

Alberto R. Kornblihtt, Biología

Doctor en Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Buenos Aires; Investigador Independiente del CONICET (INGEBI-CONICET).

SUMARIO

- I. Enfoque de la elaboración de los contenidos de biología para la Educación General Básica y Polimodal
 - 1. Ejes tenidos en cuenta en la elaboración de los contenidos
 - 1.1. Evolución y selección natural
 - 1.2. Características de la ciencia y método científico
 - 1.3. Vocabulario, formación e información
 - 2. Las grandes unidades temáticas
 - 3. Los docentes
 - 4. Confusiones, preconceptos y falsas ideas
 - 5. El plan de elaboración de los contenidos
- II. Contenidos para la Educación General Básica
- III. Contenidos para la Educación Polimodal
- Anexo. Nómina de colegas consultados

I. ENFOQUE DE LA ELABORACION DE LOS CONTENIDOS DE BIOLOGIA PARA LA EDUCACION GENERAL BASICA Y POLIMODAL

En la segunda mitad de este siglo, y en particular en la última década, se ha producido una serie de descubrimientos que han colocado a la biología en una posición sobresaliente dentro de las ciencias. La vida cotidiana se ve muy afectada por los logros y por el conocimiento generado por las ciencias biológicas. Los diarios y revistas publican cotidianamente artículos de divulgación dirigidos a un público sin formación superior, en los cuales son tratados temas de punta relacionados con la salud (en particular cáncer y SIDA), la agricultura, la industria alimentaria, etc. El vocabulario de la genética molecular, la ecología y la biotecnología se incorpora rápidamente a nuestra lengua. La gente habla de los genes, su clonado, de enfermedades hereditarias, de ecosistemas, del mejoramiento de plantas y animales y de los organismos utilizados como modelo experimental (moscas, levaduras, ratones, etc.).

Gran parte de los conceptos y términos utilizados por la gente provienen de los medios de difusión escritos y de la televisión. Me parece que la escuela actual cumple un papel minoritario en la generación del interés y la difusión del vocabulario y conceptos de la nueva biología.

El avance vertiginoso de la biología moderna se debe en gran parte al nacimiento y desarrollo de la biología molecular.

Las ciencias biológicas ya no sólo describen e interpretan la naturaleza sino que también la transforman en todos sus niveles. Esto abre la discusión sobre la utilidad de la ciencia y/o el uso de los conocimientos científicos, temas con los cuales, tarde o temprano, se enfrenta todo ciudadano.

La elaboración de estos contenidos fue realizada con la convicción de que el conocimiento científico no sólo es importante por sus aplicaciones concretas, sino que en sí mismo produce felicidad, una felicidad de la cual no debemos privar a nuestros niños y jóvenes. Además, el aprendizaje de la ciencia forja una disciplina de razonamiento y cuestionamiento que es trasladable a otros aspectos de la vida cotidiana.

1. Ejes tenidos en cuenta en la elaboración de los contenidos

1.1. Evolución y selección natural

La única teoría unificadora y fundamental de las ciencias biológicas es la de la selección natural. Es esperable, por lo tanto, que el eje conductor dominante de los contenidos de la enseñanza de la biología recaiga en dicha teoría. La población tiene cierto grado de información acerca de la evolución y la selección natural. Sin embargo dichos conocimientos no transitan por carriles científicos y caen indefectiblemente en el lamarckismo (herencia de los caracteres adquiridos como fuente de variabilidad). Es fácil comprobar que el lamarckismo es la tendencia natural del pensamiento lego, aun de personas con formación universitaria. Este preconcepto probablemente surge de una perspectiva egocéntrica (y por ende antropocéntrica), plagada de explicaciones mágicas y finalistas propias del pensamiento infantil. Considero que uno de los objetivos fundamentales de los CBC debe ser romper con esta tendencia natural, incorporando, a través de todos los temas tratados, la perspectiva evolutiva y la lógica de la selección de variantes heredables surgidas al azar.¹ El *timing* de la enseñanza de los temas evolutivos es fundamental. No pueden enseñarse los principios de la evolución al comienzo del programa, “en frío” y en abstracto. Estos deben “contaminar” todos los temas tratados en clase, a través de ejemplos, tanto moleculares como de diversidad, anatomía, morfología, fisiología y ecología. En el caso de la EGB ni siquiera considero necesario que sean tratados como una unidad aparte, sino como parte implícita de todos los temas.

1.2. Características de la ciencia y método científico

Indudablemente otro de los ejes fundamentales es el aprendizaje de cómo funciona la actividad científica.

De nada servirá en este caso el “estudio” formal del “método científico” (si se quiere: observación, acumulación de datos, planteo de preguntas, hipótesis, experimentación, controles, análisis de resultados, elaboración de teorías, etc.) a través de una unidad programática *ad hoc*. En primer lugar porque no existe un único método científico. Puede haber varios aun dentro de las ciencias biológicas. En segundo término, porque creo que la mejor manera de que el alumno

¹ Volveré sobre este tema más adelante y en las notas de los contenidos.

llegue a incorporar el pensamiento científico y los modos de actuar de la ciencia es a través de su propia experiencia. Esta experiencia debe ser guiada y acompañada por el docente. Es el alumno el que debe observar, acumular datos, deducir, plantearse preguntas e hipótesis, experimentar, variar condiciones y elaborar teorías. Creo hasta contraproducente enseñar elementos de metodología de la ciencia antes de que el alumno, sin saberlo, haya hecho uso de ellos. En este terreno juegan un papel importantísimo los trabajos prácticos (TP). Aun en condiciones de falta de laboratorios, reactivos o instrumental es posible e imprescindible que se planeen trabajos prácticos en la enseñanza de la biología, desde el jardín de infantes, pasando por la EGB, hasta la EP. El armado de un herbario, la distinción de las formas, el uso de claves sistemáticas para la identificación de plantas o insectos, la medición de condiciones climáticas, la observación de migraciones, la disección de pequeños animales, la germinación de semillas en distintos tipos de suelo, el dibujo simple, preciso y claro (no artístico) de lo observado, el reconocimiento de las especies locales, la incubación y eclosión de un huevo de gallina, etc., no son más que unos pocos ejemplos de TP para los cuales no hace falta infraestructura especial. Sin embargo, para que dichos TP cumplan con el cometido de introducir al educando en la forma de actuar de la ciencia, el educador debe estar preparado, evitando la trivialización de las experiencias y sabiendo “estar ausente” en la clase, para dejar al alumno sacar sus propias conclusiones (aun equivocadas) sobre las mismas. La clásica y aparentemente aburrida germinación del poroto puede transformarse en un elemento movilizador de primera magnitud si se sabe aprovechar todo lo que ocurre en ella. Desde los cambios de textura y turgencia, pasando por la aparición de la raíz y el vástago, los cambios de color, el consumo de la reserva de los cotiledones, las fuentes de energía, los sitios de crecimiento, dónde ocurre la división celular, el ADN, etc., hasta lo que ocurre con aquellos porotos del vaso que no germinan o se pudren con hongos, lo cual requiere una explicación.

Los TP no son sólo experimentación. Debe implementarse también la resolución de problemas, sobre todo en la EP.

Otra de las vías de asimilación de las características de la ciencia es la descripción de observaciones o experimentos fundamentales de la historia de la biología, permitiendo al alumno intentar llegar a las conclusiones correspondientes.

En resumen, considero que, al igual que para los principios evolutivos, no debe enseñarse “el método científico” como una unidad temática aparte y mucho menos al principio del programa. Las características y metodologías de la ciencia deben “contaminar” todos los bloques de contenidos y deben asimilarse a través de experiencias (de laboratorio y de campo), resolución de problemas y discusión de experimentos clásicos.

1.3. Vocabulario, formación e información

El aprendizaje de una disciplina científica implica el aprendizaje de un nuevo vocabulario. El tercer eje de los contenidos será el de aceptar este vocabulario. La escuela (educandos y educadores) debe reconocer la necesidad de la incorporación del vocabulario específico como un hecho positivo, que contribuye a la *valorización del saber y de la posibilidad de investigar*. Contrariamente a lo que ocurre en el terreno de los afectos, donde el lenguaje limita, mediatiza o “encarcela”, en el saber científico el lenguaje específico libera, descomprime, permite expresar e intercambiar ideas. Lo que quiero decir, es que no debemos tener miedo de enseñar “palabras difíciles”, o de llamar a las cosas por su nombre (científico). Si están motivados, los niños de hoy son capaces de manejar términos “difíciles” tales como *Tyranosaurus rex*, *Velociraptor*, *Gallinimus* o *Triceratops*, sabiendo perfectamente a qué se refieren en cada caso.²

El vocabulario especializado crea complicidad entre los que lo manejan. Esta complicidad es bien conocida por niños y especialmente por adolescentes, ya que es el eje movilizador del uso de términos que conforman su lenguaje cotidiano, del cual quedan explícitamente excluidos los adultos. Mi idea es que el aprendizaje del vocabulario biológico necesario para cada contenido cree una complicidad productiva entre los alumnos, incluyendo al docente.

Relacionado con el problema del vocabulario, se encuentra el binomio formación-información. Está claro que los contenidos deben tender a la formación más que a la información. El alumno debe saber que la información se encuentra en la literatura y debe aprender a utilizarla. Debe saber que, así como recurre al diccionario para averiguar el significado de una palabra, la información biológica se encuentra en libros, revistas o bases de datos, a los cuales tendrá acceso si incorporó las herramientas para reconocerlos y consultarlos (quizá sólo algo tan simple como manejar un índice). No obstante es imprescindible que el alumno maneje un cierto grado de información para avanzar en el estudio y poder asociar hechos. Nuevamente, sin dejar de ser formadora, la escuela no debe temer o presentar una actitud reactiva frente a la información.

Tanto el manejo de información como el de vocabulario específico requieren memoria. Obviamente la clave de este proceso se encuentra en la previa y total comprensión de lo que se memoriza. Sin comprensión, no hay información ni vocabulario.

² Son los nombres científicos de algunos de los dinosaurios de la película *Jurassic Park* de Steven Spielberg, basada en la novela de Michael Crichton.

En resumen, el grado de información y el vocabulario que figuran en los contenidos no son el resultado de una acumulación enciclopédica ciega sino que fueron pensados de acuerdo con las premisas planteadas en esta sección.

2. Las grandes unidades temáticas

Los siguientes son los grandes temas de biología a los que todo ciudadano debe acceder y que sirvieron de base para la elaboración de los contenidos:

1. Las bases físicas y químicas de la vida. La célula. La herencia y el flujo de información genética. La biología molecular y celular. Biotecnología.
2. El conocimiento de la diversidad biológica, de sus formas y adaptaciones, de sus niveles de complejidad. Los cinco reinos: Monera, Protista, Fungi, Plantae y Animalia.
3. La necesidad de clasificar la diversidad y encontrar a través de la sistematización los caminos de la evolución.
4. El conocimiento del propio cuerpo. Su funcionamiento interno. Anatomía. Fisiología. Sexualidad. Comunicación con el medio.
5. Salud y enfermedades que afectan al hombre. Normas de higiene. Prevención.
6. La interacción de los organismos entre sí y con el medio ambiente. Ecología. El papel del hombre. El comportamiento animal.
7. Principios de evolución. Selección natural.

Muchos de los temas están relacionados (o deberían estarlo) con motivaciones propias de los niños y adolescentes. En particular, el conocimiento del propio cuerpo, de lo que ocurre dentro y de la sexualidad. La escuela debe proporcionar al adolescente los elementos teóricos que le permitan abordar sana y conscientemente su sexualidad. Todo ciudadano, y en especial la mujer, debe tener una clara idea, por ejemplo, de los cambios que ocurren durante el ciclo menstrual. Comprender que menstruación y ovulación son procesos diferentes. Que esterilidad no es lo mismo que impotencia y que existen métodos anticonceptivos. La curiosidad por el sexo no sólo es una motivación para el estudio de la anatomía y fisiología humanas, también es un estímulo aprovechable para el conocimiento de la diversidad animal y vegetal, de la genética, del comportamiento animal, de los mecanismos de la evolución, de las estrategias reproductivas, etc.

Otro ejemplo no menos importante de motivación es la indagación y reconocimiento de lo que se come. ¿Qué planta o animal estoy comiendo? (identificación);

¿a qué otras plantas o animales se parece? (clasificación, evolución); ¿de qué parte u órgano se trata? (morfología, anatomía); ¿Estoy comiendo células vivas, células muertas o productos celulares? (biología celular y molecular). Si es un derivado (lácteos, harinas, etc.), ¿qué transformaciones ha sufrido hasta llegar a la mesa? (biotecnología). ¿Qué ocurre en mi organismo con lo que como? (anatomía, fisiología, metabolismo).

