

● Aportes para la enseñanza. **NIVEL MEDIO**

2007



G. C. B. A.
MINISTERIO DE EDUCACIÓN
SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE PLANEAMIENTO
DIRECCIÓN DE CURRÍCULA

Biología

**Procesos relacionados
con la vida y su origen:
la célula y las
estructuras asociadas
a sus funciones**

Biología

Procesos relacionados con la vida y su origen: la célula
y las estructuras asociadas a sus funciones

G.C.B.A.

2007

Biología

**Procesos relacionados con la
vida y su origen: la célula
y las estructuras asociadas a
sus funciones**



G. C. B. A.
MINISTERIO DE EDUCACIÓN
SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE PLANEAMIENTO
DIRECCIÓN DE CURRÍCULA

Biología : procesos relacionados con la vida y su origen: la célula y las estructuras asociadas a sus funciones / coordinado por Graciela Cappelletti. - 1a ed. - Buenos Aires : Ministerio de Educación - Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, 2007.

64 p. + 1 Video ; 30x21 cm. - (Aportes para la enseñanza. Nivel medio)

ISBN 978-987-549-337-7

1. Material Auxiliar de Enseñanza. I. Cappelletti, Graciela, coord.
CDD 371.33

ISBN 978-987-549-337-7

© Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Ministerio de Educación

Dirección General de Planeamiento

Dirección de Currícula. 2007

Hecho el depósito que marca la Ley nº 11.723

Esmeralda 55, 8º piso

C1035ABA - Buenos Aires

Teléfono/fax: 4343-4412

Correo electrónico: dircur@buenosaires.edu.ar

Permitida la transcripción parcial de los textos incluidos en esta obra, hasta 1.000 palabras, según Ley nº 11.723, art. 10º, colocando el apartado consultado entre comillas y citando la fuente; si éste excediera la extensión mencionada, deberá solicitarse autorización a la Dirección de Currícula.

Distribución gratuita. Prohibida su venta.

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES

Jefe de Gobierno
JORGE TELERMAN

Ministra de Educación
ANA MARÍA CLEMENT

Subsecretario de Educación
LUIS LIBERMAN

Directora General de Educación
ADELINA DE LEÓN

Directora de Área de Educación Media y Técnica
MARTA GARCÍA PEYRET

Aportes para la enseñanza. Nivel Medio

Elaboración del material

Equipo Central

Graciela Cappelletti

Marta García Costoya

Especialista

Laura Socolovsky

Agradecimientos

A Educable, Buenos Aires, por su autorización para utilizar fragmentos del video “Biología Celular”.

A Beatriz Libertini y Juan Cascallares, por su trabajo en la preselección de fuentes.

G.C.B.A.

EDICIÓN A CARGO DE LA DIRECCIÓN DE CURRÍCULA

COORDINACIÓN EDITORIAL: Virginia Piera

SUPERVISIÓN DE EDICIÓN: María Laura Cianciolo

DISEÑO DE LA SERIE: Adriana Llano y Alejandra Mosconi

REALIZACIÓN GRÁFICA: Alejandra Mosconi

ILUSTRACIONES: Susana Guerra y Daniel Wichinson

CORRECCIÓN: Paula Galdeano

APOYO ADMINISTRATIVO Y LOGÍSTICO: Olga Loste, Jorge Louit

Biología

Procesos relacionados con la vida y su origen: la célula y las estructuras asociadas a sus funciones.

PRESENTACIÓN:	9
INTRODUCCIÓN	
POR QUÉ UN “RECURSERO”	11
LA TAREA DE ENSEÑAR Y LA UTILIZACIÓN CREATIVA DE LOS RECURSOS.....	11
FUNDAMENTACIÓN	13
1. LA SELECCIÓN DEL NÚCLEO TEMÁTICO “PROCESOS RELACIONADOS CON LA VIDA Y SU ORIGEN: LA CÉLULA Y LAS ESTRUCTURAS ASOCIADAS A SUS FUNCIONES”	13
2. LA SELECCIÓN Y LA ORGANIZACIÓN DE LOS RECURSOS.....	14
<i>La organización de estos recursos</i>	14
<i>Los criterios de selección de los recursos</i>	15
A. Textos para los alumnos.....	15
B. Láminas	16
C. Video.....	16
D. Actividades exploratorias y experimentales	17
EL ORIGEN DE LA VIDA	21
TEXTOS	21
<i>"Origen primitivo de las sustancias orgánicas más simples"</i>	22
<i>"Experimento sobre el origen de la vida"</i>	22
<i>"La vida en la Tierra. De caldo somos: orígenes de la vida en la Tierra" ..</i>	23
<i>"La Tierra primitiva"</i>	27
<i>"Un nuevo tipo de células"</i>	28
SUGERENCIAS PARA EL TRABAJO CON ESTOS TEXTOS	30
EJEMPLOS DE TEXTOS ESCOLARES QUE HACEN UN TRATAMIENTO ACORDE CON ESTE ENFOQUE.....	31
LÁMINAS	32
<i>Lámina 1. Los coacervados como sistemas abiertos</i>	32
<i>Lámina 2. Surgimiento de las células eucariotas: teoría endosimbiótica</i>	33
SUGERENCIAS PARA EL TRABAJO CON ESTAS LÁMINAS.....	34
VIDEO: BIOLOGÍA CELULAR	34
SUGERENCIAS PARA EL TRABAJO CON ESTE VIDEO	34
LA NUTRICIÓN EN EL NIVEL CELULAR: LA CÉLULA COMO SISTEMA ABIERTO	35
ACTIVIDADES EXPLORATORIAS Y EXPERIMENTALES: LAS LEVADURAS COMO CAJA NEGRA ..	35
ACTIVIDADES EXPLORATORIAS: EL PLANTEO DEL PROBLEMA	35
EXPERIENCIAS PARA LA BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN	36
<i>Observación de levaduras a simple vista, con lupa y con microscopio</i>	36
<i>Experiencia 1</i>	37
<i>Experiencia 2</i>	38
<i>Experiencia 3</i>	39
<i>Experiencia 4</i>	40
<i>Después de la realización de experiencias: contrastación y ampliación de la información</i>	40

SUGERENCIAS PARA LA REALIZACIÓN DE ESTAS EXPERIENCIAS	41
TEXTOS	42
<i>"Las levaduras"</i>	43
<i>"Historia de la Teoría Celular"</i>	46
<i>"Vesículas y transporte intracelular"</i>	51
SUGERENCIAS PARA EL TRABAJO CON ESTOS TEXTOS	53
EJEMPLOS DE TEXTOS ESCOLARES QUE HACEN UN TRATAMIENTO ACORDE CON ESTE ENFOQUE.....	54
LÁMINAS	
<i>Lámina 3. La membrana celular: características estructurales</i>	54
<i>Lámina 4. Intercambio de materiales entre el entorno y la célula</i>	55
<i>Lámina 5. La célula como sistema abierto y las organelas como subsistemas</i>	55
SUGERENCIAS PARA EL TRABAJO CON ESTAS LÁMINAS.....	56
DIVERSIDAD BIOLÓGICA: NUTRICIÓN Y MULTICELULARIDAD	57
ACTIVIDADES EXPLORATORIAS Y EXPERIMENTALES: LA MULTICELULARIDAD Y LA RELACIÓN SUPERFICIE/VOLUMEN.....	57
UN PROBLEMA COMO PUNTO DE PARTIDA	57
MODELOS QUE AYUDAN A BUSCAR EXPLICACIONES	58
1. <i>Tinción de cubos de gelatina</i>	58
2. <i>Forrado de cubos de telgopor</i>	59
SUGERENCIAS PARA EL TRABAJO EN EL AULA.....	60
TEXTOS	60
<i>"Razón de ser"</i>	61
<i>"Evolución del tamaño"</i>	62
SUGERENCIAS PARA EL TRABAJO CON ESTOS TEXTOS	63
EJEMPLOS DE TEXTOS ESCOLARES QUE HACEN UN TRATAMIENTO ACORDE CON ESTE ENFOQUE.....	63

PRESENTACIÓN

El Ministerio de Educación del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires desarrolla un conjunto de acciones dirigidas a promover una distribución equitativa del conocimiento, mejorar la oferta de enseñanza, y propiciar aprendizajes que les permitan a los estudiantes ejercer sus derechos ciudadanos, continuar con estudios superiores y acceder a un trabajo remunerado.

En este marco, la Dirección General de Planeamiento, a través de la Dirección de Currícula, promueve el fortalecimiento de las escuelas medias y el mejoramiento de la experiencia educativa que ofrecen los establecimientos de ese nivel. Los programas de las asignaturas revisten especial importancia para el logro de los objetivos antes mencionados ya que, por su carácter de instrumento normativo, constituyen una herramienta para la tarea docente al establecer lineamientos de trabajo común y organizar la propuesta formativa alrededor de propósitos explícitos.

En este marco se elaboraron programas de 1º y 2º año del nivel medio,* sin modificación en su conjunto desde el año 1956. Esto contribuye a configurar un contexto propicio para la profundización de la reflexión y el fortalecimiento de la mirada pedagógica sobre los procesos de enseñanza en la escuela media.

Estos programas se realizaron considerando distintas instancias: una primera formulación por parte de equipos de especialistas de la Dirección de Currícula y, luego, reuniones sistemáticas de consulta con docentes del Sistema Educativo. Este trabajo, realizado durante los años 2001 y 2002, tuvo como resultado las versiones definitivas. Durante los años 2003 y 2004 se llevó a cabo un trabajo con profesores para el seguimiento de los programas y su implementación en las escuelas.

Los materiales curriculares que integran la serie “Aportes para la Enseñanza. Nivel Medio”, que a continuación se presentan, tienen su origen en los programas mencionados, en las consultas que se realizaron para su elaboración y en las acciones de seguimiento llevadas a cabo en ese sentido entre la Dirección de Currícula y los profesores del nivel.

Esta serie está concebida como una colección de recursos para la enseñanza, pretende atender al enfoque de los programas, favorecer las prácticas reflexivas de los profesores y colaborar con la lógica de organización de recursos por parte de la escuela, el departamento, la asignatura.

Cada título que integra la serie posee una identidad temática. Es decir, los recursos que agrupa cada material remiten a algún contenido especificado en los programas. Tal es el caso, por ejemplo, de “Las relaciones coloniales en América” en Historia, o “Números racionales” en Matemática. La elección del tema se ha realizado considerando uno o más de los siguientes crite-

* Programas de 1º año, Resolución N° 354/2003; y 2º año, Resolución N° 1.636/2004, en vigencia. Corresponden a los planes de estudios aprobados por el Decreto PEN N° 6.680/56, la Resolución N° 1.813/88 del Ministerio de Educación y Justicia, y la Resolución N° 1.182/90 de la Secretaría de Educación de la M.C.B.A.

rios: se aborda aquello sobre lo que hay mayor dificultad para enseñar y/o mayores obstáculos para que los alumnos aprendan, aquello sobre lo que no hay suficientes recursos, o aquello sobre lo que lo existente no está tratado según el adecuado enfoque. Cada material tiene la impronta de la asignatura, y, según el caso, incluye diversos recursos: selecciones de textos para los alumnos, artículos periodísticos, mapas, imágenes (pinturas, grabados, fotografías, láminas), selecciones de videos, selecciones musicales, gráficos, propuestas de actividades.

En esta oportunidad, se presentan los siguientes títulos que continúan la serie comenzada durante el año 2006.

Biología. Procesos relacionados con la vida y su origen: la célula y las estructuras asociadas a sus funciones. Aborda contenidos del programa de 2º año: el origen de la vida, la nutrición en el nivel celular, la célula como sistema abierto y la diversidad biológica: nutrición y multicelularidad. La propuesta permite trabajar los contenidos antes mencionados partiendo de distintos recursos: textos científicos, láminas, video y actividades exploratorias y experimentales.

Geografía. Relaciones entre Estados: el caso de las plantas de celulosa en Fray Bentos. Atiende al programa de 2º año. Propone el trabajo a partir del caso de las pasteras que posibilita la articulación de contenidos de diversos bloques: “Los Estados y los territorios” (los conflictos entre los Estados, las relaciones y articulaciones entre los niveles nacional, provincial y municipal a partir de las decisiones y las acciones tomadas por sus gobiernos), del bloque: “Los cambios en la producción industrial y las transformaciones territoriales” (la industria, la organización de la producción y los territorios; los factores de localización industrial, los espacios industriales, los cambios en la división territorial del trabajo, etcétera). Para el desarrollo del tema se presentan artículos periodísticos, mapas, imágenes, cuadros estadísticos y un video.

