*. Barcelona, Omega, 1992.

Vilá, Bibiana, *Camellos sin joroba*. Buenos Aires, Colihue, 2001.

63

Este libro se imprimió en Diebo
en octubre de 2008
con una tirada de 1.700 ejemplares.