Obviamente existen muchas otras motivaciones “aprovechables” además del sexo y la comida. No me detendré a analizarlas aquí, ya que podrán deducirse de la lectura de los contenidos.

3. Los docentes

La elaboración de los contenidos ha sido hecha considerando que para poder ponerlos en práctica será necesario *un profundo cambio en la formación y accionar de los docentes* en todos los niveles de lo que actualmente corresponde a las escuelas primaria y media. En especial, existe consenso de que salvo pocas excepciones,³ la actual escuela secundaria es una pérdida de tiempo. Pese a que los alumnos se encuentran en una etapa de plena capacidad intelectual y avidez de incorporar conocimientos, éstas son mayormente desperdiciadas. Los docentes pocas veces funcionan como modelos de identificación. En general no despiertan el entusiasmo, en primer lugar porque ellos mismos no lo tienen. En la mayoría de los casos no poseen los conocimientos necesarios, lo cual hace que no formen y que malinformen.

Considero que estos defectos no son formales sino profundos y su reversión hace a la esencia del cambio de los contenidos que propongo. Los responsables de las fallas no son los propios docentes sino el sistema que los forma y la desvalorización de su actividad provocada por las bajas remuneraciones, sumados a la falta de objetivos claros (el “consenso del saber” mencionado en la nota 3) de las instituciones en que trabajan.

³ De mi conocimiento del rendimiento y preparación de los alumnos que recibo en la FCEyN, podría nombrar como excepciones a los siguientes establecimientos de Capital Federal: Nacional de Buenos Aires, Carlos Pellegrini, Mariano Acosta, Otto Krause, Liceo franco-argentino, escuela ORT. Posiblemente la razón del éxito relativo de estas escuelas no se deba a que sus docentes se encuentran mejor preparados, sino más bien a que en las mismas existe un consenso, un pacto tácito entre docentes, alumnos, autoridades y padres, según el cual el “saber” y el “aprender” ocupan un lugar preponderante e incuestionable.

Uno de los problemas más graves en la preparación de los docentes es que, por ejemplo, los profesores que enseñan a los futuros profesores secundarios, son a su vez profesores secundarios. Esto genera un círculo vicioso, cuya necesaria ruptura debe involucrar a la universidad. No se trata de que los docentes primarios y secundarios deban ser universitarios. Sin embargo, considero que quienes los forman deberían serlo. Por su naturaleza dinámica, el contacto directo con los temas y tendencias de punta, la práctica de la investigación científica y la generación de conocimiento, la universidad puede influir profunda y positivamente en la formación y actualización de los docentes de todos los niveles de la educación. Esta idea fue acordada recientemente en la reunión del grupo de trabajo sobre educación y ciencia, de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo XXI de la UNESCO, realizada en París, del 10 al 11 de enero de 1994. Más aún, en la reunión se concluyó que era parte del *papel social de la universidad* formar en ciencia a los docentes de los niveles inferiores, desde el jardín de infantes a la escuela secundaria.

Los docentes especializados en ciencias, tanto de la EGB como de la EP, deben recibir una formación similar a la de los estudiantes de la licenciatura universitaria correspondiente. Lo que los diferencia de los graduados universitarios en ciencias es que éstos realizan investigación y generan conocimiento.

El papel del docente en la enseñanza de los contenidos propuestos es irremplazable. Al respecto, el profesor B. Geremek, uno de los miembros permanentes de la comisión de la UNESCO que asistió a la reunión mencionada, dijo que Umberto Eco le había comentado, decepcionado, que los niños y jóvenes de hoy en día no se entusiasman por nada que no venga "envasado en cassettes". Si bien es cierto que la informática y los medios audiovisuales dominan la imaginación infantil, me permito disentir con la afirmación de Eco. Creo que los chicos y jóvenes siguen entusiasmándose y fascinándose por *las ideas* transmitidas, más que por el envase en que vienen. Es responsabilidad del docente entusiasmar. Estimular en el alumno la libertad de pensamiento, la capacidad de cuestionar, de preguntar y preguntarse, de juzgar, de opinar, de atenerse a las evidencias experimentales.

La enseñanza de la ciencia es incompatible con la rutina. Es un fenómeno que por su propia naturaleza debe generar tensión, ansiedad y hasta un cierto grado de insatisfacción productiva, motor de aprendizaje.

El docente debe además ofrecer rigor y honestidad intelectual. Estas cualidades son altamente apreciadas por los alumnos y son la base del respeto al docente y al objeto de estudio. Las preguntas de los alumnos sobre temas científicos muchas veces tocan temas de frontera. ¿Cómo responder a las mismas? No hay muchas opciones compatibles con el rigor y la honestidad intelectual. Dada una pregunta, la respuesta debería estar entre las siguientes: a) lo sé; b) no lo sé; c) no se sabe; d) se sabe, pero yo no lo sé; e) no sé si se sabe o no.

Ahora bien, si lo sabe, antes de responder directamente, el docente debería promover que los alumnos asocien los elementos que ya poseen para intentar ellos mismos una posible respuesta. Este aprender a pensar en clase vale más que cualquier explicación teórica sobre las características y métodos de la ciencia.

Muchos de los temas incluidos en los contenidos involucran mecanismos complejos, para cuya descripción hacen falta conocimientos de química biológica, física o matemática más profundos que aquellos que poseen los alumnos de la EGB o de la EP. Esto no implica que dichos temas no deban ser tratados. Por el contrario, si el docente conoce tales mecanismos complejos, podrá distinguir lo conceptual de lo no conceptual, y enseñar, con el lenguaje apropiado, la esencia de los mismos al nivel adecuado. También para estos casos, la preparación del docente es tan importante como su honestidad intelectual: si un mecanismo es demasiado difícil como para explicarlo, más vale no explicar ningún mecanismo que reemplazarlo por versiones incorrectas.

4. Confusiones, preconceptos y falsas ideas

Los alumnos (y a veces los docentes) enfrentan el estudio de la biología con una serie de confusiones terminológicas y conceptuales, preconceptos y falsas ideas. Cualquiera sea el origen de las mismas, los contenidos han sido elaborados teniendo en cuenta las más comunes. A modo de ejemplo, se plantean algunas:

Se confunde:

Selección natural
Adaptación individual
Átomos o moléculas
Virus
Código genético
Nutrientes
Vacuna
Inyección
Genes
Ecología
Menstruación
Esterilidad
Médula ósea

Con:

Evolución
Adaptación de las especies
Células
Bacterias
Información genética
Alimentos
Suero
Vacuna
Cromosomas
Ecologismo
Ovulación
Impotencia
Médula espinal

Entre los preconceptos y falsas ideas que sería deseable desterrar figuran:

- Que las plantas obtienen alimentos (materia orgánica) del suelo.
- Que la clorofila es el producto de la fotosíntesis.
- Que los virus son procariontes.
- Que los peces y otros animales con branquias obtienen el oxígeno de la molécula de agua.
- Que los centríolos son los formadores del huso mitótico.
- Que los microscopios óptico y electrónico son los principales instrumentos para el estudio de las células.

5. El plan de elaboración de los contenidos

Primeramente elaboré los contenidos para la Educación Polimodal. El cumplimiento de los mismos necesitaría de los 3 años de la EP, y contendría lo que tradicionalmente figuraba en las asignaturas Botánica, Zoología, Anatomía y Fisiología e Higiene de la vieja secundaria. Algunos de los contenidos vienen precedidos por los términos “concepto de...”, “nociones de...” o “diferencias entre...”. La idea es que lo que sigue a “concepto de...” es ineludible. Lo que sigue a “nociones de...” merece ser mencionado, pero no es un tema central sino accesorio. “Diferencias entre...” explota el recurso didáctico de marcar diferencias específicas entre dos términos o conceptos, ya sea para fijarlas o para desterrar confusiones o falsas ideas como las mencionadas en el punto 4.

Los contenidos para la EP (contenidos de máxima) fueron sometidos a consideración de los diez especialistas, acompañados de un cuestionario que permitió evaluar el nivel de profundidad, eliminar o agregar temas y decidir cuáles de esos contenidos formarían parte de los de la Educación General Básica.

II. CONTENIDOS PARA LA EDUCACION GENERAL BASICA

1. PROPIEDADES DE LA VIDA

Atomos, moléculas y células. Cuestiones de tamaño.⁴ La materia: moléculas inorgánicas y orgánicas. Qué es la vida. En qué se diferencia lo vivo de lo no vivo. Reproducción y metabolismo. El agua: componente mayoritario de las células y solvente universal. Sin agua no hay vida.

2. BIOLOGIA CELULAR Y MOLECULAR

2.1. *Componentes moleculares de las células.* Todos los seres vivos están formados por células o productos de las mismas. Principales sustancias orgánicas de la célula: hidratos de carbono, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos (ADN, nociones de la doble hélice; ARN).

2.2. *Células procariotas.* Nociones sobre formación de la tierra y origen de la vida. Células procariotas y eucariotas.

Bacterias. Morfologías (cocos, estafilococos, estreptococos, vibriones, bacilos, etc.). Los antibióticos. Elementos del cultivo de bacterias. Concepto de esterilidad microbiológica. Esterilización y preservación de alimentos. Pasteurización. Criterios de conservación de alimentos en el hogar. Razones para la cocción de alimentos. Enfermedades humanas causadas por bacterias: tuberculosis, cólera, sífilis,

⁴ El alumno tiende a confundir intuitivamente las dimensiones de átomos, moléculas y células. Las tres son cosas “chiquitas”. Sin embargo, el objetivo de este ítem es llegar a la comprensión de que dentro de lo chiquito, es decir, lo no visible al ojo desnudo, habrá también enormes diferencias de tamaño.

meningitis, tétanos, salmonelosis, etc. Normas de higiene personal para prevenir infecciones. Concepto de contagio. Diferencias entre enfermedades infecciosas y no infecciosas.

2.3. *Células eucariotas*. Microscopios óptico y electrónico.

Diferencias entre células animales y vegetales: pared celular celulósica, vacuolas, plástidos (cloroplastos, amiloplastos, cromoplastos).

Membrana plasmática. Semipermeabilidad. Difusión de moléculas pequeñas. Difusión del agua: ósmosis.

Núcleo: membrana nuclear doble. El nucleolo. Cromosomas. Duplicación del ADN. Nociones de mitosis.

Citoplasma: ribosomas. Organelos membranosos: retículo endoplasmático liso y rugoso, complejo de Golgi, lisosomas, mitocondrias. Cilios y flagelos, centriolos. Movimiento ameboideo.

2.4. *Metabolismo*. Concepto de energía y sus diversas formas. Energía almacenada en compuestos orgánicos.⁵ Función de las enzimas. Noción de respiración celular. La mitocondria y la generación de energía.

Fotosíntesis. El cloroplasto. La clorofila. Concepto de fabricación de alimentos a partir de CO₂, cloroplastos y luz.

2.5. *Genética*. Meiosis⁶ y reproducción sexual. Fases de la meiosis. Concepto de haploide y diploide.

Lo heredado y lo adquirido. Nociones de la primera ley de Mendel. Genotipo y fenotipo. Concepto de locus y alelos. Recesividad y dominancia. Genes y cromosomas. Cromosomas sexuales. Determinación cromosómica del sexo (sistema XX, XY en mamíferos). Mutaciones.

2.6. *La información genética*. Concepto de gen. Síntesis de proteínas: ribosomas, ARNs de transferencia, incorporación de los aminoácidos. Código genético.

2.7. *Los virus*. Bacteriófagos, virus animales y virus vegetales. Enfermedades humanas causadas por virus: poliomelitis, viruela, rabia, gripe, resfríos, sarampión,

⁵ Operativamente en la EGB puede reemplazarse compuestos orgánicos por alimentos y compuestos inorgánicos por nutrientes.

⁶ No se pretende dar las fases de la meiosis sino sólo el concepto de que existe una división celular en la que se reduce a la mitad el número de cromosomas.

varicela, hepatitis. El virus de la inmunodeficiencia humana (HIV) y el SIDA. Prevención. Concepto de que, a diferencia de las bacterianas, las enfermedades virales no son tratables con antibióticos.

2.8. *Elementos de la tecnología del ADN recombinante o ingeniería genética.* Clonado molecular.⁷ Introducción de genes foráneos en bacterias y en células eucariotas. Generación de animales y plantas transgénicas. La “fotocopiadora de genes” en el laboratorio: reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Biotecnología: usos de la tecnología del ADN recombinante en la industria farmacéutica, el mejoramiento de plantas y animales y el diagnóstico médico.