Historia. Los mundos del medioevo. Esta propuesta tiende a incrementar y diversificar los materiales disponibles para el desarrollo del programa de 1º año, en particular para el tratamiento del tercer bloque de contenidos: “Los mundos durante el medioevo”. Se trata de un conjunto de recursos –documentos escritos, imágenes, interpretaciones de historiadores y mapas– que el docente podrá seleccionar y decidir el tipo de actividad por desarrollar a partir de las posibilidades que los mismos brinden.

Plástica. El color, la textura y la forma en la indumentaria del habitante de la Ciudad. Presenta propuestas para el trabajo en el aula tomando como eje la indumentaria de los habitantes. El material se estructura a partir de un video, que el docente puede utilizar para promover el análisis y la reflexión de los alumnos sobre el tema. Está acompañado por propuestas pedagógicas.

TÍTULOS ANTERIORES:

Biología. Los intercambios de materia y de energía en los seres vivos

Geografía. Problemáticas ambientales a diferentes escalas

Historia. Las relaciones coloniales en América

Matemática. Números racionales

Música. Taller de audición, creación e interpretación

Teatro. El espacio teatral

INTRODUCCIÓN

POR QUÉ UN “RECURSERO”

Los nuevos programas de Biología proponen un abordaje de los contenidos centrado en lo explicativo, entendiendo el estudio descriptivo de estructuras y fenómenos como una herramienta, y no como finalidad última de la enseñanza.

Tal como se plantea en estos programas, centrarse en los modelos explicativos implica un verdadero desafío, pues requiere de una enseñanza que atienda a los procesos de conceptualización necesarios para una apropiación progresiva de dichos modelos. Entre otros aspectos, esto implica:

- **La necesidad de promover la habilidad para distinguir y establecer relaciones entre diversos tipos de información.**

El desarrollo de una clase se enriquece cuando se ponen en juego distintos niveles de conocimiento, que aportan tanto los estudiantes como los docentes. Estos conocimientos pueden ser datos, inferencias, opiniones, casos particulares, generalizaciones, modelos explicativos o versiones escolares de teorías. Pueden provenir de los libros de texto, de observaciones a través del microscopio, de fotografías y de esquemas, o ser el resultado de debates o de actividades experimentales.

- **La importancia de ofrecer oportunidades para que los conocimientos se pongan en juego en distintos contextos.**

Los aprendizajes están estrechamente ligados a los contextos en los cuales han tenido lugar, y su transferencia no es espontánea. Es posible estudiar los mismos conceptos en contextos experimentales, históricos, cotidianos, de impacto social. Cada abordaje implica una oportunidad más para que los alumnos establezcan nuevas relaciones, y se aproximen progresivamente a las explicaciones que propone la ciencia.

Es de esperar, entonces, que el docente disponga y utilice creativamente una variedad de recursos para la elaboración de este tipo de estrategias de enseñanza.

LA TAREA DE ENSEÑAR Y LA UTILIZACIÓN CREATIVA DE LOS RECURSOS

Los profesores enfrentan cotidianamente problemáticas de diversa índole, entre las cuales es posible reconocer algunas comunes a todos, y otras propias de la institución donde se desenvuelven, o emergentes de la comunidad en la que ésta se encuentra.

La tarea de enseñanza, en tanto se desarrolla en contextos cambiantes, requiere de una gran cuota de flexibilidad y de creatividad en el uso de los recursos y de un tiempo considerable para su búsqueda y

para la tarea de planificación. Aun cuando un docente haya transitado varios años en su tarea, cada curso, cada proceso de enseñanza y de aprendizaje resultan únicos y, aunque cabe la reelaboración de experiencias anteriores para su puesta en acción en nuevas situaciones, no es posible la reproducción año a año, o en diferentes cursos, de las mismas estrategias.

La selección y la organización de recursos son, por lo tanto, un punto clave para el diseño de planificaciones y secuencias didácticas. De estas tareas depende, en gran medida, el desarrollo de prácticas de enseñanza acordes tanto al contexto particular en que cada profesor se desempeña como a la función formativa de la enseñanza de la Biología, que se expresa en los objetivos de aprendizaje de los programas.

Con el propósito de atender a estas cuestiones, se ofrecen estos materiales, que pretenden acercar a los profesores un conjunto de recursos variados para la enseñanza de algunos de los contenidos presentados en el programa de segundo año.

Si bien la intención es favorecer el uso flexible de los recursos, se incluyen también algunas orientaciones para su aprovechamiento en el marco del proceso de innovación de los programas de Biología de segundo año. Estas orientaciones se proponen, a modo de ejemplo, para que el profesor configure sus propias prácticas de enseñanza poniendo en acción la selección de los contenidos por enseñar, y los modos de favorecer los aprendizajes en concordancia con los enfoques de estos programas.



FUNDAMENTACIÓN

1. LA SELECCIÓN DEL NÚCLEO TEMÁTICO

“PROCESOS RELACIONADOS CON LA VIDA Y SU ORIGEN: LA CÉLULA Y LAS ESTRUCTURAS ASOCIADAS A SUS FUNCIONES”

Una de las finalidades de la asignatura Biología es la de acercar progresivamente a los alumnos al conocimiento científico de la vida. En este sentido, se propone un estudio que tienda cada vez más a las explicaciones, y menos a lo puramente descriptivo.

En cuanto a la concepción misma del fenómeno de la vida, esto implica avanzar más allá de la enunciación de las estructuras y funciones propias de los seres vivos. Significa proponer un estudio que permita interpretar la universalidad de esas estructuras y funciones en el marco de los intercambios y las transformaciones de materia y energía, que se establecen tanto entre los organismos y su entorno como en los procesos que se desarrollan en cada individuo.

El enfoque que sostiene esta propuesta se enmarca en una perspectiva sistémica que facilita el estudio de estructuras y funciones en términos de sistemas y subsistemas en interacción e interdependencia. Esta perspectiva de estudio es una de las que proponen los actuales programas de segundo año para el abordaje de los procesos que involucran intercambios de materia y energía en los sistemas vivos.

El programa de segundo año pone el foco en el estudio de las funciones básicas que responden a los principios de autoconstrucción y autopropagación de los organismos: la nutrición y la reproducción. Plantea el estudio de las explicaciones acerca del origen y la constitución de las primeras células, con el fin de poner de relieve la importancia de ambos principios como propiedades constitutivas de todo ser vivo. Es desde este enfoque que se aborda centralmente la universalidad de dichas funciones, mientras que la diversidad de las estructuras y comportamientos asociados se analiza como casos de las adaptaciones resultantes de la selección natural a lo largo de la historia de la vida en la Tierra.

En este contexto, se retoma el abordaje de los intercambios de materia y energía en los seres vivos iniciado en primer año, proponiendo:

- Analizar los coacervados y las células de la Tierra primitiva como sistemas abiertos a modo de puente que permita articular las explicaciones sobre el origen de la vida con el estudio de la célula como unidad funcional y estructural de los seres vivos.
- Modelizar a los organismos como sistemas abiertos y a las células como subsistemas también abiertos, para el estudio de las funciones de nutrición.
- Relacionar las formas de metabolismo autótrofo y heterótrofo con los procesos de nutrición a nivel celular, entendiendo a las células como sistemas y a las organelas como subsistemas, y reconociendo los intercambios y transformaciones de materia y energía que en ellas ocurren.

- Explicar la universalidad de las funciones de nutrición basándose en el origen común de todos los organismos y en los intercambios y transformaciones de materia y energía que los caracterizan, y, al mismo tiempo, estudiar la diversidad de estructuras que participan de la nutrición como resultado del proceso evolutivo.

2. LA SELECCIÓN Y LA ORGANIZACIÓN DE LOS RECURSOS

Ofrecer diversas oportunidades para el aprendizaje de los contenidos en distintos contextos implica, entre otras estrategias, la utilización didáctica de variadas fuentes de información.

Muchas de las fuentes a las que se puede acceder, a través de los diversos medios de comunicación, pueden constituirse en interesantes materiales didácticos, pero esto requiere de un trabajo de selección y de adjudicación de sentido para la enseñanza.

En el momento de la selección del recurso, es el profesor quien le adjudica una intención educativa, al considerar sus potencialidades y al tomar decisiones respecto de cómo resolver sus limitaciones. Esta intención educativa es la que permite transformar diferentes productos culturales en recursos didácticos.

Este material propone una selección de recursos provenientes de diversas fuentes; y, si bien consideramos que la selección es pertinente, de ningún modo resulta la única posible.

LA ORGANIZACIÓN DE ESTOS RECURSOS

Los recursos que se ofrecen en este material están organizados temáticamente. Los temas organizadores son:

- El origen de la vida.
- La nutrición en el nivel celular: la célula como sistema abierto.
- Diversidad biológica: nutrición y multicelularidad.

Para cada uno de los temas se ofrecen algunos de los siguientes recursos:

- A.** Textos para los alumnos.
- B.** Láminas.
- C.** Videos.
- D.** Propuestas de actividades exploratorias y experimentales.

Todos los recursos están acompañados de sugerencias para su aprovechamiento en el tratamiento de estos temas en clase. El orden en que se presentan no indica una secuencia de trabajo. Cada docente seleccionará aquellos materiales didácticos que evalúe más adecuados para responder a sus necesidades: recortará sólo algunos aspectos que puedan ser trabajados con sus alumnos, resolverá el modo de utilizarlos para facilitar una mejor comprensión, o los adecuará a los propósitos de la situación de enseñanza que diseñe con ellos. Además, podrá emplearlos como referencia para la selección de recursos que respondan a otros contenidos de la enseñanza, no contemplados en este material.

LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LOS RECURSOS

Los enfoques para la enseñanza de la Biología que proponen los actuales programas de primero y segundo año cobran forma en torno a un conjunto de ejes, los cuales surgen de consideraciones disciplinares y didácticas, así como también de la imagen de la actividad científica que se espera formar en los alumnos. Estos ejes son:

- la modelización en la elaboración del conocimiento científico;
- la actividad científica como construcción social e histórica;
- el papel de las situaciones experimentales en la enseñanza de la Biología;
- la lectura y la escritura como contenido en las clases de Biología.

Para la selección de los recursos incluidos en este material se ha tenido en cuenta su adecuación a estos ejes. La relación entre los recursos y estos ejes se pone de manifiesto en las orientaciones, donde se señala o ejemplifica el modo en que se pueden poner en juego durante la clase para aprovechar la potencialidad del recurso.

A continuación se presenta una caracterización de los diferentes tipos de recursos y la pertinencia de su utilización en la enseñanza de la Biología.

A. Textos para los alumnos

La utilización en clase de textos con diferentes formatos tiene un valor didáctico inestimable, no solo porque contribuye a que los alumnos aprendan a interpretar información a partir de variadas fuentes, sino también porque atiende a la diversidad de intereses y posibilidades de los estudiantes.

Algunas fuentes de información que suelen utilizarse en la escuela, como los libros de texto escolares, están elaboradas especialmente con una intención educativa y, por lo general, tienen un claro destinatario: los estudiantes. No ocurre lo mismo con las notas periodísticas de los diarios y de las revistas de difusión masiva, ni con los artículos o informes de investigación, que se encuentran en las publicaciones de divulgación científica, ni tampoco con los textos que aportan las publicaciones dedicadas a la historia de las ciencias. Cada una de estas fuentes tiene potencialidades y limitaciones que, a la hora de utilizarlas como recurso didáctico, varían dependiendo del mensaje que se desea transmitir, del destinatario elegido y, especialmente, de los propósitos de las situaciones de enseñanza.

Los textos adquieren y desarrollan su potencia didáctica en el uso concreto que se hace de ellos en clase. Un mismo texto puede leerse de muy distintas maneras, de acuerdo con los objetivos de la lectura. Por ejemplo, se puede leer un artículo para: identificar problemas, controversias o nuevas investigaciones en relación con determinados conceptos; obtener datos o informaciones que contribuyan a la construcción de conceptos; contrastar explicaciones personales con las que aporta el texto; identificar ejemplos ilustrativos; analizar a modo de “caso científico”, etcétera.

Como reconocemos la importancia que ha ido adquiriendo el uso de estos materiales en las escuelas, se incluye aquí una variedad de textos, extraídos de diversas publicaciones, que fueron seleccionados con el propósito de facilitar a los profesores el acceso a materiales de lectura que no se suelen encontrar en los libros de uso frecuente en las escuelas: escritos originales de investigaciones históricas, informes de investigaciones actuales, textos de divulgación científica para jóvenes, etcétera. De este modo, se pretende que actúen como complemento de los libros de texto.

Para cada contenido se seleccionaron uno o más textos que se relacionan con el tema. Además, se incluye un breve comentario sobre cada uno y una sugerencia de textos escolares que hacen un tratamiento de esos contenidos, desde enfoques que se consideran acordes con los propuestos por los programas.

La selección y el modo de abordar estas fuentes con los alumnos dependerán, entre otras consideraciones, de la secuencia didáctica que cada profesor desarrolle. De todos modos, los textos están acompañados por sugerencias y ejemplos para su aprovechamiento en el aula; para ello tuvimos en cuenta su utilización en relación con otros recursos que se ofrecen en este mismo material.

B. Láminas

En la enseñanza de la Biología es indispensable el uso de esquemas, gráficos, ilustraciones realistas y otros tipos de representación para visualizar estructuras y procesos. Interpretar diversas formas de representar un mismo objeto de estudio permite analizarlo desde distintas perspectivas y, además, esto ayuda a entender que cada uno de esos modos de representación responde a una finalidad específica, es decir, se trata de modelos, de productos de la invención humana que contribuyen a la comprensión de los contenidos de esta ciencia.

El uso reiterado de ciertas imágenes hace que éstas se tornen muy familiares para docentes y alumnos. En ocasiones, suele perderse de vista que se trata de interpretaciones basadas en modelos científicos; en dichas interpretaciones se apela permanentemente a las analogías, porque priorizan determinados atributos, o responden a diferentes perspectivas de análisis de las estructuras o de los procesos que se intentan representar.

El profesor podrá seleccionar las imágenes que considere apropiadas para cada situación de enseñanza y exponer a la clase los significados que se propone otorgarles en cada caso. Con la orientación del docente, los estudiantes podrán reconocer el uso de analogías, utilizar las escalas para establecer relaciones de tamaño entre la representación y el objeto real, y avanzar en la interpretación de imágenes de nivel de abstracción progresivamente mayor.

C. Video

Los videos constituyen uno de los variados recursos con que cuenta el profesor para elaborar actividades de enseñanza de los contenidos de Biología.

Su principal ventaja es que permite la visualización de estructuras, organismos, situaciones, procesos y transformaciones a las cuales no es posible acceder de otro modo. La potencialidad de este recurso didáctico resulta de una selección cuidadosa y ajustada en cuanto a los contenidos que aborda, el tratamiento que hace de ellos, la calidad y el atractivo de las imágenes, y especialmente de la situación de enseñanza en la cual se plantea mirar ese video.

Es posible utilizar este recurso con diferentes finalidades didácticas, por ejemplo: para presentar una situación introductoria de una secuencia de enseñanza, dando lugar a la problematización; como fuente de información una vez planteadas preguntas o situaciones que den sentido a la búsqueda; para analizar e interpretar nuevas situaciones, a modo de evaluación de los aprendizajes.

Las consignas y/o preguntas que se elaboren para la actividad deberán ser coherentes con la finalidad que se plantea el docente (que, a su vez, ha de ser conocida por los estudiantes) y con los contenidos

seleccionados para su enseñanza. Sería interesante que en algunas oportunidades los estudiantes elaboraran preguntas antes de ver videos.

Para interpretar un video –así como para leer un texto o una representación gráfica, analizar datos obtenidos en actividades experimentales o acceder a cualquier otra fuente de información– los estudiantes necesitan de un marco adecuado.

Este marco dependerá de la finalidad de enseñanza, pero en todos los casos es esencial que compartan el sentido de la actividad que se les propone realizar en relación con los contenidos que están estudiando. Es decir, que puedan establecer un diálogo entre la información que aporta el video y su propia búsqueda.

El video que hemos seleccionado para conformar este material fue elaborado con una finalidad didáctica, sin embargo, muchas veces el lenguaje o las analogías que se utilizan pueden inducir o reforzar errores conceptuales. Por eso es recomendable que mientras el profesor mira el video para planificar su secuencia, ponga especial atención a las expresiones que se utilizan en los relatos y descripciones. De ese modo podrá ayudar a los estudiantes a interpretarlos y a evitar que caigan en errores.

D. Actividades exploratorias y experimentales¹

En el campo de las ciencias naturales es habitual que los alumnos relacionen muy estrechamente la investigación, como fuente privilegiada de conocimiento, con la observación y la experimentación.

Si bien es cierto que tanto la observación como la experimentación son dos instrumentos de mucha importancia para el conocimiento del mundo natural, ninguno de ellos aporta explicaciones ni provee demostraciones por sí mismos. La interpretación de los resultados de una experiencia o de una observación está siempre guiada por las ideas de quien observa y por los problemas o interrogantes que espera resolver; por otro lado, esa interpretación también suele estar fuertemente condicionada por las ideas e informaciones de quien investiga. Todo esto hace que las situaciones exploratorias o las experimentales se enriquezcan cuando los alumnos tienen oportunidad de diseñar sus experiencias, intercambiar y discutir los diseños y las conclusiones. El intercambio de puntos de vista diferentes contribuye a la realización de interpretaciones cada vez más ajustadas.

Otra idea que circula frecuentemente entre los alumnos es que la actividad de la clase de ciencias consiste "en probar y ver qué pasa". En relación con esta idea, resulta importante planificar la clase, de modo que para los estudiantes quede de manifiesto que la observación y la experimentación no constituyen un fin en sí mismas, sino que ambas acciones se realizan con objetivos bastante precisos en el marco de una secuencia de trabajo. La actividad de experimentación es una tarea dirigida por las hipótesis de quien investiga y por un diseño previo que permite estudiar un fenómeno de la manera más clara posible.

Una secuencia de enseñanza que incluya una o más situaciones exploratorias y/o experimentales debería contemplar actividades previas y posteriores que contribuyan a que los alumnos les encuentren un sentido. Algunos ejemplos de esto son: el planteo previo de un problema; el intercambio de

¹ Extraído y adaptado de *Ciencias Naturales. Documento de Trabajo N° 7. Algunas orientaciones para la enseñanza escolar de las Ciencias Naturales*, Actualización curricular. G.C.B.A., Secretaría de Educación, Dirección General de Planeamiento, Dirección de Currícula. G.C.B.A., 1998.

ideas sobre un fenómeno o proceso que se quiere investigar y con el que se experimentará luego; el análisis o diseño del experimento; la anticipación de resultados; las puestas en común, destinadas a interpretar los resultados y datos obtenidos; la contrastación y sistematización de ideas, y otros modos de acceso a distintos aspectos del mismo tema.

Estas prácticas facilitan el aprendizaje en la medida en que los alumnos necesitan recurrir a sus conocimientos, utilizarlos de manera activa y revisar sus ideas para encarar cada situación.

Antes de avanzar en el tema, creemos necesario diferenciar las actividades exploratorias de las experimentales en sentido estricto. Las actividades exploratorias consisten en la búsqueda de regularidades, similitudes y diferencias u otras relaciones sencillas entre objetos o procesos, mediante la realización de experiencias que no introducen el control de variables. En cambio, los diseños experimentales se ocupan de estudiar cómo inciden una o más condiciones, o variables, en el desarrollo de determinado proceso. Para esto es necesario definir dichas variables, identificar la que se quiere estudiar y las que deben mantenerse constantes.

Sobre la manipulación durante la situación experimental

El intercambio de ideas, la anticipación y la planificación juegan un papel clave en el proceso de aprendizaje. Cuando los alumnos tienen oportunidad de manipular materiales, suele suceder que, ante el entusiasmo por esta posibilidad, se pierda de vista el objetivo de la tarea. Aunque necesaria, la manipulación no es condición suficiente para que los estudiantes puedan extraer conclusiones que les permitan realizar nuevos aprendizajes.

La manipulación de materiales resulta una estrategia efectiva cuando cumple con ciertas condiciones. Por un lado, debe realizarse de acuerdo con un plan que refleje el objetivo de la tarea y que permita a los alumnos comprender el sentido de lo que se está haciendo. Por otro, dicha manipulación tiene que llevarse adelante en un marco de normas claras que propicie la correcta ejecución de las operaciones, que permita el registro y el comentario de los resultados, y que abra un espacio para el análisis de los aspectos novedosos o imprevisibles en relación con los objetivos propuestos.

Por otra parte, la práctica de anticipar los posibles resultados permite que los alumnos se habitúen a reflexionar acerca de las variables que intervienen en un fenómeno, a formular hipótesis y a manipular los objetos, al tiempo que se involucran con los propósitos de la experimentación.

Sobre el diseño de las experiencias y el control de variables

Es importante que, gradualmente, los alumnos vayan generando autonomía en el diseño de las experiencias que realizan. En la medida en que se entienden las razones que justifican el diseño de la experiencia y los efectos producidos por ésta, se puede comprender mejor el problema con el que se está trabajando. La reflexión y la discusión sobre las condiciones de la experiencia ayudan a que los jóvenes tengan en claro cuáles son las cuestiones que se vienen tratando, sobre qué aspectos deben centrar su observación, y qué significan los resultados obtenidos.

Determinar las variables que intervienen en la producción de un fenómeno no resulta una tarea sencilla. En la actividad escolar, aunque las experiencias son más acotadas y accesibles, no siempre esperamos que los alumnos definan, por sí mismos, todos los factores que puedan tener alguna influencia en los resultados. La participación del docente es de suma importancia porque tendrá que

poner de relieve la existencia de estos diferentes factores: señalar cuáles son, guiar a los alumnos para que los reconozcan, y hacerlos tomar conciencia de la necesidad de controlarlos.

Por ello, los estudiantes deberán tener múltiples oportunidades para reflexionar en torno a los diversos controles que se realizan en las experiencias, tanto en los momentos de preparación como durante la discusión de conclusiones.

Sobre la interpretación de los datos

La información que se obtiene de la actividad experimental y de la observación es producto de la interpretación que se realiza de los datos y que requiere de la orientación de los alumnos en las tareas de reflexión sobre los resultados.

Por lo dicho, resulta necesario ayudar a los alumnos para que puedan discriminar entre aquello que es producto de la observación y el resultado de una inferencia que surge de los datos obtenidos. Esta diferencia central debería ser motivo de reflexión en clase. Por ejemplo, cuando miran una muestra en el microscopio, se promoverá que los jóvenes distingan entre la *observación* de líneas, manchas, formas, y la *inferencia* de que se trata de una muestra de células de un determinado organismo.

Una situación similar ocurre en el experimento de colocar una plantita de elodea a la luz dentro de un tubo con agua: aquí tenemos, por un lado, la distinción entre la *observación* del desprendimiento de burbujas y, por otro, la *inferencia* de que la planta libera oxígeno. En todos los casos valoramos la reflexión acerca de cuál es la información que ellos mismos están aportando por sus conocimientos anteriores, por lo que les han explicado o por lo que han leído a la interpretación del fenómeno.

Sobre el registro y la comunicación de la información

También consideramos esencial que los alumnos conozcan distintas maneras de guardar la información, y que sepan que algunas de ellas son más adecuadas para ciertos usos. Para algunos tipos de datos, los cuadros o las tablas resultan más útiles que, por ejemplo, un informe narrativo.

Al mismo tiempo que funcionan como un instrumento para sistematizar e interpretar datos, los registros de información pueden ayudar a una comprensión más acabada del tema. Esto es así porque el esfuerzo de diseñar o, aún, de comprender la estructura de un cuadro, una tabla, o un gráfico obliga a utilizar conocimientos y a clarificar el trabajo realizado.

Es necesario, entonces, que los estudiantes aprendan progresivamente a diseñar formas de registrar la información. Consideramos conveniente que, antes de presentar una tabla o un cuadro, se discuta con ellos de qué modo creen que será adecuado diseñarlo, según el propósito del estudio.

La última etapa corresponde a una tarea compleja: la redacción de informes. Los alumnos deben aprender a distinguir qué es importante informar y cuáles son los datos secundarios. Esta selección se produce en función de los objetivos que el docente formuló para esa tarea. La habilidad de los estudiantes para redactar informes dependerá, en gran medida, de la oportunidad que tengan de intentarlo: en un principio, con ayuda del profesor, y, luego, adquiriendo gradualmente un desempeño autónomo.

EL ORIGEN DE LA VIDA

El programa de segundo año propone estudiar el origen de la vida y las primeras etapas de su evolución, haciendo una recorrida por las teorías que explican el surgimiento de los organismos unicelulares procariotas y eucariotas. Los alumnos tendrán la oportunidad de analizar los intercambios de materia y energía estudiados durante primer año, esta vez en otro contexto: encontrar en el origen común de los seres vivos explicaciones acerca de la universalidad de estos intercambios y de los procesos relacionados con ellos.