3. CLASIFICACION DE LOS ORGANISMOS

Diversidad biológica. Nominación binomial de las especies. Linneo. Clasificación: reino, división o *phylum*, clase, orden, familia, género y especie. Ejemplos en vegetales y animales. Concepto de analogías y homologías.

4. LA BIOLOGIA A TRAVES DEL ESTUDIO DE LOS PROTISTAS, LOS HONGOS Y LAS PLANTAS⁸

4.1. *Las plantas*

4.1.1. *Morfología y fisiología de las plantas con flor.* La semilla: tegumentos y embrión (plúmula, cotiledones, hipocótilo, radícula). Germinación. Meristemas. Crecimiento primario.

Nociones de tejidos vegetales: parénquima, colénquima y esclerénquima; vasculares (xilema y floema), protectores (epidermis, súber).

La raíz: estructura y modificaciones. Pelos radicales. Raíces secundarias.

El vástago: yemas apicales y axilares. Dominancia apical. Multiplicación vegetativa. La función de la poda.

La hoja: estructura, morfología, adaptaciones y modificaciones (catáfilas, espinas, etc.). Hojas simples y compuestas.

Estomas e intercambio de gases.

⁷ En la EGB sólo interesa que el alumno acepte que es posible clonar genes. No importa cómo se lo logra.

⁸ Desde el punto de vista evolutivo correspondería comenzar con el estudio de los protistas, siguiendo por los hongos y luego las plantas. Sin embargo, considero más didáctico empezar esta sección por el estudio de las plantas, organismos más conspicuos y familiares para el alumno.

El tallo: estructura. Tallos modificados: bulbos, rizomas y tubérculos.

Qué parte de la planta se come en los siguientes casos: zanahoria, papa, batata, remolacha, tomate, coliflor, poroto, chaucha, acelga, mandioca.

Crecimiento secundario de raíz y tallo. La madera. El corcho. Anillos de crecimiento de la madera. El papel. Su reciclado y el cuidado de los recursos forestales.

Nociones de fisiología vegetal. Transporte de agua y minerales por el xilema. Transpiración. Transporte de alimentos (azúcares) por el floema.

Fotosíntesis.⁹ Absorción de sales minerales del suelo por la raíz. Diferencia entre nutrientes y alimentos. El suelo. Ciclo del nitrógeno. Fijación del nitrógeno en las raíces de leguminosas. Fototropismo y geotropismo.

4.1.2. *Diversidad, clasificación y reproducción de las plantas*

Musgos y hepáticas. Ausencia de tejidos vasculares y de raíces y tallos verdaderos (talo). Ciclo de vida de los musgos.

Helechos. Aparición del sistema vascular. Ciclo de vida. Predominancia del esporofito. Soros, esporangios y dispersión de esporas. Protalo de vida libre. Espermatozoides móviles.

Gimnospermas. Coníferas. Ciclo de vida. Conos femenino y masculino. Grano de polen. Tubo polínico. Las coníferas autóctonas argentinas: araucarias, ciprés de la cordillera, podocarpos. Los pinos, abetos y cipreses son originarios del hemisferio norte.

Angiospermas (plantas con flor). Aparición del ovario. La flor: cáliz, corola, androceo y gineceo. Flores bi y unisexuales. Plantas monoicas y dioicas. Alternancia de generaciones en las angiospermas. Polen. Diferencia entre polinización y fecundación. Agentes de polinización: viento, agua, insectos, aves y murciélagos. Tubo polínico. Ovulo. Concepto de que el óvulo deviene semilla y el ovario, fruto. Distintos tipos de frutos: bayas, drupas, pomos y vainas. Adaptaciones para la dispersión de las semillas. Diferencias entre monocotiledóneas y dicotiledóneas. Reconocimiento y apreciación de las especies espontáneas y cultivadas en la ciudad o área habitada por el alumno. Las especies de árboles plantados en las ciudades (nativas de nuestro país: jacarandá, lapacho, seibo, palo borracho, tipa; e introducidas: plátano, olmo, tilo, álamo, eucalipto, paraíso, etc.). Reconocimiento y origen geográfico de las plantas utilizadas por el hombre: trigo, maíz y otros cereales, papa, tomate, café, cacao, tabaco, frutas (manzana, cítricos, duraznos y otras drupas, banana), frutos compuestos (frutillas, moras). Reconocimiento de plantas ornamentales. Concepto de maleza. Tala de selvas para tierras de cultivo. Desertización.

⁹ Ya fue vista en 2.4. Aquí deberían verse los aspectos fisiológicos de la fotosíntesis, su rol en la generación de oxígeno.

Productos de origen vegetal: harinas, salvado, fibras textiles, aceites, margari-
nas, infusiones (té, café), cestería, maderería, esencias, perfumes, papel.

4.2. *Los protistas*

Algas. Algas pardoamarillentas (diatomeas), verdes (lechuga de mar), pardas (cachiyuyo) y rojas. Algas unicelulares, coloniales, filamentosas y talosas. Algas marinas y de agua dulce. Las algas hacen fotosíntesis.

Protozoos. Ejemplos de flagelados parásitos: *Trypanosoma cruzi*: ciclo de vida y enfermedad de Chagas. Enfermedad de Chagas en la Argentina y América: condiciones habitacionales y pobreza. Ejemplos de amebas, ciliados (el paramecio), y esporozoos: *Plasmodium*. Ciclo de vida y paludismo.

4.3. *Los hongos*. Características de los hongos: pared celular, hifas, micelio, conidios y cuerpos de fructificación.¹⁰ Hifas tabicadas y no tabicadas. Hongos sapro-
bios y parásitos. Ejemplos de cigomicetes, ascomicetes y basidiomicetes. *Rhizo-*
pus o moho negro del pan. Las levaduras. Su importancia biotecnológica: fabricación del pan, cerveza, vino. Champiñones y hongos en estante. *Penicillium* y la penicilina. Fabricación de quesos (roquefort).

Simbiosis de hongos con algas: los líquenes.

Hongos patógenos para el hombre (pie de atleta), animales y plantas.

5. LA BIOLOGIA A TRAVES DEL ESTUDIO DE LOS ANIMALES

Origen y clasificación de los animales. Invertebrados y vertebrados.

5.1. *Invertebrados*

E esponjas. Características. Ejemplo de animal sésil y prácticamente inmóvil.

Cnidarios o celenterados (“aguas vivas”, anémonas de mar y corales). Pólipos y medusas. El cnidocito y el nematocisto. Reproducción sexual y asexual. Estudio de la hidra. Los arrecifes de coral.

Platelmintos o gusanos planos (la planaria y la tenia o “lombriz solitaria”). Las planarias: aparato digestivo. Ocelos y esbozo de cefalización. Hermafroditismo y reproducción en planarias. Regeneración. Tenias. Parasitismo en humanos.

¹⁰ Debe recalcar que cuando vemos un hongo de sombrero (champiñón) lo que estamos viendo es el cuerpo de fructificación, es decir, la parte externa relacionada con la reproducción del cuerpo vegetativo del hongo formado por el micelio que está bajo tierra o “pudriendo” la madera.

Moluscos (almejas y mejillones, caracoles, babosas, calamares, pulpos). Características morfológicas de los moluscos: pie, masa visceral y manto. Sistema respiratorio: branquias. Sistema digestivo. La rádula. Las tres clases principales: bivalvos, gasterópodos y cefalópodos. Estudio particular de un animal de cada clase: almeja o mejillón, caracol de jardín y pulpo o calamar.

Anélidos o gusanos segmentados (lombrices de tierra). Segmentación y plan general del cuerpo de los anélidos. Gusanos marinos, lombrices de tierra y sanguijuelas. Estudio de la lombriz de tierra: sistema digestivo. Circulación, respiración, excreción. Sistema nervioso y reproducción (hermafroditismo en la lombriz de tierra). Papel de las lombrices de tierra en la trituración y aireación del suelo.

Artrópodos: insectos, arañas, ciempiés y cangrejos. Características generales: segmentación, apéndices articulados, exoesqueleto, metamorfosis. Rasgos internos. Cefalización. Ojos compuestos. Características de las principales clases de artrópodos. Arácnidos (arañas, garrapatas y escorpiones). Miriópodos (ciempiés y milpiés). Insectos. Características: tres regiones corporales, tres pares de patas, dos pares de alas. Reconocimiento de los principales ordenes de insectos: dípteros (moscas y mosquitos), lepidópteros (mariposas y polillas), himenópteros (abejas, avispas y hormigas), coleópteros (escarabajos y “vaquitas de San Antonio”), ortópteros (langostas). Comportamiento social de algunos insectos. Insectos vectores de agentes infecciosos: vinchuca y enfermedad de Chagas, mosquitos y paludismo. Reconocimiento y apreciación de las especies de artrópodos de la ciudad o área habitada por el alumno. Crustáceos (cangrejos, langostinos, camarones, langostas de mar, pulgas de agua). Estudio del langostino.

Equinodermos (estrellas y erizos de mar). Características de la estrella de mar. Simetría radial. Otros equinodermos: erizos de mar, dólares de arena, estrellas plumosas y pepinos de mar. Concepto de que los equinodermos son probablemente los parientes invertebrados más cercanos de los vertebrados.

5.2. *Los vertebrados*

Aparición de la columna vertebral. Características principales de las clases más importantes: peces cartilaginosos (tiburones y rayas), peces óseos, anfibios (ranas, sapos y salamandras), reptiles (tortugas, serpientes, lagartos y cocodrilos), aves y mamíferos.

Vertebrados extinguidos: dinosaurios. Características propias de los mamíferos: pelos, mamas, “sangre caliente”. Ornitorrincos. Marsupiales (canguros y comadrejas). Placentarios. Ejemplos de animales representativos de placentarios: ratón, perro, gato, tigre, delfín, ballena, murciélago, focas, lobos de mar, monos.

Reconocimiento y apreciación de las especies nativas e introducidas de los vertebrados de la ciudad o área habitada por el alumno.

Los primates. Monos (con cola) y antropomorfos (sin cola: orangután, gori-
la y chimpancé).¹¹ El hombre. Nociones sobre el origen y evolución del hombre.
Australopithecus, *Homo habilis*, *Homo erectus*, *Homo sapiens*. Los hombres
de Neanderthal y de Cro-Magnon.

6. LA BIOLOGIA A TRAVES DEL ESTUDIO DE LOS VERTEBRADOS Y, EN ES- PECIAL, DEL HOMBRE

6.1. *Nociones de embriología de los vertebrados*. Fecundación. Segmentación del
cigoto. Blástula y gástrula. Ejemplos del desarrollo del embrión de anfibio.

6.2. *Nociones de anatomía humana y fisiología*

6.2.1. *El esqueleto*. Huesos largos y planos. La médula ósea. Columna vertebral.
Los principales huesos de las extremidades, pelvis, tórax y cráneo. Inserciones de
los músculos. Estudio anatómico funcional de huesos, músculos, tendones y arti-
culaciones de *una* extremidad en particular (la anterior por ejemplo).

6.2.2. *La piel*. Dermis y epidermis. Glándulas sudoríparas. Pelos y uñas. Efectos
nocivos y protección de la radiación solar.

6.2.3. *Sistema digestivo*. La cavidad oral. Dientes y muelas. Estructura del diente.
Las denticiones. Higiene y cuidado de los dientes. La lengua. Saliva y glándulas sa-
livales. Faringe y esófago: la deglución. El estómago: almacenamiento y licuación.
El intestino delgado: digestión y absorción. Principales glándulas accesorias: pán-
creas e hígado. La bilis y la vesícula biliar. El intestino grueso: absorción ulterior
y eliminación. Peristaltismo. La materia fecal. Requerimientos nutricionales: los
aminoácidos esenciales y las vitaminas. Papel de la leche materna. Balance de la
dieta. Alimentos de origen animal y vegetal y su contenido en azúcares, proteínas,
grasas y vitaminas. Papel de las fibras en la dieta y cáncer de colon.

6.2.4. *Sistema respiratorio (ventilatorio)*. Laringe, tráquea, bronquios, bronquio-
los. Estructura alveolar del pulmón. Mecánica de la respiración. Transporte e in-
tercambio de gases. La hemoglobina y su función. El tabaco y el cáncer de pulmón.

¹¹ En español llamamos “monos” tanto a los monos como a los antropomorfos. En inglés, en cam-
bio, los monos son “*monkeys*” y los antropomorfos son “*apes*”. El docente debe estar al tanto de es-
to para que el término mono sea en este caso usado estrictamente.