Se propone que los alumnos puedan aproximarse a los diversos modelos científicos, algunos de ellos formulados más o menos recientemente, que aportan explicaciones acerca del origen de la vida y del proceso de evolución biológica.

Esto contribuye a que comprendan cómo se construye el conocimiento científico y les permite elaborar explicaciones más significativas y menos fragmentadas acerca de la vida como fenómeno y del origen de la diversidad biológica.

Se espera que los estudiantes puedan establecer relaciones pertinentes entre los distintos enfoques desde los cuales se estudia a los seres vivos, por ejemplo, el sistémico y el evolutivo. Se propone el estudio de los coacervados como sistemas abiertos con el propósito de encontrar en el origen de las primeras células algunas explicaciones a la universalidad de las funciones de nutrición que caracteriza a todos los organismos del planeta.

TEXTOS PARA EL ALUMNO

Se han seleccionado cuatro fragmentos de distintos autores cuya lectura ofrece a los alumnos la oportunidad de interpretar diferentes tipos de textos, relativos a un mismo contenido.

El primero es un fragmento del libro *El origen de la vida*, de Alexander Oparín, en el que el autor expone su explicación acerca del surgimiento de las primeras sustancias orgánicas. Junto con éste se incluye una breve descripción del experimento de Urey y Miller, extraída de un artículo de divulgación científica. El segundo, un texto de divulgación para jóvenes, permite retomar lo anterior y avanzar hasta la formación de los coacervados. El tercer texto, escrito por Francis Crick, expone algunos de los argumentos en relación con la composición de la atmósfera primitiva, por los cuales él apoya la teoría de la panspermia. El cuarto y último está tomado de un capítulo de un libro de Lynn Margulis, en el cual expone su teoría acerca del origen de las células eucariotas.

ORIGEN PRIMITIVO DE LAS SUSTANCIAS ORGÁNICAS MÁS SIMPLES

Fragmentos extraídos de Oparín, Alexander.
El origen de la vida. Buenos Aires, Horizonte, 1958.



[...] El estudio de la composición química de la materia orgánica gaseo-pulverulenta, realizado en estos últimos tiempos, demuestra la presencia en ella de hidrógeno, metano (y, tal vez, de hidrocarburos más complejos), amoníaco y agua, esta última en forma de minúsculos cristales de hielo. De este modo, en el origen mismo de nuestro planeta entraron en su composición, procedentes de la materia gaseo-pulverulenta, los hidrocarburos más sencillos, el agua y el amoníaco, es decir todo lo necesario para formar las sustancias orgánicas primitivas. Por eso, cualquiera que haya sido el proceso que dio origen a la Tierra, en el curso mismo de su formación forzosamente debieron haber surgido en su superficie las sustancias orgánicas. [...]

A consecuencia de las reacciones de los hidrocarburos y sus derivados oxigenados más simples con el amoníaco, se formaron cuerpos cuyas moléculas contenían distintas combinaciones de átomos de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Así fue como aparecieron las numerosas sales amónicas, las amidas, las aminas, etc. [...]

Así, pues, la idea expuesta por mí hace 30 años de que las sustancias orgánicas se habían formado en nuestro planeta antes de la aparición de los organismos, se confirma plenamente hoy día por las nuevas teorías cosmogónicas de los astrónomos soviéticos. Cuando se formó la Tierra, en su superficie –en su atmósfera húmeda y en las aguas del océano primitivo– se originaron ya los hidrocarburos y sus derivados oxigenados y nitrogenados. Y si antes esta etapa del desarrollo de la materia hacia el origen de la vida aparecía envuelta en un profundo enigma, en la actualidad el origen primitivo de las sustancias orgánicas más simples no ofrece ninguna duda para la inmensa mayoría de los naturalistas.



EXPERIMENTO SOBRE EL ORIGEN DE LA VIDA

Extraído de: Orgel, Leslie. “Origen de la vida sobre la Tierra”,
en *Investigación y Ciencia* 12, 1994.

G.C.B.A.



A comienzos de los años cincuenta, Stanley L. Miller del laboratorio de Harold C. Urey en la Universidad de Chicago, realizó el primer experimento diseñado para conocer las reacciones químicas que ocurrieron en la Tierra primitiva. En el matraz de la parte inferior, creó un océano de agua, que calentó haciendo circular vapor de agua a través del aparato. En el recipiente superior, preparó una 'atmósfera' de metano (CH_4), amoníaco (NH_3), hidrógeno (H_2) y el vapor circulante, mezclados. A continuación sometió los gases a una descarga eléctrica continua ('relampagueo'), provocando su interacción. Los productos solubles en agua procedentes de dichas reacciones se recogieron sobre el simulacro de océano mediante un condensador. El experimento condujo a numerosos aminoácidos en la imitación de océano y permitió a Miller explicar cómo se habían formado.

Años después de este experimento, se vio que un meteorito que cayó cerca de Murchison, Australia, contenía varios de los mismos aminoácidos que Miller había identificado.



LA VIDA EN LA TIERRA.
DE CALDO SOMOS: ORÍGENES DE LA VIDA EN LA TIERRA
Extraído de Aljanati, David. *La vida en el Universo*,
Buenos Aires, Colihue, 1994.



El conocimiento que hoy tenemos sobre la forma en que podría haber surgido la vida en la Tierra y cómo ésta evolucionó hasta llegar a desarrollar seres inteligentes –capaces de estudiarse a sí mismos y estudiar el Universo donde habitan– nos da pistas sobre cómo podría haberse dado el mismo fenómeno en otros mundos.

La vida en nuestro planeta parece haberse originado hace unos 3.800 millones de años ('¡apenas!', dirían al unísono geólogos y astrónomos).

Ésta es la edad que surge de los análisis efectuados sobre microorganismos fósiles hallados en rocas de esa antigüedad en Groenlandia en el año 1979, y que representan los registros más antiguos conocidos.

Sin embargo, la forma en que se desarrollaron los primeros organismos vivos, no puede reconstruirse a partir del hallazgo de fósiles, ya que la constitución 'debilucha' de estas primeras manifestaciones de la vida impidió que dejaran marca de su paso por estos pagos. Hay que apelar entonces a las hipótesis y teorías científicas, basadas en el conocimiento que hoy tenemos de las condiciones en que se hallaba el planeta en aquellos tiempos.

Los geólogos consideran que la edad de la Tierra es de aproximadamente 4.500 millones de años, esto significa que la vida habría hecho su aparición unos 700 millones de años después de que se formara el planeta (y otra vez apenas).

Parece ser que nuestro globito fue en sus inicios un infierno peor que aquel con el cual nos asustan los textos bíblicos. Una masa incandescente (es decir, re-caliente) que comenzó a enfriarse y condensarse formando la corteza terrestre y los océanos que inundaron parte de su superficie.

Gases venenosos para la mayor parte de la vida de la Tierra actual conformaban esta atmósfera primitiva. Las aguas se evaporaban rápidamente, se condensaban en las capas altas de la atmósfera y volvían a caer en diluvios que ni siquiera Noé con la protección del Supremo hubiera soportado. Hasta que poco a poco (recordemos que fueron 700 millones de años), se fueron generando las condiciones para que algunas sustancias disueltas en los tibios mares pudieran ir organizándose y evolucionando hacia las primeras formas de vida.

La atmósfera primitiva carecía de oxígeno, ese gas vital para las formas dominantes de la vida en la Tierra del presente.

Tampoco había una 'barrera' que dificultara el paso de la luz ultravioleta capaz de achicharrar al bicho mejor dotado. Actualmente la *capa de ozono*, (constituida por átomos de oxígeno), ubicada en las capas altas de la atmósfera juega ese papel de 'filtro' de la radiación ultravioleta.

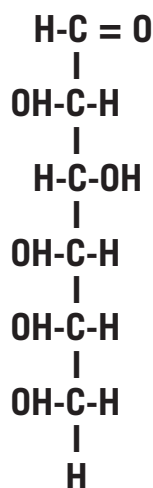
**Ejemplo de una molécula
inorgánica:
EL AGUA**



Donde:

C: átomo de carbono
H: átomo de hidrógeno
O: átomo de oxígeno
- : uniones entre átomos

**Ejemplo de una molécula
orgánica:
LA GLUCOSA**



Sin embargo, *aquellas condiciones, que de existir hoy resultarían letales para la vida, fueron las estrictamente necesarias para que ésta comenzara a surgir*. La luz ultravioleta, junto a las descargas eléctricas de las tormentas, proveía la energía indispensable para que las moléculas de agua, de dióxido de carbono y de amoníaco se combinaran formando los compuestos básicos para iniciar el proceso vital.

Estos compuestos son conocidos con el nombre de *compuestos orgánicos* (nombre que fue propuesto por el químico Berzelius en 1808), debido a que se consideraba que eran producidos en forma excluyente por los organismos vivos. Hasta ese momento, no se había detectado su presencia en el mundo no biológico, ni se hallaba la manera de sintetizarlos artificialmente en el laboratorio. La característica fundamental de los compuestos orgánicos es que están formados por cadenas de átomos de carbono unidos entre sí.

Poco después (en 1828), un discípulo del mismísimo Berzelius logra la síntesis artificial de un compuesto orgánico, la urea. A partir de ese momento, perdió cierto sentido la clasificación en *materia orgánica*, para designar la que proviene de los seres vivos, y *materia inorgánica*, para designar aquella que domina el mundo inerte. Por fuerza de la costumbre, y además porque la química del carbono es la 'reina' de la vida en la Tierra, se siguen utilizando los términos orgánica e inorgánica para clasificar las sustancias.

Estos compuestos (orgánicos, ¿queda claro?), precursores de la vida, se habrían ido almacenando en los océanos, formando un 'caldo caliente y diluido', como decía el bioquímico inglés J. B. S. Haldane. Ya en 1924, el bioquímico soviético Alexander Oparin expresó estas primeras ideas, que luego fueron continuadas por el inglés en 1929.

En honor a la verdad, a fines del siglo pasado, ya algunos científicos manejaban la posibilidad de que originariamente la materia orgánica se hubiese formado a partir de la inorgánica, evolucionando luego hacia el surgimiento de la vida; pero aún no podían formularlas con una argumentación química correcta.

Cuando Oparin y Haldane expusieron sus ideas, la mayoría de los bioquímicos de aquella época las desdénaron. Su desdén se apoyaba en que en el siglo XVII, el médico italiano Francisco Redi había realizado experimentos encaminados a demostrar que un ser vivo sólo puede provenir de otro ser vivo por medio de la reproducción. Estos experimentos hicieron tambalear la **teoría de la generación espontánea** vigente hasta ese momento, que postulaba que 'bichos' y plantas podían generarse a partir de la materia inerte. Las ideas de Redi se vieron confirmadas y reforzadas posteriormente por los descubrimientos del químico francés Louis Pasteur quien, hacia 1856, demostró experimentalmente que en el caso de las bacterias (los microorganismos más simples conocidos hasta ese momento) tampoco funcionaba el mecanismo de 'generación espontánea' y que el proceso que les daba origen era reproductivo como en el resto del mundo vivo.

El error de aquellos bioquímicos consistió en no advertir que tanto Oparin como Haldane no afirmaban que la vida pudiera surgir por generación espontánea en las condiciones actuales. Lo que ellos postulaban era que, en un principio, y en las condiciones en que la Tierra se encontraba en aquel momento, fue posible por única vez la formación de los compuestos necesarios para el desarrollo de la vida primero y su organización en un ser vivo, después.

En 1871, el naturalista Charles R. Darwin, padre de la teoría de la evolución biológica, ya advertía:

'Se ha dicho a menudo que la totalidad de las condiciones necesarias para la formación del primer organismo vivo son las que presenciamos hoy en día y no pueden ser otras que las actuales. Sin embargo, si se pudiera concebir la formación química de un compuesto orgánico en algún estanque pequeño y cálido que contuviera las sales fosfóricas y amoniacales, que recibiera luz, calor y electricidad, compuesto que una vez formado podría sufrir otros cambios posteriores de mayor complejidad, en las condiciones actuales este material sería devorado o absorbido al instante, lo cual no podría haber sido el caso previamente a la formación de los primeros seres vivos.'

La cuestión es que, en 1951, los científicos Urey y Miller, investigadores de la Universidad de Chicago, iniciaron un experimento crucial destinado a aportar datos experimentales para las teorías evolucionistas sobre el origen de la vida.

Estos científicos demostraron que, con la energía proveniente de descargas eléctricas, en forma de chispas emitidas dentro de una mezcla de gases como hidrógeno, metano,

amoníaco y agua, se formaban compuestos de tipo orgánico, en particular *aminoácidos*. Los aminoácidos son los elementos constitutivos de las proteínas, moléculas de gran importancia biológica y características de los seres vivos. El resultado no fue precisamente la obtención de un organismo, pero representó un gran paso en el apoyo de la teoría del origen y desarrollo evolutivo de la vida.

Es como si hubiéramos podido sujetar la punta del ovillo que tiene en su otro extremo al máximo exponente de la evolución de la vida en la Tierra: nosotros mismos.

Actualmente se sabe que las moléculas orgánicas no son una 'rareza' terrestre y que se hallan presentes en grandes cantidades formando parte de la atmósfera y la superficie de algunos planetas y satélites.

Los astrónomos han establecido que Júpiter tiene en este momento una atmósfera similar a la que tenía la Tierra hace unos 3.500 millones de años y que este planeta se halla en proceso de enfriamiento.

Es apasionante pensar que tal vez en Júpiter se estén sintetizando hoy los primeros compuestos capaces de fundar la vida y, además, que se haya abierto la posibilidad concreta de estudiar estos fenómenos no ya en el reducido espacio del laboratorio y de las suposiciones, sino a través de la observación y la experimentación directa en el espacio cósmico.

¿NACIMOS VESTIDOS O DESNUDOS?

Aunque A. Oparin y J. Haldane coincidían en lo esencial, se enfrentaban en un punto: Haldane sostenía que una población de moléculas orgánicas 'desnudas' adquirieron la capacidad de *autoduplicarse* (reproducirse) en aquel caldo primitivo.

Oparin por el contrario, las 'veía' protegidas del medio exterior por membranas donde se diferenciaba claramente el adentro del afuera. Así quedaba formada una especie de gota a la que llamó 'coacervado'. En su opinión, esto convertía al interior del coacervado en un pequeño 'laboratorio'. En la visión de Oparin, los coacervados constituirían los precursores de la primera célula.

Experimentos realizados en el laboratorio, tanto con moléculas desnudas como con coacervados, no permiten descartar ninguna de las dos posibilidades: cuando se modifican las condiciones del medio (como la temperatura o la acidez) tanto las unas como los otros sufren modificaciones en su conformación química que les permiten adaptarse a esos cambios y sobrevivir.



LA TIERRA PRIMITIVA

Extraído de Crick, Francis. *La vida misma. Su origen y naturaleza*.
México, Fondo de Cultura Económica, 1985 .



¿Qué sustancias necesitamos para formar la base material de la vida? La vida que vemos en torno nuestro se basa en los átomos de carbono, combinados con hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, junto con algo de fósforo y azufre. Utilizando estos tipos de átomos es posible formar un enorme número de pequeñas moléculas –es decir, moléculas con menos de cincuenta átomos– y un número casi ilimitado de diferentes macro-moléculas, cada una de ellas constituida por miles de átomos. Otros átomos también son importantes, tales como los átomos eléctricamente cargados (iones) de sodio, potasio, magnesio, cloro, calcio, hierro y varios otros, pero en casi todos los casos estos átomos no forman parte de moléculas orgánicas, sino que existen principalmente por sí mismos. Para que la vida comenzara fue necesaria la presencia de la mayor parte de estos átomos. ¿De dónde provenían? ¿Y se hallaban solos o en combinaciones sencillas ? [...]

La atmósfera terrestre actual consta principalmente de un gas muy inerte, el nitrógeno (N_2), junto con un 20% de oxígeno (O_2), un poco de vapor de agua (H_2O) y aun menos bióxido de carbono (CO_2). Solía creerse que la atmósfera primitiva de la Tierra era muy diferente. Como el hidrógeno es con mucho el elemento más abundante en el universo, era natural creer que predominaba en la atmósfera primitiva. En la actualidad, casi todo el oxígeno contenido en la atmósfera es producto de la fotosíntesis. En los tiempos primitivos no existía vida sobre la Tierra, de modo que no había oxígeno producido de esta manera. Tal atmósfera, rica en hidrógeno y pobre en oxígeno, se denomina **reductora**, en contraste con la atmósfera actual, a la que llamamos **oxidante**. Los experimentos en síntesis prebiótica, que describiremos brevemente, parecían apoyar esta conclusión.

Hace poco se han puesto en tela de juicio estas ideas. El hidrógeno es tan ligero que la gravedad de la Tierra no tiene fuerza suficiente para retenerlo y, por lo tanto, escapa al espacio con bastante facilidad. La tasa exacta depende de varios factores, sobre todo de la temperatura en la atmósfera superior; pues cuanto más elevada sea dicha temperatura más fácilmente se moverán los átomos o moléculas y escaparán al espacio. Hoy día se cree posible que gran parte del hidrógeno original escapó con tanta rapidez que jamás predominó en la atmósfera.

Pero, ¿qué hay respecto del oxígeno? No pudo haberse producido por fotosíntesis, pero ¿existe algún otro mecanismo aceptable? Casi con toda seguridad en la Tierra primitiva abundaba el agua, sobre todo en la atmósfera. En circunstancias favorables, la luz ultravioleta puede escindir el agua en sus dos componentes. Si el hidrógeno producido de esta manera hubiera escapado al espacio, el oxígeno dejado atrás se habría acumulado, y si el proceso ocurrió en escala lo suficientemente grande, la atmósfera debió de ser rica en oxígeno. Hoy, en virtud de la mencionada estructura de la atmósfera actual, este proceso no produce oxígeno en cantidad apreciable, pero por lo menos es posible que, en el remoto pasado, las condiciones fueran tan diferentes de las actuales que el oxígeno se produjera con mayor facilidad. [...]

En resumen, nos gustaría conocer la composición aproximada de la atmósfera terrestre en una época anterior a la aparición de la vida como la conocemos y, en particular, en

qué grado era oxidante o reductora. Por ahora parece muy difícil llegar a alguna conclusión firme sobre este asunto. [...]

La idea de que la atmósfera primitiva no era como la actual sino que contenía mucho menos oxígeno, pareció recibir impresionante apoyo en 1953 por parte de Stanley Miller, discípulo de Harold Urey. [...]

Si resulta que la atmósfera primitiva no era reductora sino que contenía regular cantidad de oxígeno, entonces el cuadro se hace más complicado. A primera vista, podría parecer que, no habiendo materia prima disponible, difícilmente podría haber comenzado la vida. Si en realidad esto fuera cierto, vendría en apoyo de la teoría de la panspermia dirigida,² pues algunos planetas en otros lugares del universo podrían haber tenido una atmósfera más reductora y, en consecuencia, un caldo prebiótico más favorable. No obstante, aun en una atmósfera oxidante, podría haber habido lugares en la Tierra donde las condiciones fueran reductoras, por ejemplo: debajo de las rocas y en el fondo de los lagos y mares. Quizá hubiera aguas termales en el lecho marino que proveyesen a su alrededor condiciones favorables para la síntesis prebiótica. [...]

A pesar de todas estas incertidumbres, parece posible que en algunas etapas primitivas de la historia de la Tierra hubiera buena cantidad de agua en la superficie y que en tales lugares se hubiera formado una solución diluida de pequeñas moléculas orgánicas.



UN NUEVO TIPO DE CÉLULAS

Extraído de Margulis, Lynn. *El origen de la célula*.
Barcelona, Reverté, 1986 (Adaptación.)



Los organismos grandes, del tipo de los que normalmente se estudian en biología y no en microbiología, son todos eucariontes. Por regla general, sus células son mayores que las células bacterianas, carentes de núcleo, o procariontes. Las primeras no sólo contienen núcleo, sino también orgánulos complejos y sistemas de membranas muy elaborados como mitocondrias, plástidos (en los fotosintetizadores) y aparato de Golgi. Dos clases de orgánulos, las mitocondrias y los plástidos fotosintéticos, contienen su propio DNA –sus propios genes–. Se sabe que tales orgánulos incluso pueden reproducirse por división como si fueran células independientes. [...]

LOS PRIMEROS EUCARIONTES

¿Qué aspecto tenían las primeras células eucarióticas? ¿Existen en la actualidad organismos de los que se puede decir que son sus descendientes directos, sin modificaciones? ¿Cuándo aparecieron los primeros eucariontes? No se puede contestar con absoluta certeza a ninguna de estas preguntas. Los primeros eucariontes probablemente fueron protistas primitivos, organismos unicelulares aeróbicos y

² La teoría de la *panspermia dirigida*, propuesta por Francis Crick en el año 1972, sostiene que la vida en la Tierra se habría originado a partir de organismos unicelulares enviados intencionalmente desde otro planeta, a bordo de una nave espacial no tripulada. Crick partió de la teoría de la Panspermia, formulada anteriormente por otros investigadores, que propone que la vida en nuestro planeta pudo haberse originado a partir de moléculas que llegaron aquí en cometas o en meteoros.

acuáticos cuyos patrones de división celular y ciclo vital podían variar enormemente de unas especies a otras. [...]

Desafortunadamente, es casi imposible trazar el origen y los primeros pasos en la evolución de los protistas en el registro fósil. La mayoría de los protistas primitivos, como las amebas gigantes, viven en el mar o en charcas, nunca forman partes duras y al morir sus cuerpos se deshacen. Todo lo cual hace que las probabilidades de fosilizarse sean extremadamente bajas. Por ello, la mayor parte de las pruebas relativas a las características y forma de vida de los primeros protistas provienen del estudio de los protistas actuales (principalmente con el microscopio electrónico). Muchos de los rasgos de este grupo apoyan la idea de los protistas como primeros eucariontes. [...]

Por falta de pruebas fósiles convincentes se hace muy difícil establecer la fecha de aparición de las primeras células eucarióticas. Como muchos tipos diferentes de protistas, tuvieron que haber evolucionado antes de que lo hicieran los eucariontes mayores y más avanzados, tuvieron que aparecer como muy tarde hace más de 700 millones de años, cuando ya vivían verdaderos animales y algas marinas a lo largo de las costas de los antiguos mares.

Se han propuesto diferentes teorías sobre el origen de las células eucarióticas. Algunos biólogos creen que los orgánulos celulares se diferenciaron a partir del núcleo. Según este punto de vista, las células desarrollaron primero membranas internas, algunas de las cuales empaquetarían el DNA y el RNA de la célula formando el núcleo. A continuación, algunos de estos genes escaparían del núcleo y quedarían envueltos por otras membranas intracelulares y, con el tiempo, dichos genes formarían los orgánulos de las células eucarióticas como mitocondrias y plástidos. Con esta explicación se entendería el origen de varios orgánulos, pero no se respondería a la pregunta de por qué el DNA, el material genético de los orgánulos, es diferente del DNA del núcleo celular. El primero no está combinado con proteínas formando cromosomas, como el DNA nuclear, y, de hecho, es mucho más parecido al DNA bacteriano que al DNA del núcleo.

Otros biólogos, entre los cuales me incluyo, sostienen un punto de vista diferente acerca del origen de las células eucarióticas. Creemos que varios microorganismos independientes se unieron, primero por casualidad y, después, formando asociaciones más estables. Con el paso del tiempo y conforme la presión evolutiva favorecía dichas uniones simbióticas, los microorganismos simbioses llegarían a estar unidos permanentemente en un nuevo tipo de célula formado por componentes interdependientes entre sí. Según esta teoría los orgánulos vivieron anteriormente como procariontes independientes, idea que explicaría el porqué de la diferencia de materiales genéticos.

ASOCIACIONES BIOLÓGICAS

La teoría de la simbiosis celular se basa en una comprensión más profunda del papel que juegan las asociaciones biológicas. [...]

Existen organismos de todos los tamaños y de los cinco reinos que establecen simbiosis. Hay bacterias que viven en el tracto intestinal de animales, hongos que viven en simbiosis con algas verdes o cianobacterias que forman líquenes, y casi todas las

especies de equinodermos (estrellas de mar, erizos de mar y similares) tienen uno o dos simbioses protocistas propios. [...]

¿Cómo evolucionaron las mitocondrias en las primeras células eucarióticas? Conforme el oxígeno de la atmósfera aumentaba, surgieron microorganismos no ya fotosintéticos, sino únicamente respiradores, que dependían enteramente del oxígeno para su metabolismo. Yo creo que aquellas bacterias aeróbicas con sistemas respiratorios parecidos a los de las mitocondrias entablaron una asociación, primero casual, después más estable y finalmente permanente, con bacterias anaeróbicas de mayor tamaño. [...]

La teoría simbiótica se apoya en la actualidad sobre bases mucho más firmes. Las investigaciones realizadas en muchos laboratorios han demostrado que las mitocondrias de todos los organismos contienen los componentes esenciales de los sistemas de replicación bacterianos. Las mitocondrias tienen su propio DNA, RNA y ribosomas. Todos ellos envueltos por las membranas mitocondriales. [...]