6.2.5. *Sistema cardiovascular*. Los vasos sanguíneos: arterias, venas y sus capilares. El corazón. Circuitos principales del sistema cardiovascular humano. Automatismo. Nociones de enfermedades cardiovasculares, en relación con la alimentación y los hábitos de vida.

6.2.6. *Sistema excretor*. El riñón. Función del riñón: filtración, excreción, reabsorción.

6.2.7. *Reproducción*. Caracteres sexuales primarios y secundarios. Sistema reproductor masculino. Testículo, conducto deferente, uretra. El pene: erección y eyaculación. El semen. El prepucio y la circuncisión. El testículo como fuente de hormona sexual masculina. El sistema reproductor femenino. Ovario, trompa de Falopio, útero, vagina, vulva y clítoris. El ovario como fuente de hormona sexual femenina (estrógeno). El ciclo menstrual. Diferencia entre ovulación y menstruación. La progesterona. El acto sexual. Algunos métodos anticonceptivos: “píldoras”, diafragma con crema espermicida, preservativo (forro o condón), dispositivo intrauterino (DIU o “espiral”), ritmo y retiro (coito interrumpido). Enfermedades de transmisión sexual.

6.2.8. *Embarazo y parto*. Embarazo. Pruebas de embarazo. Cambios producidos durante el primero, segundo y tercer trimestre. La placenta. El cordón umbilical. Nacimiento. Contracciones del parto. Parto normal y cesárea. Responsabilidades de la pareja en la crianza y educación de los hijos.

6.2.9. *Inmunidad*. Defensas no específicas: fagocitosis por los macrófagos. Defensas específicas: el sistema inmune. Los órganos involucrados: bazo, timo, amígdalas y nódulos linfáticos. Concepto de antígeno y anticuerpo. Las vacunas.¹² Diferencia conceptual entre vacuna (inmunógeno) y “suero” (inmunidad pasiva). Reseña histórica sobre el desarrollo de las principales vacunas: antivariólica, antipoliomelíticas. La erradicación de la viruela. Enfermedades del sistema inmune: alergias y asma, el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA).

6.2.10 *Sistema endocrino*. Glándulas y hormonas. Glándulas exocrinas y endocrinas. Nociones de la acción de algunas hormonas.

¹² Es común escuchar que la gente confunde “inyección” con “vacuna”. Este es el momento de recalcar que “inyección” es una vía de inoculación para cualquier sustancia (por ej.: antibiótico, cocaína, analgésico, vacuna, etc.). Asimismo hay vacunas que no se administran por inyección, como, por ejemplo, la Sabin.

6.2.11. *Sistema nervioso*. La neurona. Sistemas nerviosos central y periférico. Sistema nervioso central: cerebro y médula espinal.¹³ Sustancia gris y sustancia blanca. Hemisferios izquierdo y derecho.

6.2.12. *Los sentidos*. Percepción sensorial. Los receptores de frío y calor, dolor y otros. El gusto. El olfato. El oído. Estructura del oído humano. Oídos externo, medio e interno. Tímpano. Huesecillos: martillo, yunque y estribo. El caracol: ventanas oval y redonda. Nervio auditivo. El oído y el equilibrio. La visión. Estructura del ojo humano. Córnea, iris y cristalino. Humores vítreo y acuoso. Formación invertida de la imagen. La fovea. Miopía y presbicia. El uso de anteojos. La retina. El nervio óptico.

7. COMPORTAMIENTO ANIMAL

Nociones de la diferencia entre comportamiento instintivo y aprendizaje y memoria en los animales.

Ejemplos de comportamientos: elección de pareja, cuidado de crías, obtención de alimento (tela de araña; simulación en la víbora de cascabel), demarcación de territorios, agresión, conductas sociales.

8. BIOLOGIA DE LAS POBLACIONES Y ECOLOGIA

Propiedades de las poblaciones. Las comunidades. Interacciones entre comunidades. Competencia por recursos. Concepto de nicho ecológico. Relaciones entre especies. Depredación. Simbiosis: parasitismo, mutualismo y comensalismo. Sucesión ecológica. Concepto de ecosistema. Factores físicos y bióticos. Factores físicos: la energía solar, cambios en la atmósfera, el clima. Flujo de energía. cadenas alimentarias o tróficas. Niveles tróficos: productores, consumidores primarios (herbívoros), consumidores secundarios (carnívoros) y detritívoros (carroñeros y descomponedores). Ciclos del agua, del carbono y del nitrógeno. Concentración de elementos. Contaminación ambiental. Impacto ambiental. Influencias negativas y positivas del hombre y sus actividades sobre los ecosistemas. La biosfera como ecosistema global. El ambiente acuático: la vida en los ríos, lagos, océanos y zonas

¹³ Es común escuchar que la gente confunde o no distingue entre médula ósea (tejido hematopoyético y/o graso) y médula espinal (sistema nervioso). El docente debe estar alerta sobre este problema.

litorales. El ambiente terrestre. Los biomas continentales: selvas, bosques templados, taiga, matorrales, sabanas, estepas, tundra, desiertos.

El uso racional de los recursos naturales para evitar su agotamiento.

9. PRINCIPIOS DE EVOLUCION

Evolución *versus* creacionismo.¹⁴ Los evolucionistas: Lamarck y Darwin. Darwin y el viaje del “Beagle”. Su paso por la Argentina. El registro fósil revela el camino de la evolución. Variación al azar *versus* herencia de caracteres adquiridos (Lamarck). Las mutaciones. La selección natural. El concepto de valor adaptativo de una mutación. Analogías y homologías. Ejemplos de estructuras análogas (ala de insecto/ala de murciélago) y homólogas (ala de murciélago/aletas de ballena-/miembros superiores del hombre; estambre/hoja).

Propuesta de trabajos prácticos para la EGB

Nota: tener en cuenta la edad del alumno. Ir de lo “visible” a lo “invisible”.

1. Desenterrar una planta y , observándola completa, describirla sin conocimientos previos de botánica.
2. Observar y describir un animal doméstico o del zoológico, sin conocimientos previos de zoología.
3. Bacterias y hongos. Exponer cápsulas con medio de cultivo apropiado al aire de la clase, del exterior o al aliento de los alumnos, incubar a 37°C o a temperatura ambiente. Observar los resultados a simple vista y al microscopio y sacar conclusiones.
4. ¿Qué pasa con la basura? Hacer recolectar a los alumnos distintos tipos de desperdicios (restos vegetales, animales, latas, plástico, vidrio, etc.), exponerlos al aire

¹⁴ El reconocimiento de que las especies evolucionan y de que no fueron creadas y puestas sobre la Tierra tal cual las encontramos en el presente, por uno o más seres sobrenaturales, es un avance espectacular de la ciencia del siglo XIX. El alumno debe tomar conciencia de este hecho más allá de que se sepa cuál es el mecanismo por el cual evolucionan.

por un período y observar las transformaciones sufridas. Cuáles se degradan y cuáles no y en qué forma. Sacar conclusiones.

5. Observar y describir la metamorfosis en anfibios (sapo).

6. Abrir huevos de gallina embrionados y no embrionados. Describir lo observado. Observar la eclosión.

7. Germinación del poroto o de otras semillas. Probar con porotos no remojados, remojados, previamente cocinados (hervidos y horneados). En distintos soportes: vaso con algodón, arena, tierra, etc. Describir día a día los cambios. Embrión y plántula. Detectar contaminaciones con hongos.

8. Salida “de campo” (plaza, parque, baldío, litoral de un río, arroyo o lago, playa), observar y describir la diversidad biológica. Distintos ambientes. Reconocer diferencias entre formas sésiles y móviles. Recolección de artrópodos y moluscos y toma de datos sobre las variables ambientales.

9. Observación de la metamorfosis de lepidópteros comunes capturados en estado larval y mantenidos en cautiverio.

10. Anatomía externa e interna (disección) de un insecto o de una lombriz de tierra.

11. Identificación mediante el uso de claves sencillas (elaboradas por el maestro, por ejemplo) de insectos o de moluscos.

12. Identificación mediante el uso de claves sencillas (elaboradas por el maestro, por ejemplo) de plantas vasculares.

13. Observación y reconocimiento de distintos tipos de frutos: vainas, bayas, drupas, etc.

14. Observación de asfixia (total o parcial) de larvas de mosquito privadas de acceso a la superficie del agua (tela o vidrio); ídem con una muy delgada capa aceitosa.

15. Estudio de órganos vegetales de reserva: tubérculos, rizoma, raíz tuberosa. Identificar si la sustancia de reserva es almidón por la reacción de coloración azul con yodo (lugol).

16. Estudio de la flor. Anteras, polen, ovario, óvulo. Comparación de distintos tipos de flores.
17. Probar con la reacción con iodo (lugol) que la harina contiene almidón y que los granos de trigo, maíz, etc. tienen almidón como reserva.
18. Ciclo biológico de un caracol de agua. Seguir los huevos hasta su eclosión.
19. Detectar, leer, comentar y coleccionar artículos de diarios y revistas que traten temas relacionados con las ciencias biológicas.
20. Anatomía externa e interna (disección) de un langostino.
21. Anatomía externa e interna (disección) de una rata.
22. Anatomía externa e interna (disección) de un sapo.

III. CONTENIDOS PARA LA EDUCACION POLIMODAL

1. LA BIOLOGIA COMO CIENCIA “EXACTA”

Átomos, moléculas y células. Cuestiones de tamaño.¹⁵ La medición (en este caso del tamaño) como una de las actividades intrínsecas de la ciencia. Las unidades de longitud que se usan en biología: metro, micrometro (micrón), nanometro y Angström. Ejemplos de los tamaños relativos de las moléculas de agua, de cloruro de sodio, de glucosa, de un aminoácido, de una proteína, de un bacteriófago, del virus de la viruela, de una bacteria, de una célula epitelial de mamífero, de una célula vegetal, de un oocito de sapo y de un huevo de ñandú. La materia: moléculas inorgánicas y orgánicas. Qué es la vida. En qué se diferencia una célula viva de cualquier otro conjunto de moléculas orgánicas e inorgánicas. Reproducción y metabolismo. El agua: componente mayoritario de las células y solvente universal. Sin agua no hay vida.

La biología descriptiva: su apogeo en los siglos XVIII y XIX. Lecturas seleccionadas sobre historia de la biología (generación espontánea, Robert Hooke, Louis Pasteur, etc.). La biología experimental: su expansión en la segunda mitad del siglo XX. La observación como eje de la biología descriptiva. La experimentación como un tipo estructurado de observación. Características de la experimentación: planteo de preguntas, elaboración de hipótesis, realización de los experimentos, reproducibilidad, experimentos “control”. Interpretación de los resultados. Influencia del experimentador sobre el objeto de estudio y en la interpretación de los resultados. Parcialidad y transitoriedad de las afirmaciones de la ciencia.

¹⁵ Ver nota 4.

2. BIOLOGIA CELULAR Y MOLECULAR

2.1. *Componentes moleculares de las células.* Teoría celular. Schleiden y Schwann. Principales sustancias orgánicas de la célula: hidratos de carbono (monosacáridos, polisacáridos), lípidos (triglicéridos, fosfolípidos, colesterol; grasas y aceites), proteínas (aminoácidos, unión peptídica, péptidos, estructuras primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria, enzimas), ácidos nucleicos (ADN, modelo Watson y Crick; ARN).

2.2. *Células procariotas.* Formación de la Tierra. Teorías sobre el origen de la vida. Células procariotas y eucariotas. El problema de la generación espontánea. Organismos uni y pluricelulares. Heterótrofos y autótrofos. Concepto de fotosíntesis. Bacterias: arqueobacterias y eubacterias. Morfologías (cocos, estafilococos, estreptococos, vibriones, bacilos, etc.). Cianobacterias (cianofitas). La célula bacteriana: pared celular de peptidoglicano, cromosoma circular desnudo, ribosomas 70S, flagelos macizos. Concepto de toxicidad selectiva de los antibióticos. Elementos del cultivo de bacterias: medios líquido y sólido, placas de Petri, medios “ricos” y mínimos. Anaerobiosis y aerobiosis. Concepto de esterilidad microbiológica. Esterilización y preservación de alimentos. Pasteurización. Métodos de esterilización. Enfermedades humanas causadas por bacterias: tuberculosis, cólera, sífilis, meningitis, tétanos, salmonelosis, etc.