La teoría simbiótica del origen de los plástidos propone que la fotosíntesis fue adquirida muchas veces, y en forma ya desarrollada y refinada, por varios tipos de células heterotróficas con núcleo, es decir protozoos (el término tradicional para los protistas no fotosintéticos). Tras adquirir procariontes fotosintéticos, estos protozoos se convirtieron en algas móviles o inmóviles, dependiendo de si el protozoo era también móvil o inmóvil. Las algas móviles poseían la eficiencia, la rapidez de movimientos y la capacidad de desarrollo de los protozoos, junto a las reacciones fotosintéticas de los procariontes incluidos por simbiosis. [...] No es de extrañar que llegaran a dominar los océanos y otros ambientes acuáticos del mundo constituyendo el fitoplancton. En esta forma ha continuado tal dominación hasta el presente, y, además, algunas algas verdes finalmente dieron lugar a las plantas terrestres.



SUGERENCIAS PARA EL TRABAJO CON ESTOS TEXTOS

Antes de leer los textos propuestos, los alumnos podrían formular e intercambiar explicaciones personales acerca del origen de la vida en la Tierra, para luego contrastar dichas explicaciones con las de los textos seleccionados.

Para comenzar la búsqueda de información podrían leer “Origen primitivo de las sustancias orgánicas más simples”, “Experimento sobre el origen de la vida” y la primera parte de “La vida en la Tierra”, conjuntamente con alguno de los textos escolares que explique y aporte imágenes del experimento de Urey y Miller. La lectura y el intercambio de ideas e interpretaciones en pequeños grupos podría contribuir a aclarar dudas y formular nuevas preguntas para después discutir las en una puesta en común.

Convendrá realizar las lecturas referidas a la formación de coacervados y al origen de las células eucariotas (“Un nuevo tipo de células”) utilizando las LÁMINAS 1 y 2. En el caso de los coacervados, los alumnos podrían “modelizar” con material concreto estos procesos, con sus conocimientos del modelo de partículas.

Los textos de Crick y de Margulis pueden resultar complejos en cuanto a la terminología que utilizan y a ciertos conceptos a los que hacen referencia, pues no se espera que los alumnos los hayan estudiado con este alcance. Sin embargo, su lectura orientada por el profesor y con el apoyo de las láminas (sin necesidad de que se detengan en cada término ni profundicen en esos conceptos) les permitirá comprender:

- Algunas de las explicaciones acerca del origen de la vida están aún en discusión, y que coexisten diversas teorías.
- Que las teorías se basan en lo que hoy se conoce acerca de los seres vivos y de las condiciones actuales de la Tierra, y que en la elaboración de estas teorías los científicos interpretan y relacionan datos sobre la base de hipótesis, conjeturan, argumentan, debaten.
- Las principales diferencias entre la teoría de Oparín y la que sostiene Crick, y los puntos de coincidencia.
- La explicación que propone la teoría endosimbiótica para el origen de las células eucarióticas y en qué se basa.
- Que existen otras teorías además de la endosimbiótica para explicar el mismo fenómeno.

EJEMPLOS DE TEXTOS ESCOLARES QUE HACEN UN TRATAMIENTO ACORDE CON ESTE ENFOQUE

- *Biología II. Los caminos de la evolución*. Buenos Aires, Colihue, 1996, capítulo 5.
- *Biología 2*. Santillana Hoy. Buenos Aires, Santillana, 2005, capítulo 1.
- *Ciencias Naturales 9*. Buenos Aires, Longseller, 2003, capítulo 6.

LÁMINAS

LÁMINA 1. LOS COACERVADOS COMO SISTEMAS ABIERTOS

Lámina 1
Los coacervados como sistemas abiertos

1

2

3

4

5

6

7

Redes de células análogas primitivas (procariontes)

Redes de células análogas primitivas (procariontes)

1. Se mezcla la materia orgánica y la inorgánica. En esta etapa se forman los coacervados.

2. Se forma una red de células análogas primitivas (procariontes) que se organiza en una estructura más compleja.

3. Se forma una red de células análogas primitivas (procariontes) que se organiza en una estructura más compleja.

4. Se forma una red de células análogas primitivas (procariontes) que se organiza en una estructura más compleja.

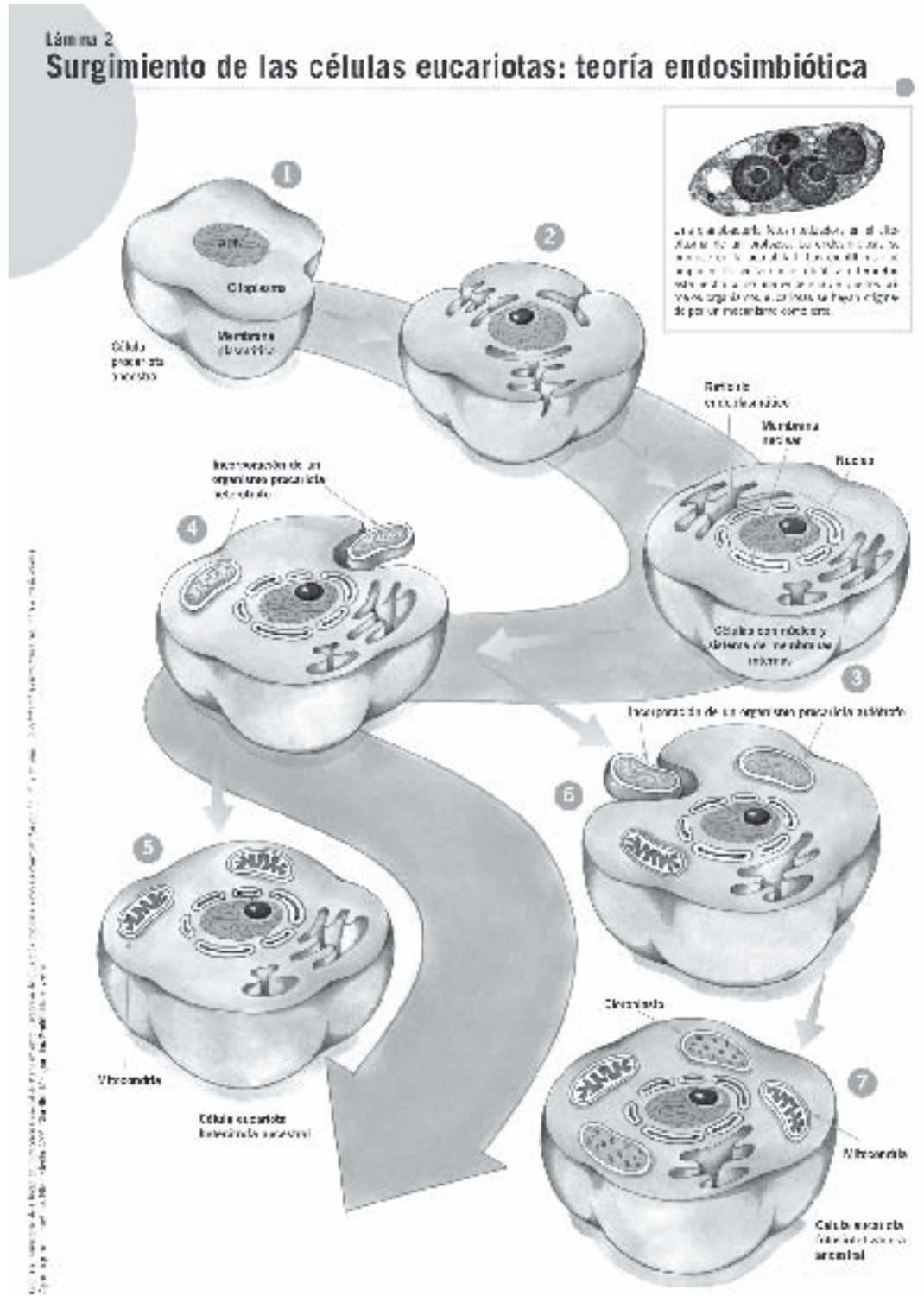
5. Se forma una red de células análogas primitivas (procariontes) que se organiza en una estructura más compleja.

6. Se forma una red de células análogas primitivas (procariontes) que se organiza en una estructura más compleja.

7. Se forma una red de células análogas primitivas (procariontes) que se organiza en una estructura más compleja.

El diagrama ilustra el proceso de formación de coacervados como sistemas abiertos, mostrando la evolución desde la mezcla inicial hasta la formación de estructuras complejas y organizadas.

LÁMINA 2. SURGIMIENTO DE LAS CÉLULAS EUCARIOTAS: TEORÍA ENDOSIMBIÓTICA



SUGERENCIAS PARA EL TRABAJO CON ESTAS LÁMINAS

La interpretación de esquemas permite una aproximación a esta teoría con el alcance que propone el programa de segundo año. Los alumnos podrán utilizar la LÁMINA 1 para ampliar e ilustrar el contenido del texto “La vida en la Tierra” (el apartado titulado “¿Nacimos vestidos o desnudos?”).

La LÁMINA 2 puede interpretarse conjuntamente con la lectura del texto “Un nuevo tipo de células”. Un ejemplo de consignas que se podrían utilizar para este trabajo son:

- ¿Qué relación encuentran entre la explicación de Margulis y la simbiosis entre un protozoo y una cianobacteria?
- Identifiquen en el texto los párrafos que explican el proceso que habría dado origen a las células eucariotas vegetales.

VIDEO: BIOLOGÍA CELULAR

Publica: Educable, Buenos Aires, año 1981.

Duración: 16 minutos aproximadamente.

SÍNTESIS

El video explica el origen de los primeros seres vivos del planeta y describe las estructuras celulares básicas mediante imágenes de organismos microscópicos en movimiento. Plantea la historia de la vida en la Tierra como una reconstrucción teórica a partir de las hipótesis de los científicos, sus observaciones y las interpretaciones mediante las cuales estas observaciones conforman evidencias para la elaboración de sus teorías.

Los eventos que se explican, desde el origen de las primeras células hasta el surgimiento de los organismos multicelulares, se van ubicando en una línea de tiempo, lo que resulta un recurso apropiado para ayudar a los alumnos a interpretar la información que se presenta.

SUGERENCIAS PARA EL TRABAJO CON ESTE VIDEO

Este video podría utilizarse como una fuente más de información o para reemplazar la lectura del texto “La vida en la Tierra”.

Además, la interpretación de la teoría endosimbiótica que se explica allí podrá complementar el trabajo con la LÁMINA 2 “Surgimiento de células eucariotas: teoría endosimbiótica” y la lectura del texto “Un nuevo tipo de células”, de Lynn Margulis.



LA NUTRICIÓN EN EL NIVEL CELULAR: LA CÉLULA COMO SISTEMA ABIERTO

El estudio de la nutrición a nivel celular constituye una oportunidad para que los alumnos pongan en juego lo aprendido acerca del modelo corpuscular de la materia, de los coacervados como sistemas abiertos, de la membrana como límite entre el medio interno de la célula y el externo, y acerca del estudio de los seres vivos como sistemas abiertos.

La propuesta es centrarse en el concepto de la célula como sistema y focalizar en algunas organelas (mitocondrias, cloroplastos y lisosomas) como subsistemas.

ACTIVIDADES EXPLORATORIAS Y EXPERIMENTALES: LAS LEVADURAS COMO CAJA NEGRA

Las levaduras constituyen un objeto de estudio apropiado para el abordaje de estos contenidos desde una mirada sistémica. El uso doméstico de las levaduras y el aspecto que ellas presentan cuando se las adquiere, tanto frescas como desecadas, contribuye a formar la idea de que no son seres vivos sino un “ingrediente” para cocinar.

Ante la pregunta “¿qué son las levaduras?” es muy común que los alumnos no acuerden acerca de si las levaduras son seres vivos o no lo son. Aun cuando tengan la idea de que se trata de micro-organismos, por lo general no encuentran argumentos que les permitan sostener sus afirmaciones. Así, esta pregunta inicial puede abrir otros interrogantes que conformarán un interesante problema en torno al cual se aborden algunos aspectos de la nutrición en el nivel celular.

ACTIVIDADES EXPLORATORIAS: EL PLANTEO DEL PROBLEMA

Se propone presentar alguna (o ambas) de estas situaciones a los estudiantes, para indagar sobre las levaduras.

- **Opción A.** Desde tiempos muy remotos, la humanidad produce y consume pan y vino.
- Hoy sabemos que en la fabricación de estos productos se utilizan levaduras.
- **Opción B.**
- Ingredientes para preparar pizza:
- 1 kg de harina,
- 25 g de levadura para masa fina (30 g para masa media y 50 g para masa alta),
- ¼ taza de aceite de oliva,
- una cucharadita de azúcar,
- agua en cantidad necesaria.

a. ¿Qué son las levaduras?, ¿qué sabemos sobre ellas?

Se podrán anotar las respuestas y luego los alumnos argumentarán a favor de cada una ellas. Estos argumentos se registrarán, de modo que puedan ser revisados.

b. ¿Qué deberíamos averiguar para poder responder a la pregunta de si son seres vivos o no lo son?

Los alumnos podrán elaborar un punteo acerca de las características de los seres vivos. Si es necesario, este punteo se podrá contrastar luego con algún texto breve, o con la explicación del profesor, de modo que quede claro que los seres vivos:

- intercambian y transforman materiales y energía: se alimentan, obtienen energía a partir de los alimentos mediante la respiración, eliminan desechos;
- perciben estímulos y reaccionan de algún modo a ellos, y se mantienen vivos bajo ciertas condiciones ambientales (por ejemplo, temperatura, humedad, etcétera);
- se reproducen.

c. ¿Es posible relacionar lo que conocemos de las levaduras con una o más características de los seres vivos que incluimos en el punteo anterior?

Los alumnos podrán relacionar las ideas puestas en juego en los puntos **a** y **b** para formular hipótesis y anticipaciones, por ejemplo:

- Si las levaduras son seres vivos, se alimentan. El azúcar que se agrega a la masa de la pizza podría servirles de alimento.
- Si son seres vivos, respiran. Las burbujas que dan esponjosidad a la masa podrían tener relación con la respiración.
- Si son seres vivos, requieren determinadas condiciones ambientales. La temperatura del ambiente en que se deja levar la masa es de aproximadamente 30 °C, y es probable que genere condiciones apropiadas para la vida de las levaduras.

Las hipótesis planteadas orientarán la realización de las siguientes experiencias.

EXPERIENCIAS PARA LA BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN

Observación de levaduras a simple vista, con lupa y con microscopio

¿Qué información nos podrá aportar una observación minuciosa de las levaduras? Los alumnos podrán observar a simple vista, y también con lupa, el contenido de un sobre y luego disolver una pequeña cantidad en agua y hacer un preparado para observar en el microscopio. En cada observación realizarán un dibujo y una descripción de lo que han visto.

Experiencia 1³

Se propone que los alumnos realicen un experimento para estudiar las levaduras.

Materiales:

- Jarra o vaso de precipitado de 500 ml,
- 3 tubos de ensayo,
- mezcla de levaduras en agua a 25 °C-30 °C,
- azúcar común (2 sobres pequeños),
- 3 globitos pequeños (“bombitas de agua”),
- gradilla o vaso transparente para colocar los tubos,
- cacerolita para el baño a 25 °C-30 °C,
- mechero, trípode y tela metálica.

- Disolver un sobre de levadura seca en medio litro de agua tibia (a 25 °C-30 °C aproximadamente).
- Mantener la mezcla en la cacerolita con agua a esta temperatura durante el tiempo que dure la experiencia.
- Rotular los tubos con los números 1, 2 y 3.
- Verter igual cantidad de la mezcla de levaduras en cada uno de los tubos (aproximadamente hasta la mitad del tubo).
- Preparar los tubos del siguiente modo:
 - Tubo 1:** no agregar azúcar.
 - Tubo 2:** agregar una pequeñísima cantidad de azúcar⁴ (apenas la punta de una cucharadita) y agitar para homogeneizar la mezcla, tapando la boca del tubo con el dedo pulgar.
 - Tubo 3:** agregar una cucharadita completa de azúcar y agitar para homogeneizar la mezcla, tapando la boca del tubo con el dedo pulgar.
- Inmediatamente, colocar un globito en el extremo de cada tubo, de modo que queden bien ajustados.
- Colocar los 3 tubos en el baño de agua a 25 °C-30 °C. (Se pueden poner en el mismo recipiente del cual se sacó el agua para efectuar la mezcla, no es necesario volver a calentarlo.)
- Esperar entre 20 y 30 minutos, y registrar los cambios que se observan.

Para responder ANTES de realizar la experiencia

- ¿Con cuál/es de las hipótesis se relaciona esta experiencia?
- ¿Con qué propósito se colocarán los globitos en los tubos?
- ¿Qué otras observaciones nos podrían aportar información?
- ¿Cuál es la importancia de que todas las muestras tengan igual cantidad de mezcla, se mantengan a la misma temperatura y se espere el mismo tiempo para observar los resultados?
- ¿Qué resultados esperarían obtener si las levaduras fueran seres vivos?
- En caso de obtener esos resultados, ¿podríamos estar seguros de que las levaduras son seres vivos?, ¿por qué?

³ Se sugiere que antes de realizar las experiencias que siguen, se lean y comenten conjuntamente los pasos por seguir y las “Preguntas para responder antes de realizar la experiencia”, y se respondan estas por escrito.

⁴ Menos de ¼ de cucharadita. La cantidad de azúcar de los tubos 2 y 3 debe ser suficientemente diferente para que el globito del tubo 2 se infle notoriamente menos que el del tubo 3.

Para responder DESPUÉS de realizar la experiencia⁵

- ¿Cuáles son los datos que aporta el experimento?
- ¿Cómo se podrían relacionar estos datos con la respiración celular?
- ¿A qué podrá deberse la formación de espuma en los tubos?
- ¿Cuál podría ser el gas que infló los globitos?
- ¿Qué información se podría buscar para seguir poniendo a prueba las hipótesis?

Experiencia 2

Se propone que los alumnos diseñen un experimento para estudiar la respiración de las levaduras.

Materiales:

- Jarra o vaso de precipitado de 500 ml,
 - 3 tubos de ensayo,
 - mezcla de levaduras en agua a 25 °C-30 °C,
 - azúcar común (1 sobre pequeño),
 - una manguerita de plástico cristal o un tubo de vidrio acodado,
 - dos tapones de algodón para los tubos de ensayo,
 - solución de agua de cal,⁶
 - gradilla o vaso transparente para colocar los tubos,
 - cacerolita para el baño a 25 °C-30 °C,
 - mechero, trípode y tela metálica,
 - una pajita.
- Preparación de la muestra testigo: colocar agua de cal en uno de los tubos de ensayo y soplar con la pajita dentro del líquido. ¿Qué cambio se observa?
 - Preparar otro tubo de ensayo con igual cantidad de agua de cal y dejarlo tapado.
 - Colocar el tubo acodado (o la manguerita) en el tapón.
 - Disolver medio sobre de levadura seca en ¼ litro de agua tibia (a 25 °C-30 °C aproximadamente). Mantener la mezcla en la cacerolita con agua a esta temperatura durante el tiempo que dure la experiencia.
 - Verter mezcla de levaduras en el tubo de ensayo, aproximadamente hasta la mitad.
 - Agregar una cucharadita de azúcar y agitar.
 - Tapar el tubo de ensayo y acomodar la manguerita para que no toque el líquido. Colocar el otro extremo de la manguerita dentro del tubo con agua de cal, de modo que entre en el líquido. (Asegurarse de que ambos tubos queden muy bien tapados.)
 - Esperar entre 20 y 30 minutos, y observar los cambios. Comparar el agua de cal con la muestra testigo.

⁵ Los alumnos no deben disponer de estas preguntas antes de realizar la experiencia.

⁶ Para preparar el agua de cal, poner una cucharada de cal (la que usan los albañiles) en un frasco, agregarle un vaso de agua, agitar y dejar la mezcla algunos minutos en reposo. Luego, filtrar a través de una tela fina o un filtro de papel para café.

Para responder ANTES de realizar la experiencia

- ¿Qué información nos aportará realizar este experimento?
- ¿Qué dato nos aporta la muestra testigo? ¿Con qué información previa contamos para interpretar ese dato?
- ¿Qué resultados esperarían obtener si las levaduras fueran seres vivos?
- En caso de obtener esos resultados, ¿podríamos estar seguros de que las levaduras son seres vivos?

Para responder DESPUÉS de realizar la experiencia

- ¿Cuáles son los datos que aporta el experimento?
- ¿Cómo se podrían relacionar estos datos con la respiración celular?
- Si el dióxido de carbono proviene de la respiración, ¿qué debería ocurrir con el azúcar de la mezcla?
- ¿A qué podrá deberse que la temperatura elegida para las experiencias 1 y 2 sea 25 °C a 30 °C? ¿Qué ocurrirá si exponemos las levaduras a otras temperaturas? ¿Qué nos aportaría esta información para averiguar si son seres vivos o no lo son?

Experiencia 3

Se propone que los alumnos diseñen un experimento para estudiar la influencia de la temperatura en la reproducción de las levaduras. Podrán utilizar el diseño de la **Experiencia 1** para decidir cuánto azúcar usar y cuánto tiempo esperar para obtener resultados.

Para responder ANTES DE DISEÑAR la experiencia

- ¿Qué cantidad de azúcar colocarían en cada tubo?, ¿por qué?
- ¿Cuánto tiempo esperarán para registrar los resultados?, ¿por qué?
- ¿A qué temperatura colocarían cada tubo?, ¿por qué elegirían esas temperaturas?
- ¿Qué resultados esperan obtener en caso de que las levaduras fueran seres vivos?
- En caso de obtener esos resultados, ¿podríamos estar seguros de que las levaduras son seres vivos?

Una vez elaborada la guía de trabajo, realizarán la experiencia.

Para responder DESPUÉS de realizar la experiencia

- ¿Cuáles son los datos que aporta el experimento?
- ¿Cómo se podrían relacionar estos datos con los procesos de nutrición celular?

Sería conveniente que, con la información obtenida hasta el momento, elaboren conjuntamente un esquema como el siguiente:



Experiencia 4

Puede preguntarse: ¿qué información podría aportar una observación microscópica de una muestra de la mezcla de levaduras en presencia de azúcar, a 25 °C-30 °C, al cabo de 30 minutos? Y, para responder a la pregunta, se sugiere la preparación de una muestra para observar en el microscopio.

Materiales:

- Mezcla de levaduras a 25 °C-30 °C preparada para la experiencia anterior,
- gotero o varilla,
- un portaobjetos y un cubreobjetos,
- papel absorbente,
- microscopio.

- Tomar una gota de la mezcla utilizando el gotero o la varilla.
- Colocar la gota sobre el portaobjetos.
- Poner el cubreobjetos sobre la gota. Secar alrededor (si hubiera líquido por fuera del cubreobjetos).
- Colocar el cubreobjetos en el microscopio y enfocar (primero con la lente de menor aumento y luego con la de mayor aumento).
- Dibujar un sector del campo y describir lo observado.

Después de la realización de las experiencias: contrastación y ampliación de la información

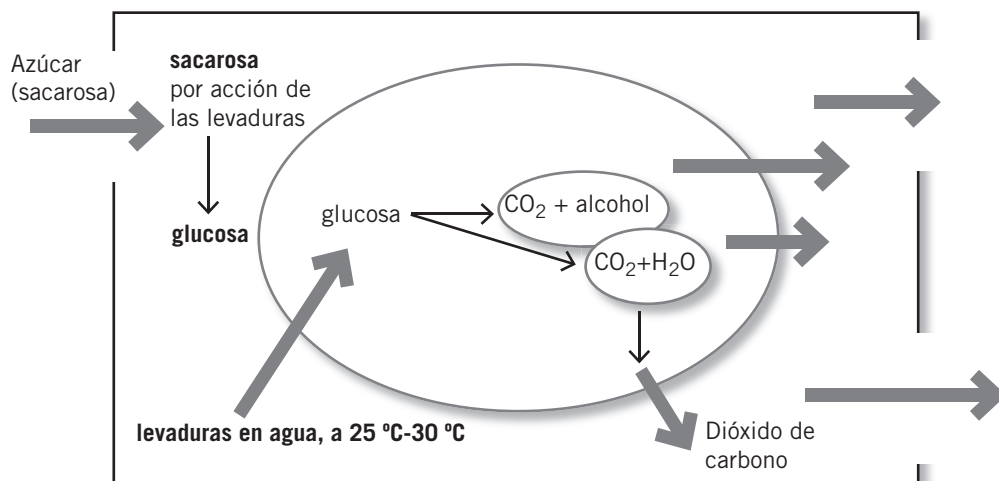
a. Lectura de un texto

Antes de leer el texto, releen las hipótesis iniciales y todo lo que anotaron hasta el momento.