2.3. *Células eucariotas.* Microscopios óptico y electrónico. Concepto de límite de resolución. Los microscopios son sólo una de las herramientas para el estudio de las células. Pueden observarse células vivas o muertas y teñidas (concepto de fijación, tinción, preparados). Tridimensionalidad de la célula *versus* bidimensionalidad de la observación microscópica.

Diferencias entre células animales y vegetales: pared celular celulósica, vacuolas, plástidos (cloroplastos, amiloplastos, cromoplastos). Paredes celulares de los hongos. Los hongos se parecen a las plantas pero no lo son: forman un reino aparte.

Membrana plasmática: composición química. Bicapa fosfolipídica y proteínas integrales y periféricas. Semipermeabilidad. Canales de membrana. Difusión de moléculas pequeñas. Difusión del agua: ósmosis. Medios hiper, iso e hipotónicos. Presión de turgencia en la célula vegetal.

Núcleo: membrana nuclear doble, poros. El nucleolo. Cromatina: DNA + histonas y proteínas no-histónicas. Hetero y eucromatina.

Cromosomas: su anatomía (centrómeros, brazos, cromátidas, telómeros, satélites; cromosomas telocéntricos y metacéntricos). Concepto de que los cromoso-

mas sólo se visualizan en la división celular, aunque conservan su individualidad en la interfase. División celular: ciclo celular (períodos G1, S, G2 y M). Duplicación del ADN: carácter semiconservativo.¹⁶ Mitosis: sus fases, huso mitótico, centro celular. Cariocinesis y citocinesis.

Citoplasma: ribosomas 80S. Organelos membranosos: retículo endoplasmático liso y rugoso, complejo de Golgi, lisosomas, mitocondrias. Citoesqueleto: microtúbulos y microfilamentos, cilios y flagelos, centriolos (su ausencia en células de vegetales superiores y en ciertas células animales, evidencias de que no son los formadores del huso). Citoesqueleto y movimiento celular: movimiento ameboideo, corrientes citoplasmáticas (ciclosis).

2.4. *Metabolismo*. Concepto de energía y sus diversas formas. Energía almacenada en compuestos orgánicos. Anabolismo. Catabolismo. Oxidaciones. Reducciones. Reacciones exergónicas y endergónicas. ATP. Moléculas aceptoras y dadoras de electrones y protones: NADH. Función de las enzimas. Concepto de que la mayoría de las enzimas son proteínas, pero que algunas enzimas son ARN (ribozimas). Glucólisis. Fermentación (alcohólica y láctica). Respiración. Funcionamiento de la mitocondria: ciclo de Krebs, cadena respiratoria (citocromos, oxígeno como aceptor final del poder reductor). Síntesis de ATP en la mitocondria: fosforilación oxidativa.¹⁷

Fotosíntesis. Naturaleza de la luz. Anatomía del cloroplasto: estroma, grana y tilacoides. La clorofila. Pigmentos accesorios. Concepto de transducción de energía. Etapa de captura de energía: fotosistemas, fotólisis del agua, fotofosforilación, productos primarios de la fotosíntesis (ATP y NADPH). Etapa de fijación del CO₂. Síntesis, transporte y almacenamiento de los productos fotosintéticos.

2.5. *Genética*. Meiosis y reproducción sexual. Fases de la meiosis. “*Crossing over*”. Concepto de haploide y diploide. Ubicación de la meiosis en los tres tipos de ciclos de vida: haplonte, diplonte y haplo-diplonte. Partenogénesis. Valor adaptativo del sexo.

Lo heredado y lo adquirido. Los experimentos de Mendel: reseña y perspectiva histórica. Leyes de Mendel: principios de segregación y de distribución inde-

¹⁶ No considero necesario dar el mecanismo enzimático de la duplicación del ADN. Bastará con que el alumno comprenda el carácter semiconservativo y que acepte que el proceso es enzimático y complejo.

¹⁷ Resultaría elevado para el nivel de la Educación Polimodal enseñar al acople quimioosmótico de Mitchell como mecanismo de la fosforilación oxidativa. Quedará a criterio del profesor y de la respuesta de los alumnos. De todos modos, de no enseñarse, será preferible no mencionar ningún otro mecanismo porque se correría el riesgo de introducir conceptos incorrectos.

pendiente. Genotipo y fenotipo. Concepto de locus y alelos. Recesividad y dominancia. Codominancia. Alelos múltiples. Genética de los grupos sanguíneos humanos A, B y O. Genes y cromosomas. Cromosomas sexuales y autosomas. Cariotipo. Determinación cromosómica del sexo (sistema XX, XY y gen sry en mamíferos). Determinación del sexo en aves. Caracteres ligados al sexo (ejemplos de hemofilia, y daltonismo).

Mutaciones: puntuales y de fragmentos cromosómicos (deleciones, inserciones, inversiones, translocaciones, duplicaciones). Concepto de ligamiento y recombinación.

2.6. *Flujo de información genética*. Dogma central: transcripción, traducción. Ruptura del dogma central: descubrimiento de la transcriptasa inversa en los retrovirus.¹⁸ Unidireccionalidad del flujo de información genética. Estructura de los genes: evolución del concepto de gen: “factores” de Mendel, unidades de recombinación, “un gen-una enzima”, “un gen-un polipéptido”, “un gen-varios polipéptidos”. El gen es un segmento de ADN sin límites físicos, sino informacionales. Estructura “partida” del gen eucariota: intrones y exones. Transcripción: regiones promotoras y fabricación del precursor del ARN mensajero. Eliminación de los intrones (“*splicing*”) en la formación del ARN mensajero maduro.

Síntesis de proteínas (traducción): ribosomas, ARNs de transferencia, incorporación de los aminoácidos. Tripletas codón y anticodón. Código genético. El carácter “no estrictamente” universal y la degeneración del código genético. Ejemplos de mutaciones que alteran la función de las proteínas. Enfermedades hereditarias.

Regulación de la expresión génica. Paradigma procariótico: el operón lactosa: genes estructurales y reguladores. Promotor, operador. Proteína represora. Inductor. Inducción enzimática. Concepto de diferenciación celular. Nociones de regulación de la expresión genética en eucariotas: interacciones proteína-ADN. Factores de transcripción. Metilación del ADN.¹⁹

2.7. *Los virus*: partículas nucleoproteicas desprendidas de las células. Bacteriófagos, virus animales y virus vegetales. Virus a ARN y virus a ADN. Virus con y sin envoltura membranosa. Anatomía y ciclo de vida de una bacteriófago (T4, por

¹⁸ Puede que éste sea el primer punto del programa donde el alumno se ponga en contacto con los retrovirus, familia a la cual pertenece el virus del SIDA. Los virus en general y el del SIDA en particular serán tratados más adelante.

¹⁹ Los temas tratados en 2.6. son un claro ejemplo donde lo conceptual debe prevalecer sobre lo informativo o lo mecánico. En ninguno de los procesos descritos se pretende ahondar en la bioquímica, o en la descripción de las proteínas o enzimas involucradas.

ejemplo): adsorción, inyección, eclipse, replicación, encapsidación y lisis. Concepto de que los virus no son en general ni procariotas ni eucariotas: por el ciclo de vida que desarrollan en la célula infectada los bacteriófagos serían procarióticos, en tanto que los virus vegetales y animales serían eucarióticos. Virus líticos y no líticos.

Enfermedades humanas causadas por virus: poliomelitis, viruela, rabia, gripe, resfríos, sarampión, herpes, varicela, hepatitis, papilomas, fiebre amarilla, fiebre hemorrágica argentina. Los retrovirus. El virus de la inmunodeficiencia humana (HIV) y el SIDA. Prevención. Concepto de que, a diferencia de las bacterianas, las enfermedades virales no son tratables con antibióticos.²⁰

Nociones de la existencia de elementos genéticos móviles (transposones) y de agentes infecciosos proteicos (priones).

Virus que producen cáncer. Genes involucrados en la transformación maligna: oncogenes. Cambios en el programa de diferenciación celular.

2.8. *Elementos de la tecnología del ADN recombinante o ingeniería genética.*

Clonado molecular. Enzimas de restricción. Vectores: plásmidos y genomas de virus. Hibridación de ácidos nucleicos: sondas moleculares. Concepto de que es posible secuenciar al ADN. Proyecto del genoma humano. Introducción de genes foráneos en bacterias y en células eucariotas. Generación de animales y plantas transgénicas. La “fotocopiadora de genes” en el laboratorio: reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Biotecnología: usos de la tecnología del ADN recombinante en la producción de fármacos (insulina, interferón, vacunas), el mejoramiento de plantas y animales y el diagnóstico médico.

3. CLASIFICACION DE LOS ORGANISMOS

Diversidad biológica. Necesidad de una clasificación. Concepto de especie. Nominación binomial de las especies. Linneo. El uso del latín para unificar. Problemas de nomenclatura. Principio de prioridad. Clasificación jerárquica: categorías y taxones. Ejemplos en vegetales y animales. Concepto de analogías y homologías. Taxonomía. Uso de claves dicotómicas. Ontogenia y filogenia. Clasificación de los seres vivos en cinco reinos: *Monera* (procariotas: bacterias y algas azul verdosas o

²⁰ Y que dado que los virus utilizan para replicarse a la maquinaria biosintética de la célula infectada, la mayoría de las drogas que interfieren con el ciclo de vida vital también afectan a las células no infectadas.

cianobacterias), *Protista* (el resto de las algas, protozoarios, mohos²¹ mucilaginosos y acuáticos), *Fungi* (hongos), *Plantae* (todas las plantas menos las algas) y *Animalia* (todos los animales, menos los protozoarios).²²

4. LA BIOLOGIA A TRAVES DEL ESTUDIO DE LOS PROTISTAS, LOS HONGOS Y LAS PLANTAS²³

4.1. *Las plantas*

4.1.1. *Morfología y fisiología de las plantas con flor*. La semilla: tegumentos y embrión (plúmula, cotiledones, hipocótilo, radícula). Germinación. Meristemas. Crecimiento primario.

Tejidos vegetales: fundamentales y de sostén (parénquima, colénquima y esclerénquima); vasculares (xilema y floema), protectores (epidermis, súber).

La raíz: estructura y modificaciones. Pelos radicales. Periciclo y endodermis (bandas de Caspari). Raíces secundarias y adventicias.

El vástago: yemas apicales y axilares. Dominancia apical. Multiplicación vegetativa. La poda.

La hoja: estructura, morfología, adaptaciones y modificaciones (catáfilas, espinas, etc.). Hojas simples y compuestas. Pecíolo. Especializaciones de la epidermis de la hoja: los estomas y el intercambio de gases.

El tallo: estructura. Tallos y vástagos modificados: bulbos, rizomas, tubérculos, etc. Diferencias entre las estructuras internas de tallos, raíces y hojas de monocotiledóneas y dicotiledóneas. Distinción entre meristemas primarios y secundarios.

²¹ Utilizo el término “moho” en vez de hongo para diferenciarlos de los hongos pertenecientes al reino *Fungi*. Los mohos acuáticos (Chitridiomycetes y Oomicetes) anteriormente se clasificaban con los hongos. La presencia de células reproductoras flageladas (que no existen en ninguno de los hongos) los ubica con los *Protista*.

²² Creo de fundamental importancia la utilización del sistema de cinco reinos, aceptado internacionalmente ya hace muchos años. En castellano, los cinco reinos podrían ser denominados: mone-ras, protistas, hongos, plantas (o metafitas) y animales (o metazoos). Es importante romper la tradicional dicotomía entre botánica y zoología, visualizar a los hongos como un reino aparte y a los protistas como los representantes eucarióticos actuales de los grupos que dieron origen a los otros tres reinos eucarióticos.

²³ Desde el punto de vista evolutivo correspondería comenzar con el estudio de los protistas, siguiendo por los hongos y luego las plantas. Sin embargo, considero más didáctico empezar esta sección con el estudio de las plantas, organismos más conspicuos y familiares para el alumno.

Crecimiento secundario de raíz y tallo: cambium y felógeno (o cambium suberoso). Xilema y floema secundarios. La madera. Duramen y albura. El corcho. Anillos de crecimiento de la madera. El papel. Su reciclado y el cuidado de los recursos forestales.

Fisiología vegetal. Transporte de agua y minerales por el xilema. Transpiración y teoría de la cohesión-tensión. Transporte de sustancias orgánicas (azúcares) por el floema. El floema está constituido por células vivas. La célula acompañante o anexa. Placas cribosas.

Fotosíntesis.²⁴ Absorción de sales minerales del suelo por la raíz. Diferencia entre nutrientes y alimentos. El suelo. Ciclo del nitrógeno. Fijación del nitrógeno por bacterias de vida libre. Fijación simbiótica del nitrógeno: simbiosis *Rhizobium*-raíces de leguminosas. Inoculantes. Rotación de los cultivos.

Fototropismo. Hormonas vegetales y regulación del crecimiento: auxinas y otras. Principios del uso de herbicidas y defoliantes. Geotropismo. Fotoperiodicidad y floración. Fitocromos.

4.1.2. *Diversidad, clasificación y reproducción de las plantas.*²⁵ Repaso del ciclo de vida haplodiplonte (alternancia de generaciones: gametofito y esporofito).

División Briofitas: musgos y hepáticas. Ausencia de tejidos vasculares y de raíces y tallos verdaderos (talo). Ciclo de vida de los musgos: gametofito de vida libre, gametangios, espermatozoides flagelados, necesidad del agua para la fecundación, esporofito dependiente del gametofito. Formación de esporas (meiosis).

División Pterofitas: helechos. Aparición del sistema vascular. Ciclo de vida. Predominancia del esporofito. Soros, esporangios y dispersión de esporas. Protalo (gametofito) de vida libre. Gametangios. Espermatozoides móviles y dependencia del agua para la fecundación. Nociones de la existencia de otras divisiones vivientes de helechos (licopodios y colas de caballo).

Las gimnospermas: división coniferofitas (coníferas). Ciclo de vida. Aparición del óvulo y la semilla. Conos femenino y masculino. Grano de polen. Tubo polínico. Gametofito reducido y dependiente del esporofito. Las coníferas autóctonas argentinas: araucarias, ciprés de la cordillera, podocarpos. Los pinos, abetos y ci-

²⁴ Ya fue vista en 2.4. Aquí deberían verse los aspectos fisiológicos de la fotosíntesis, su rol en la generación de oxígeno.

²⁵ Se ve ahora un pantallazo de las características morfológicas, sistemática y ciclos de vida de los distintos grupos de plantas desde las briofitas hasta las angiospermas.

preses son originarios del hemisferio norte. Nociones de la existencia de otras divisiones de gimnospermas: cicas, ginkgos y gnetales.

Las angiospermas (plantas con flor): división antofitas. Aparición del ovario. La flor: cáliz, corola, androceo y gineceo. Flores bi y unisexuales. Plantas monoicas y dioicas. Caracteres de importancia taxonómica: simetría, posición del ovario, placentación, tipos de inflorescencias. Alternancia de generaciones en las angiospermas. Polen. Diferencia entre polinización y fecundación. Agentes de polinización: viento, agua, insectos, aves y murciélagos. Tubo polínico: independencia del agua para la fecundación. Ovulo y saco embrionario (antípodas, sinérgidas y ovocélula). Triple fusión: formación del embrión (2n) y del endosperma (3n). Formación de frutos. Distintos tipos de frutos: cápsulas, bayas, drupas, pomos, vainas. Adaptaciones para la dispersión de las semillas. Diferencias entre monocotiledóneas y dicotiledóneas. uso de claves para la identificación de las familias más importantes de monocotiledóneas y dicotiledóneas. El herbario: su uso e importancia. Reconocimiento y apreciación de las especies espontáneas y cultivadas en la ciudad o área habitada por el alumno. Las especies de árboles plantadas en las ciudades (nativas de nuestro país: jacarandá, lapacho, seibo, palo borracho, tipa; e introducidas: plátano, olmo, tilo, álamo, eucalipto, paraíso, etc.). Reconocimiento y origen geográfico de las plantas utilizadas por el hombre: trigo, maíz y otros cereales, papa, tomate, café, cacao, tabaco, frutas (manzana, cítricos, duraznos y otras drupas, banana), frutos compuestos (frutillas, moras). Reconocimiento de plantas ornamentales. Concepto de maleza. Tala de selvas para tierras de cultivo. Desertización.

4.2. *Los protistas*. El origen de los eucariotas. La teoría endosimbionte sobre el origen evolutivo de mitocondrias y cloroplastos.

4.2.1. *Protistas autótrofos fotosintetizadores*: euglenas, dinoflagelados y las divisiones agrupadas como algas: crisofitas (algas pardoamarillentas, diatomeas), clorofitas (algas verdes), feofitas (algas pardas) y rodofitas (algas rojas). Los pigmentos presentes en los plástidos de las algas: clorofilas, carotenos, fucoxantinas y ficobilinas. Algas unicelulares, coloniales, filamentosas y talosas con especializaciones tisulares y anatómicas (feofitas). Algas marinas y de agua dulce. Ejemplos de los principales grupos y ciclos de vida. Conjugación.

4.2.2. *Protistas heterótrofos unicelulares*: los protozoos. Las especializaciones celulares: vacuolas pulsátiles, citostoma, movimiento ameboide, macro y micronúcleos, caparazones calcáreos y silíceos. Los cuatro grandes fila: mastigóforos (flagelados), sarcodina (amebas), cilióforos (ciliados), esporozoos (parásitos sin cilios)

ni flagelos). Ejemplos de flagelados parásitos: tripanosomas africanos y enfermedad del sueño. *Trypanosoma cruzi*: ciclo de vida y enfermedad de Chagas. Enfermedad de Chagas en la Argentina y América: condiciones habitacionales y pobreza. Ejemplos de sarcodinos: amebas, foraminíferos y radiolarios. Ejemplos de ciliados: el paramecio, conjugación, quimiotaxis. Ejemplos de esporozoos: *Plasmodium*. Ciclo de vida y paludismo.

4.3. *Los hongos (fungi)*. Características de los hongos: pared celular de quitina, hifas, micelio, estructuras reproductivas, reproducción sexual y asexual, conidios, esporas y cuerpos de fructificación. Hifas tabicadas y no tabicadas. Hongos saprobios y parásitos. Clasificación de los hongos en cuatro divisiones: Zygomycota (zigomicetes), Ascomycota (ascomicetes), Basidiomycota (basidiomicetes) y Deuteromycota (deuteromicetes u hongos imperfectos).

Características y ciclo de vida de un cigomicete: *Rhizopus* o moho negro del pan.

Características y ciclo de vida de los ascomicetes. Ascus y ascosporas. Ascocarpios. *Neurospora* (moho rosado del pan). Cornezuelo del centeno (*Claviceps purpurea* o ergot) y ergotismo. LSD. Las levaduras: ascomicetes unicelulares. Su importancia biotecnológica: fabricación del pan, cerveza, vino. Las levaduras como modelo genético y de biología molecular e ingeniería genética.

Características y ciclo de vida de los basidiomicetes. Basidios y basidiosporas. Basidiocarpos. Hongos de sombrero (champiñones), hongos en estante o escalera, royas y carbones.

Hongos de los cuales se desconoce su reproducción sexual: deuteromicetes. *Penicillium* y la penicilina. Fabricación de quesos (roquefort). Obtención de ciclosporina.

Simbiosis de hongos con algas o cianobacterias: los líquenes. Sus características y su papel inicial en la formación del suelo. Hongos patógenos para el hombre (pie de atleta, candidas, histoplasma), animales y plantas. Micorrizas.

5. LA BIOLOGIA A TRAVES DEL ESTUDIO DE LOS ANIMALES

Origen y clasificación de los animales. Disposiciones básicas de las capas celulares de los animales y presencia de celoma. Animales diblásticos. Animales triblásticos: ectodermo, mesodermo, y endodermo. Acelomados, pseudocelomados y celomados.

Clasificación de los animales en invertebrados (parazoos y eumetazoos excluyendo a los cordados) y vertebrados (eumetazoos cordados).

5.1. Subreino Parazoa

Phylum Porifera (esponjas). Los coanocitos y el origen protista de las esponjas. Morfología, fisiología y reproducción. Las cuatro clases: Calcispongiae, Hexactinellida, Demospongiae y Sclerospongiae.

5.2. Subreino Eumetazoa

5.2.1. Animales con simetría radial

Phylum Cnidaria (los cnidarios o celenterados: las “aguas vivas”, anémonas de mar y corales). Animales diblásticos. Pólipos y medusas. Epidermis, gastrodermis y mesoglea. El cnidocito y el nematocisto. Las tres clases: Hydrozoa, Scyphozoa y Anthozoa. Morfología, ciclos de vida y ejemplos. Los arrecifes de coral.

5.2.2. Animales con simetría bilateral

5.2.2.1. Acelomados

Phylum Platyhelminthes (platelmintos o gusanos planos: la planaria y la tenia o “lombriz solitaria”). Morfología, fisiología y reproducción. Clases Turbellaria, Trematoda y Cestoda. Las planarias: aparato digestivo, sistemas nervioso y excretor (protonefridios). Ocelos y esbozo de cefalización. Hermafroditismo y reproducción en planarias. Regeneración. Trematodes y cestodes (tenias). Parasitismo en humanos. Esquistosomiasis. Hidatidosis.

5.2.2.2. Pseudocelomados

Phylum Nematoda (nematodos o gusanos cilíndricos). Caracteres generales. Enfermedades causadas por nematodos parásitos: *Enterobius*, triquinosis (*Trichinella*), lombrices intestinales (*Ascaris*), filariasis (*Filaria*). *Caenorhabditis elegans* como modelo biológico de desarrollo, diferenciación celular, genética y biología molecular.

5.2.2.3. Celomados

Principios del desarrollo embrionario de los celomados. Destino del blastoporo. Diferencias entre protóstomos y deuteróstomos.

5.2.2.3.1. Protóstomos

Phylum Mollusca (moluscos: almejas y mejillones, caracoles, babosas, calamares, pulpos). Características morfológicas de los moluscos: pie, masa visceral y manto. Sistema circulatorio abierto. Sistema respiratorio: branquias. Sistema digestivo. La rádula. Sistema excretor y regulador hídrico (metanefridios). Sistema

nervioso de posición ventral. Reproducción. La larva trocófora. Las tres clases principales: bivalvos, gasterópodos y cefalópodos. Estudio particular de un animal de cada clase: almeja o mejillón, caracol de jardín y pulpo o calamar.

Phylum Annelida (anélidos o gusanos segmentados: lombrices de tierra). La larva trocófora y el origen evolutivo común de moluscos y anélidos y otros. Segmentación y plan general del cuerpo de los anélidos. Clases: poliquetos (gusanos marinos), oligoquetos (lombrices de tierra), e hirudíneos (sanguijuelas). Estudio de la lombriz de tierra: sistema digestivo. Circulación, respiración, excreción. Sistema nervioso y reproducción (hermafroditismo en la lombriz de tierra).

Phylum Arthropoda (artrópodos: insectos, arañas, ciempiés y cangrejos). Características generales: segmentación, apéndices articulados, cutícula de quitina y exoesqueleto, tagmatización, metamorfosis. Rasgos internos: sistema circulatorio abierto, sistema respiratorio (branquias, tráqueas y filotráqueas), excreción, sistema nervioso ganglionar ventral. Cefalización. Especializaciones del sistema nervioso de los artrópodos: ojos compuestos, receptores táctiles, propioceptores, comunicación por sonidos, feromonas. Subdivisiones del phylum: quelicerados y mandibulados. Características morfológicas, fisiológicas y reproductivas de las principales clases de artrópodos. Clase arácnidos (arañas, garrapatas, ácaros y escorpiones). Clase crustáceos (cangrejos, langostinos, camarones, langostas de mar, pulgas de agua, percebes). Estudio del langostino. Mandibulados terrestres. Miriápodos: clase quilópodos (ciempiés) y clase diplópodos (milpiés). Clase insectos. Características de los insectos: tres regiones corporales, tres pares de patas, dos pares de alas. Sistemas digestivo, excretor y respiratorio. Ciclo biológico: ejemplos de metamorfosis, mudas e intermudas. Control hormonal: ecdisona y hormona juvenil. Reconocimiento de los principales ordenes de insectos: dípteros (moscas, jejenes y mosquitos), lepidópteros (mariposas y polillas), himenópteros (abejas, avispas y hormigas), coleópteros (escarabajos y “vaquitas de San Antonio”), ortópteros (langostas). Comportamiento social de algunos insectos. Comunicación animal. Ejemplo en el lenguaje de las abejas. Insectos vectores de agentes infecciosos: vinchuca y enfermedad de Chagas, mosquitos y paludismo. *Drosophila melanogaster* como organismo modelo de genética y biología molecular. Reconocimiento y apreciación de las especies de artrópodos de la ciudad o área habitada por el alumno. El uso de insecticidas químicos y sus potenciales efectos tóxicos sobre otras especies. Control biológico de plagas.

5.2.2.3.2. *Deuteróstomos*

Phylum Echinodermata (equinodermos: estrellas y erizos de mar). Larvas con simetría bilateral. El carácter secundario de la simetría radial. Características de la estrella de mar. Plan corporal pentamérico. Sistema vascular acuífero. Pies ambulacrales. Aparato digestivo. Otros equinodermos: erizos de mar, dólares de arena, estrellas plumosas y pepinos de mar.

Phylum Chordata (cordados). Características: notocorda, tubo nervioso dorsal, faringe con hendiduras branquiales, apéndice postanal (cola). Los tres subfilos de los cordados: cefalocordados, urocordados y vertebrados. Características de los cefalocordados (lancetas): notocorda presente en larva y adulto. Los urocordados (tunicados). “Papas de mar”: larvas de vida libre, adultos sésiles, pérdida de la notocorda, túnica celulósica, gran faringe con hendiduras branquiales.

Los vertebrados

Subphylum vertebrados. Aparición de la columna vertebral. Características principales de las distintas clases: agnatos (lampreas o peces sin mandíbula), condriactios (peces cartilagosos: tiburones y rayas), osteictios (peces óseos), anfibios (ranas, sapos y salamandras), reptiles (tortugas, serpientes, lagartos y cocodrilos), aves y mamíferos. Neotenia en el origen de los vertebrados. Aparición de la mandíbula a partir de arcos branquiales. La transición a la tierra: peces pulmonados antecesores de los anfibios. Anfibios anuros (pierden la cola en el adulto) y urodelos (conservan la cola en el adulto). Metamorfosis de los anfibios. Los reptiles y la aparición del embrión amniota. Evolución de los reptiles. Dinosaurios: teorías sobre su homeotermia y causas de extinción. El origen reptiliano de las aves y los mamíferos. Homeotermia de aves y mamíferos. Mamíferos. Características de las subclases: monotremas (ornitorrincos), marsupiales (canguros y comadrejas) y placentarios. Ejemplos de órdenes representativos de la diversidad de los mamíferos placentarios: roedores, carnívoros, artiodáctilos, cetáceos, quirópteros, primates. Reconocimiento y apreciación de las especies nativas e introducidas de los vertebrados de la ciudad o área habitada por el alumno.

Características propias de los primates. Líneas de evolución de los primates: prosimios (lemures), monos (con cola) y antropomorfos (sin cola: gibón, orangután, gorila y chimpancé).²⁶ El hombre. Nociones sobre el origen y evolución de los homínidos y del hombre. *Australopithecus*, *Homo habilis*, *Homo erectus*, *Homo sapiens*. Los hombres de Neanderthal y de Cro-Magnon.

6. LA BIOLOGÍA A TRAVÉS DEL ESTUDIO DE LOS VERTEBRADOS Y, EN ESPECIAL, DEL HOMBRE

6.1. *Histología y embriología*. Tejidos epitelial, conectivo, muscular y nervioso. Origen embriológico de los tejidos.

²⁶ Ver nota 11.

Nociones de embriología de los vertebrados. Fecundación. Segmentación del cigoto. Blástula, gastrulación y gástrula. Formación del arquenterón. Formación del tubo neural. Somitos y formación del celoma. Estudio del desarrollo de los embriones de anfibio, de pollo y humano. Los anexos extraembrionarios: saco vitelino, alantoides, amnios y corion. La Blástula en los mamíferos: el blastocisto. Diferencias entre desarrollo, diferenciación celular y formación de patrones. La placenta. Control del desarrollo: los genes homeóticos y los animales segmentados. Los modelos biológicos para el estudio del desarrollo: la mosca *Drosophila*, la rana *Xenopus*, el pollo y el ratón.

Tejido epitelial. Epitelios simples, estratificados y pseudoestratificados. Epitelios ciliados. La epidermis de la piel. Las glándulas.

Tejido conectivo: células y matriz extracelular. Las fibras de colágeno. Tejido óseo. Cartílago. Sangre y linfa. La sangre: plasma, glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas. Grupos sanguíneos y transfusiones. Composición del plasma. Proteínas del plasma: fibrinógeno, albúmina, globulinas. El suero sanguíneo. La coagulación de la sangre.

Tejido muscular: músculo estriado y músculo liso. El músculo cardíaco. Microscopía electrónica de la fibra muscular estriada. Miofibrillas. El sarcómero (bandas A e I, zona H, línea M, línea Z). Nociones sobre el mecanismo de contracción muscular: actina, miosina.

Tejido nervioso. La neurona. Cuerpo celular, dendritas y axones. Tipos de neuronas: sensitivas, interneuronas, relay y motoras. El impulso nervioso: potencial de acción. Bombas de iones a través de la membrana de la neurona. Propagación del impulso. Sinapsis. Neurotransmisores (noradrenalina, acetilcolina). Vesículas sinápticas y receptores para neurotransmisores. Los neuromoduladores: las endorfinas (opiáceos endógenos).

6.2. *Nociones de anatomía humana y fisiología*

6.2.1. *El esqueleto*. Huesos largos y planos. La médula ósea. Columna vertebral. Morfología de las vértebras. Discos intervertebrales. Estudio de los principales huesos de las extremidades, pelvis, tórax y cráneo. Inserciones de los músculos: tendones y aponeurosis. Estudio anatómico funcional de huesos, músculos, tendones y articulaciones de *una* extremidad en particular (la anterior por ejemplo).

6.2.2. *La piel*. Dermis y epidermis. Glándulas sudoríparas. Pelos y uñas. Efectos nocivos y protección de la radiación solar.

6.2.3. *Sistema digestivo*. La cavidad oral. Dientes y muelas. Estructura del diente.

Las denticiones. Higiene y cuidado de los dientes. La lengua. Saliva y glándulas salivales. Faringe y esófago: la deglución. El estómago: almacenamiento y licuación. Secreción de HCl y pH ácido. El intestino delgado: digestión y absorción. El duodeno. Características del enterocito: uniones celulares, microvellosidades. Principales glándulas accesorias: páncreas e hígado. La bilis y la vesícula biliar. Principales enzimas digestivas de origen salival, gástrico, pancreático e intestinal. El intestino grueso: absorción ulterior y eliminación. Peristaltismo. Requerimientos nutricionales: los aminoácidos esenciales y las vitaminas. Papel de la leche materna. Balance de la dieta. Papel de las fibras en la dieta y cáncer de colon.

6.2.4. *Sistema respiratorio (ventilatorio)*. Laringe, tráquea, bronquios, bronquiolos. Estructura alveolar del pulmón. Mecánica de la respiración. Difusión y presión parcial de los gases. Transporte e intercambio de gases. La hemoglobina y su función. El tabaco y el cáncer de pulmón.

6.2.5. *Sistema cardiovascular*. Los vasos sanguíneos: arterias, venas y sus capilares. El corazón. Características del tejido muscular cardíaco. Circuitos principales del sistema cardiovascular humano. El latido cardíaco: nodos sinoauricular y auriculoventricular, haz de His. Automatismo. Electrocardiograma. Presión sanguínea. Nociones de enfermedades cardiovasculares, en relación con la alimentación y los hábitos de vida.

6.2.6. *Sistema excretor*. Balance hídrico. El riñón. El nefrón: glomérulo renal, cápsula de Bowman, túbulo contorneado proximal, asa de Henle, túbulo contorneado distal, conducto colector. Uréteres, vejiga y uretra. Función del riñón: filtración, excreción, reabsorción. Control hormonal de la función renal: hormona antidiurética (ADH). Concepto de homeostasis.

6.2.7. *Reproducción*. Caracteres sexuales primarios y secundarios. Sistema reproductor masculino. Testículo, epidídimo, conducto deferente, glándulas accesorias, la próstata. El pene: erección y eyaculación. El semen. Diferencia entre esterilidad masculina e impotencia. El prepucio y la circuncisión. Morfología del espermatozoide. Espermatogénesis. El papel de las hormonas hipofisarias: LH y FSH. El testículo como glándula endocrina: hormonas sexuales (testosterona). El sistema reproductor femenino. Ovario, trompa de Falopio, útero, vagina, vulva y clítoris. Ovogénesis. El papel de las hormonas hipofisarias: LH y FSH. El ovario como glándula endocrina: hormonas sexuales (estradiol). El ciclo menstrual. Cambios en el útero. Diferencia entre ovulación y menstruación. La progesterona. El acto sexual. Orgasmo masculino y femenino. Los métodos anticonceptivos: vasectomía, ligamiento de trompas, "píldoras", diafragma con crema espermicida, preser-

vativo (forro o condón), dispositivo intrauterino (DIU o “espiral”), ritmo y retiro (coito interrumpido). Enfermedades de transmisión sexual.

6.2.8. *Embarazo y parto*. Embarazo. Pruebas de embarazo. Cambios producidos durante el primero, segundo y tercer trimestre. Aborto espontáneo y provocado. La placenta. El cordón umbilical. Nacimiento. Contracciones del parto. Oxitocina. Parto normal y cesárea. Responsabilidades de la pareja en la crianza y educación de los hijos.

6.2.9. *Inmunidad*. Defensas no específicas: barreras anatómicas, reacciones inflamatorias, interferón y acción antiviral. Defensas específicas: el sistema inmune. Los órganos involucrados: bazo, timo, amígdalas y nódulos linfáticos. El antígeno. Los linfocitos. El macrófago. La inmunidad humoral: linfocitos B y anticuerpos. Nociones de la estructura de los anticuerpos (inmunoglobulinas) y del modelo de selección clonal.²⁷ Los linfocitos T y la inmunidad mediada por células (inmunidad celular). Los linfocitos CD4 (colaboradores) y CD8 (citotóxicos). Rechazo de injertos. El papel de las moléculas del complejo mayor de histocompatibilidad. Las diferencias entre los individuos. El uso de los tipos de moléculas de histocompatibilidad en la determinación de lazos biológicos: ejemplos de su uso en la identificación de los hijos de los desaparecidos.

Las vacunas.²⁸ Diferencia conceptual entre vacuna (inmunógeno) y “suero” (inmunidad pasiva). Reseña histórica sobre el desarrollo de las principales vacunas: antivariólica, antipoliomelíticas. La erradicación de la viruela. Enfermedades del sistema inmune: alergias y asma, el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA).

6.2.10. *Sistema endocrino*. Glándulas y hormonas. Hormonas y neurotransmisores. Variada naturaleza química de las hormonas: proteínas, aminoácidos modificados, esteroides, catecolaminas. Sitio de acción de las hormonas: células “blanco”. Hormonas que ejercen su efecto sobre la membrana o en el interior de la célula. Concepto de receptor hormonal. Nociones sobre mecanismo de acción de

²⁷ Aquí no se pretende un conocimiento detallado de la genética de la formación de anticuerpos ni de las interacciones celulares, hormonales y de interleukinas. Lo más importante y conceptual es la noción de la preexistencia de linfocitos B que presentan en su membrana una inmunoglobulina ya formada, la cual “encaja” con el antígeno, y que de la unión de ambos se produce un fenómeno de proliferación (división celular) selectiva de ese y no otro linfocito B. En pocas palabras reafirmar la noción de selección natural.

²⁸ Ver nota 12.

las hormonas. Concepto de segundos mensajeros: AMP cíclico, Ca^{++} , etc.; Nociones de mecanismo de retroalimentación negativa (*feed back*). Glándulas exocrinas y endocrinas. Acción principal de las siguientes hormonas. Hipófisis: hormona de crecimiento (somatotropina), estimuladora de la tiroides (TSH), adrenocorticotrópica (ACTH), foliculoestimulante (FSH) y luteinizante (LH). Hipotálamo: oxitocina y hormona antidiurética (ADH). Tiroides: tiroxina y triyodotironina. Páncreas: insulina y glucagón. Ovario: estrógenos y progesterona. Testículos: testosterona.

6.2.11. *Sistema nervioso*. Repaso de la neurona. Sistemas nerviosos central y periférico. Núcleos, tractos y nervios. La vaina de mielina, célula de Schwann. Sistema nervioso central: cerebro y médula espinal.²⁹ Sustancia gris y sustancia blanca. Divisiones del encéfalo: telencéfalo (cerebro), diencefalo (hipotálamo y tálamo), tallo cerebral (médula, puente y mesencéfalo) y cerebelo. La corteza cerebral. Cortezas motora y sensorial. Hemisferios izquierdo y derecho. Nociones de aprendizaje y memoria. La enfermedad de Alzheimer. La actividad eléctrica del cerebro: electroencefalogramas.

Sistema nervioso periférico. Nervios craneales y espinales. Fibras motoras y sensoriales. Ganglios de la raíz dorsal. Arcos reflejos: neuronas sensoriales, interneuronas y neuronas motoras. Sistema periférico motor: subdivisión en somático y autónomo (involuntario). Subdivisiones del sistema autónomo: simpático y parasimpático. Neurotransmisores. Efectos sobre: apertura de pupila, salivación, contracción bronquial, latido cardíaco, secreciones gástricas, pancreáticas y biliares, erección y eyaculación.

6.2.12. *Los sentidos*. Percepción sensorial. Los receptores sensoriales: mecanorreceptores, quimiorreceptores, fotorreceptores, receptores de frío y calor, dolor y otros. Quimiorrecepción. El gusto. Receptores gustativos. El olfato. Epitelio olfativo: células basal, olfativa (con cilias) y de soporte (con microvellosidades). Mecanorrecepción: equilibrio y audición. Estructura del oído humano. Oídos externo, medio e interno. Tímpano. Huesecillos: martillo, yunque y estribo. El caracol: ventanas oval y redonda. Organo de Corti. Nervio auditivo. Los canales semicirculares y el equilibrio. Trauma acústico irreversible provocado por sonidos de alta intensidad. Fotorrecepción: la visión. Estructura del ojo humano. Córnea, iris y cristalino. Humores vítreo y acuoso. Formación invertida de la imagen. La fovea. El enfoque por el cristalino. Miopía y presbicia. El uso de anteojos. La retina. Disco óptico (punto ciego). Bastones y conos. Carácter evertido de la retina de los ver-

²⁹ Ver nota 13.

tebrados: la luz debe atravesar primero varias capas de neuronas antes de alcanzar a las células fotorreceptoras. Pigmentos visuales. Rodopsina y captura de luz. Transducción de la señal luminosa en impulso nervioso.³⁰ El nervio óptico.

7. COMPORTAMIENTO ANIMAL

Comportamiento rígido. Patrones fijos de comportamiento. Instinto. Enfoques vitalista y científico. Valor adaptativo del instinto y limitaciones. Comportamiento plástico. Memoria. Adquisición, almacenaje y evocación. Memorias corta y larga. Consolidación. Experimentos sobre aprendizaje y memoria animal. Valor adaptativo de la memoria.

Ejemplos de comportamientos. Reproductor: competencia y selección intrasexual (plumaje en los pájaros, cola de la tijereta, señales luminosas en la luciérnaga). Conducta parental: cuidado de crías, inversión de tiempo y energía en el cuidado de la descendencia. Conductas relacionadas con la obtención de alimento: tela de araña; simulación en la víbora de cascabel. Conducta territorial: canto en los pájaros, demarcación de territorios. Agresión: conductas de dominio y sumisión, conductas sociales.

Evidencias de comportamientos instintivos en el hombre: sensibilidad ante las formas “infantiles”, temor a insectos y serpientes.

8. BIOLOGIA DE LAS POBLACIONES Y ECOLOGIA

Propiedades de las poblaciones. Tipos de curvas de crecimiento: exponencial y sigmoidea. Tasas de natalidad y mortalidad. Regulación del tamaño y de la densidad de la población. Factores dependientes e independientes de la densidad. Estrategias reproductivas: k y r , posibilidades intermedias. Las comunidades. Interacciones entre comunidades. Competencia por recursos. Concepto de nicho ecológico. Exclusión competitiva. Depredación. Simbiosis: parasitismo, mutualismo y comensalismo. Sucesión ecológica. Concepto de ecosistema. Factores físicos y bióticos.

³⁰ Hoy en día es mucho lo que se sabe a nivel molecular del fenómeno de transducción (rodopsina, transducina, GMP cíclico, etc.). El fenómeno es complejo y requiere de conocimientos bioquímicos que exceden los de la Educación Polimodal. No creo necesario profundizar a tal nivel. Sin embargo, nuevamente, será mejor no explicar el mecanismo de transducción antes que enseñar uno incorrecto.

Factores físicos: la energía solar, cambios en la atmósfera, el clima. Flujo de energía. cadenas alimentarias o tróficas. Niveles tróficos: productores, consumidores primarios (herbívoros), consumidores secundarios (carnívoros) y detritívoros (carroñeros y descomponedores). Eficiencia de la transferencia de energía. Estructura de los ecosistemas. Ciclos del agua, del carbono, del nitrógeno y de los minerales. Concentración de elementos. Contaminación ambiental: eutrofización acelerada y distrofia. Impacto ambiental. Influencias negativas y positivas del hombre y sus actividades sobre los ecosistemas. La biosfera como ecosistema global. El ambiente acuático: la vida en los ríos (ambientes lóticos), lagos (ambientes lénticos), océanos y zonas litorales. El ambiente terrestre. Los biomas continentales: selvas, bosques templados, taiga, matorrales, sabanas, estepas, tundra, desiertos.

El uso racional de los recursos naturales para evitar su agotamiento.

9. PRINCIPIOS DE EVOLUCION

Evolución *versus* creacionismo.³¹ Los evolucionistas: Lamarck, Lyell y Darwin. Darwin y el viaje del “Beagle”. Su paso por la Argentina (Pcia. de Buenos Aires, Patagonia, Malvinas, Tierra del Fuego y cruces de la cordillera). El registro fósil revela el camino de la evolución. Concepto de población y de especie. Variabilidad en las poblaciones. El origen de la variabilidad genética: variación al azar *versus* herencia de caracteres adquiridos (Lamarck). Las mutaciones. El sexo como generador de variabilidad. La selección natural. El concepto de valor adaptativo de una mutación. Concepto de que un carácter puede tener valor adaptativo positivo en un medio ambiente dado, y neutro en otro. El sentido particular que tiene en biología la palabra “adaptación”.³² La selección natural actúa sobre el fenotipo completo. El carácter preponderantemente “pacífico” de la selección natural (reproducción diferencial): desmitificación de la competencia “belicosa” como el motor de la evolución. Ontogenia y filogenia. Ejemplos de evolución por selección: la po-

³¹ Ver nota 14.

³² Considero extremadamente importante en esta etapa de la educación confrontar las ideas intuitivas voluntaristas y teleológicas de adaptación que trae el alumno. Debe diferenciarse la adaptación de un individuo a una situación o medio ambiente (evento ontogenético sin consecuencias mayores sobre la herencia), de la “adaptación” de las especies (evento filogenético, producto de la selección natural) cuyo resultado se asemeja a la adaptación individual. Si se logra que el alumno aprehenda este concepto, será más fácil confrontar la idea lamarckiana también intuitiva, predominante y mayormente falsa, de la herencia de caracteres adquiridos como origen de la variabilidad.

lilla de los abedules (*Biston betularia* y el melanismo industrial); resistencia a antibióticos en las bacterias y a insecticidas en insectos.

Analogías y homologías. Ejemplos de estructuras análogas (ala de insecto/ala de murciélago; hoja/filocladio) y homólogas (ala de murciélago/aletas de ballena/miembros superiores del hombre; estambre/hoja). Ejemplos de convergencia (cetáceos/peces; conejo europeo (orden Lagomorpha)/mara patagónica (roedor)/uallabi australiano (marsupial)) y de divergencia (ñandú sudamericano/avestruz africano/emú australiano; los mamíferos en general). Efecto fundador (deriva genética). La especiación. Aparición de barreras reproductivas biológicas o geográficas. Velocidad de los cambios que llevan a la aparición de nuevas especies: gradualismo versus equilibrios puntuados (nociones).

Elementos de biogeografía. La distribución espacial de los seres vivos sobre la Tierra como consecuencia de los procesos evolutivos. Conceptos de linaje biogeográfico y endemismo. Las regiones biogeográficas mundiales.

Propuesta de trabajos prácticos para la EP

La siguiente lista de trabajos prácticos se agrega a los de la EGB, que indudablemente también pueden realizarse en la EP.

1. Uso del microscopio. Preparaciones sencillas: células de epidermis de catáfilas de cebolla, láminas de corcho, mucosa bucal, espermatozoides.
2. Observación microscópica de muestras de agua y reconocimiento de los seres vivos.
3. Observación microscópica de cromosomas y fases de la mitosis en preparación de raicillas de cebolla (aplastado).
4. Observación microscópica de cromosomas en glándulas salivares de insectos.
5. Uso de claves para el reconocimiento de especies vegetales, insectos y aves.
6. Lo grande y lo pequeño: un análisis de tamaño en el mundo microscópico y a ojo desnudo. Una bacteria acuática es a un alga unicelular (ambas microscópicas) lo que un ratón es a un elefante en relación a su tamaño.
7. Productores y consumidores en el ecosistema. En la salida de campo analizar las tramas tróficas. Profundizar el concepto de que un organismo, más que por sus características intrínsecas, se define por su relación con los demás.

8. Construcción de modelos tridimensionales (cartón, telgopor, alambre, madera balsa, etc.) de ácidos nucleicos, proteínas y organelos celulares.
9. Transformación genética de bacterias (*Escherichia coli*) con plásmidos que le confieren resistencia a algún antibiótico.
10. Aglutinación de eritrocitos para determinar grupos sanguíneos en el hombre.
11. Actividad enzimática. Demostración de que la saliva posee una enzima capaz de degradar al almidón. Detección de la degradación de almidón por desaparición de la capacidad de generar color azul en presencia de yodo.
12. Determinación de la presencia de glucosa (u otro azúcar reductor, pero no sacarosa) en pulpas de frutos mediante la reacción con “licor” de Fehling.
13. Estudio de requerimientos nutricionales para el desarrollo vegetal en cultivos realizados en condiciones definidas (hidropónicos).
14. Medición de la transpiración en plantas superiores con y sin viento, a diversas temperaturas. Marchitez transitoria y permanente.
15. Observación microscópica y descripción del desarrollo del crustáceo *Artemia salina* (sea monkey).
16. Observación microscópica de cortes hechos a mano alzada por el alumno (con ayuda de tacos de médula de hinojo) de tallos, raíces y hojas.
17. Discusión de experimentos originales de biología. Experimentos de Pasteur sobre generación espontánea; de Gurdon sobre clonado de sapos a partir de núcleos de células somáticas.
18. Observación microscópica de preparados histológicos humanos y de frotis de sangre.
19. Experimentación sobre el automatismo del corazón del sapo.
20. Observación de circulación sanguínea en capilares de mesenterio de sapo.
21. Investigación bibliográfica sobre el origen geográfico de las especies vegetales cultivadas en nuestro país: cereales, frutas, árboles ornamentales, etc.

22. Visitas guiadas y críticas a jardines zoológicos, botánicos y museos de ciencias naturales.
23. Demostración del fenómeno de dominancia apical mediante corte de una yema apical en la germinación del poroto.
24. Observación microscópica de plasmólisis en células vegetales sometidas a soluciones salinas concentradas.
25. Observación microscópica de corrientes citoplasmáticas (ciclosis) en pelos de flores de *Tradescantia*, o en el alga *Elodea*.
26. Elaboración de un herbario. Confección de fichas de cada ejemplar.
27. Confección de fichas bibliográficas. Aprender cómo se citan *papers* y libros.
28. Visita a laboratorios de investigación, de análisis clínicos, industrias farmacéuticas, unidades de producción agropecuaria, centros de inseminación artificial de ganado, etc.
29. Observación e interpretación de micrografías electrónicas de distintos tipos de células. Reconocimiento de organelos celulares. Esto puede ir acompañado de una visita al microscopio electrónico de la universidad u hospital más cercanos.
30. Preparación de DNA de bacterias, usando su capacidad de enroscarse en una varilla de vidrio.

Agregados y correcciones de: Bachmann, Guaglianone, Baraño/Maldonado, Satz.

ANEXO
NOMINA DE COLEGAS CONSULTADOS

- BACHMANN, Axel, Prof. Titular de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales UBA. Especialización en Zoología.
- BARAÑO, J. Lino, Prof. Asociado de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales UBA. Especialización en Endocrinología Molecular.
- GOLDSTEIN, Daniel, Prof. Titular de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales UBA. Especialización en Fisiología, Salud y Biología Molecular.
- GUAGLIANONE, Rosa, Investigadora del CONICET en el Instituto de Botánica Darwin. Especialización en Botánica.
- MALDONADO, Héctor, Prof. Titular de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales UBA. Especialización en Zoología, Comportamiento.
- SATZ, Leonardo; Profesor Adjunto de la Facultad de Medicina UBA. Especialización en Inmunología y Salud.
- TELL, Guillermo, Prof. Asociado de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales UBA. Especialización en Ecología y Botánica.
- TORRES, Héctor, Profesor Titular de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales UBA. Especialización en Biología Molecular y Bioquímica.