Luego, lean el texto señalando las partes que aportan nueva información.

b. Interpretación de un esquema

¿Qué partes del texto se relacionan con la información que aporta el esquema? Márquenlas en el texto.



c. Para responder utilizando todo lo estudiado

¿En qué grupo de seres vivos se incluye a las levaduras? ¿Se trata de organismos autótrofos o heterótrofos?

¿De qué se alimentan? ¿A través de qué procesos obtienen la energía?

En el esquema no se presentan todos los materiales que entran y salen de una célula de levaduras. Respondan:

- ¿Qué materiales ingresan a la célula y participan de la respiración celular?
- ¿Dónde ocurre la respiración celular?
- ¿Qué materiales ingresan a la célula y participan de la fermentación alcohólica?
- ¿Dónde ocurre la fermentación?
- ¿Qué materiales se producen en la respiración celular y salen de la célula?

SUGERENCIAS PARA LA REALIZACIÓN DE ESTAS EXPERIENCIAS

Se propone estudiar las levaduras como caja negra, es decir, entendidas como un sistema del cual se tiene alguna información y sobre el que se pueden realizar ciertas pruebas y obtener nuevos datos acerca de su estructura y su funcionamiento.

Los alumnos podrán aproximarse a los conceptos mediante diversos "modos de conocer", como la observación microscópica, la realización de experiencias, la búsqueda de información en textos, la interpretación de fotografías y esquemas. Para resolver el problema planteado al inicio de las experiencias, formularán hipótesis y preguntas, y podrán poner a prueba algunas de ellas mediante observaciones y experimentos.

Si la escuela no cuenta con un microscopio, las observaciones microscópicas de muestras sugeridas tanto al inicio de la búsqueda de información como en la **Experiencia 4** pueden ser reemplazadas por la interpretación de una microfotografía de levaduras que no se encuentran en gemación, en el primer caso, y de una microfotografía de levaduras en gemación, en el segundo. (Estas fotografías se encuentran frecuentemente en libros de texto.)

Para tener presente en todo momento el sentido de cada experiencia es importante que analicen los pasos a seguir, discutan las preguntas *para responder antes de realizar la experiencia*, que se presentan al final de cada guía de trabajo, y las respondan por escrito. Ellas permitirán volver a las hipótesis planteadas en las actividades de inicio y elaborar nuevas anticipaciones para cada situación en particular.

También se propone un conjunto de preguntas *para responder después de realizar la experiencia*. Estas pueden resultar muy útiles para orientar las puestas en común al cierre de cada experiencia. En esos momentos también se podrá volver a las hipótesis del comienzo y abrir nuevos interrogantes que den sentido a la actividad siguiente.

Cabe destacar que a través de esta propuesta se espera que los alumnos comprendan que realizar un experimento no permite "comprobar" lo que se busca, y que los experimentos que irán realizando no les darán la respuesta certera acerca de si las levaduras son seres vivos: les aportarán datos que ellos seleccionarán e interpretarán de acuerdo con las hipótesis y con las ideas previas, en permanente contrastación con el resto de la información de que se dispone. Es por eso que al

finalizar cada experiencia se reitera la pregunta *¿podríamos estar seguros de que las levaduras son seres vivos?*, y se propone dar ejemplos de otras explicaciones posibles para esos mismos resultados. Algunos podrían ser:

Para la **Experiencia 1**: podrían realizar/evocar la experiencia de mezclar bicarbonato de sodio y vinagre, en la cual se observa un intenso burbujeo.

Para la **Experiencia 3**: la temperatura incide en las reacciones químicas, ocurran o no en un ser vivo.

Al finalizar la **Experiencia 2** se propone preguntar a los alumnos: *si el dióxido de carbono proviene de la respiración, ¿qué debería ocurrir con el azúcar de la mezcla?* Es posible realizar una experiencia que aporte datos acerca del azúcar utilizado en esta transformación. Para hacerla conviene usar glucosa en lugar de azúcar común, y utilizar reactivo de Fehling A y B como indicador.

Para el diseño de la **Experiencia 3** convendrá contrastar la temperatura utilizada hasta el momento (25 °C-30 °C) con temperaturas extremas como 0 °C (tubo en un baño con hielo), y 80 °C-90 °C. Será conveniente que la medida de azúcar a usar en esta experiencia sea una cucharadita.

En el momento de realizar la primera síntesis de la información obtenida de las experiencias, se sugiere interpretar un esquema en el cual el sistema delimitado es la mezcla de levaduras en agua a 25 °C-30 °C, y no cada célula de levadura o el conjunto de células de levaduras.

Una vez que los alumnos relacionaron todos los datos y los contrastaron mediante la lectura de un texto, se presenta otro esquema en el cual el sistema es una célula de levadura y un subsistema es la mitocondria. Se sugiere utilizar el texto "Las levaduras", que se incluye en este documento.

Es importante destacar que recién al final de las experiencias, cuando se propone la lectura del texto, se explica que las levaduras obtienen energía mediante dos vías metabólicas: la fermentación y la respiración celular. No se espera que se profundice en estos contenidos mediante este conjunto de actividades, y es por eso que durante la primera parte del trabajo no se hace mención a la respiración anaeróbica de las levaduras.

En cuanto a la degradación de la sacarosa en glucosa, se propone solo mencionar que las levaduras liberan al medio las sustancias que intervienen en esa transformación, y que a la célula ingresa la glucosa obtenida en ese proceso.

TEXTOS PARA LOS ALUMNOS

Se incluyen tres textos. El primero contiene información básica acerca de las levaduras y su modo de nutrición. El segundo es un recorrido por la historia de la Teoría Celular. A través de este relato se intenta acercar otro ejemplo de que el conocimiento es una construcción histórica y social, y mostrar en qué medida las observaciones que realizan los investigadores son moldeadas por lo que esperan ver de acuerdo con las teorías que sostienen. El tercero es la introducción de un artículo de divulgación científica referido a una investigación acerca de los mecanismos de transporte intracelular. En esa introducción, los autores, J. Rothman y L. Orci, presentan una síntesis acerca de la organización estructural y funcional de las células, apelando a analogías. De ese modo explican algunos aspectos del transporte de materiales en el interior de una célula.

LAS LEVADURAS

Fuentes consultadas: Espinoza, A. M y Espinoza, C. M. *Ciencias Biológicas 2*.
Buenos Aires, Santillana, 1989. www.microbe.org (Consulta realizada el 7/8/06.)
webs.demasiado.com/gabrielmiguel/ECOLOGIA.HTML (Consulta realizada el 7/8/06.)



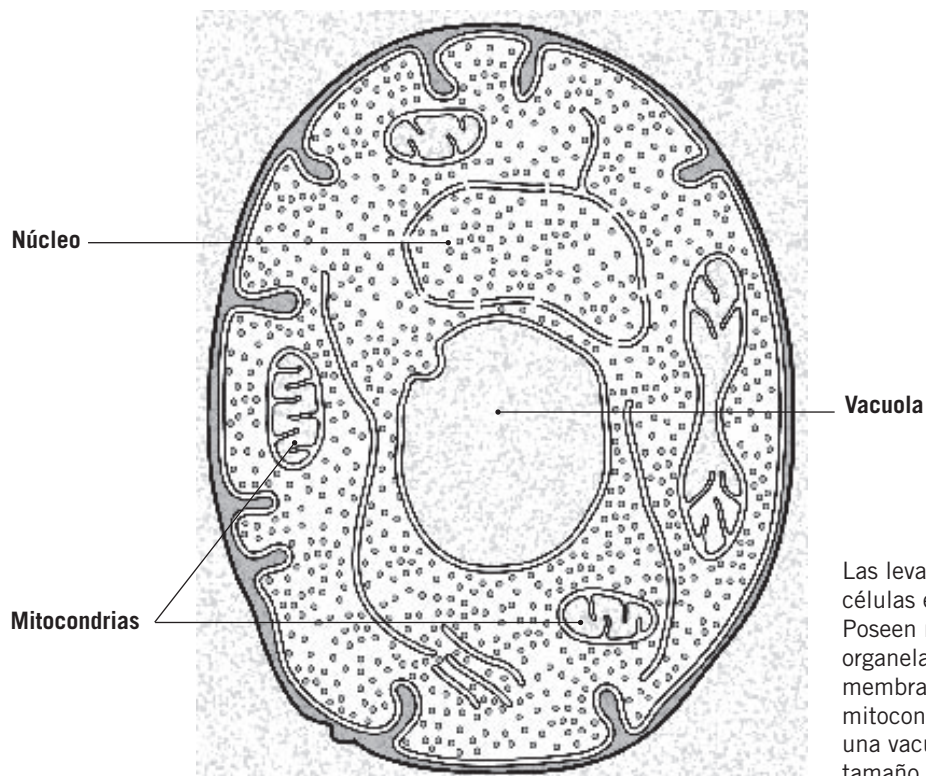
Los seres humanos ya aprovechaban algunos de los beneficios de los microorganismos aun mucho tiempo antes de sospechar siquiera su existencia. Este es el caso de las levaduras.

Existe evidencia de que el pan era conocido alrededor del año 2600 antes de Cristo en Babilonia, y ya en el siglo XII antes de Cristo era producido normalmente con una tecnología establecida. Esto significa que ya en esa época el hombre dominaba el uso de la levadura para levar la masa preparada con harina y producir así el pan.

La evidencia más antigua de la fabricación de vino es un ánfora con una mancha de vino encontrada en Irán, que ha sido datada en el año 3500 a.C. Pero no es fácil determinar con precisión dónde y cuándo se elaboró por primera vez, y es probable que haya sido por casualidad.

La cerveza también se produce y bebe desde tiempos inmemoriales... Pero fue recién en el año 1885 que Luis Pasteur descubrió que las responsables de la fermentación son las levaduras. Lo hizo mientras estudiaba las causas por las cuales, en algunas ocasiones, la elaboración de cerveza no resultaba del todo satisfactoria.

Las levaduras son hongos unicelulares. Como todos los hongos, son organismos heterótrofos y sus células son eucariotes.



LA PRODUCCIÓN DE PAN, VINO Y CERVEZA SE RELACIONA CON LA NUTRICIÓN DE LAS LEVADURAS

Como todos los seres vivos, las levaduras se nutren. Y, como son organismos heterótrofos, incorporan alimentos del medio, a partir de ellos obtienen la energía y los materiales que utilizan, y eliminan desechos al ambiente.

Las levaduras se alimentan principalmente de hidratos de carbono, como la harina y los azúcares.

Para vivir necesitan estar en contacto directo con un medio rico en hidratos de carbono, por ejemplo, los granos de los cereales, y la superficie y el jugo de frutas como las uvas o las manzanas.

Como en todos los hongos, una parte de la digestión de los alimentos ocurre fuera del cuerpo de las levaduras. Ellas producen y liberan sustancias digestivas sobre el medio que contiene al alimento. Esas sustancias hacen posible, por ejemplo, la transformación de la harina de los cereales en glucosa. La glucosa, que es un azúcar simple, ingresa a las células.

A partir de la glucosa, las levaduras obtienen energía mediante dos procesos diferentes: la respiración celular aeróbica y la fermentación alcohólica. Esta última es una forma de obtención de energía conocida como respiración anaeróbica, llamada así pues en ella no participa el oxígeno del aire. Por esta característica de poder realizar ambos procesos, dependiendo de las condiciones ambientales, se considera a las levaduras organismos *anaeróbicos facultativos*.

En la respiración aeróbica, la energía se obtiene mediante transformaciones químicas en las que, a partir de la glucosa y el oxígeno del aire, se forman dióxido de carbono y agua. La ecuación general de la respiración celular aeróbica es la siguiente:



En la fermentación alcohólica, la energía se obtiene mediante transformaciones químicas en las que, a partir de la glucosa, se forman dióxido de carbono y alcohol etílico. La ecuación general de esta transformación es la siguiente:



A través de la respiración aeróbica, las levaduras obtienen más energía que en la fermentación.

Un dato que da cuenta de esto surge de comparar los productos de ambas transformaciones: los de la respiración aeróbica son más simples y por lo tanto tienen un menor contenido energético que el alcohol que se obtiene en la fermentación. Esto significa que, en este proceso, parte de la energía queda en el alcohol, que la célula elimina, y esta energía no es aprovechada por la célula.

La fermentación se lleva a cabo principalmente cuando las levaduras se encuentran en un medio muy rico en azúcares, y cuando la cantidad de oxígeno en el medio es muy baja. Aunque en la fermentación no interviene el oxígeno, su presencia no impide que ocurra.

En condiciones de escasez de azúcares, las levaduras utilizan la respiración aeróbica. Esto resulta ventajoso ya que mediante este mecanismo obtienen un mayor rendimiento energético.

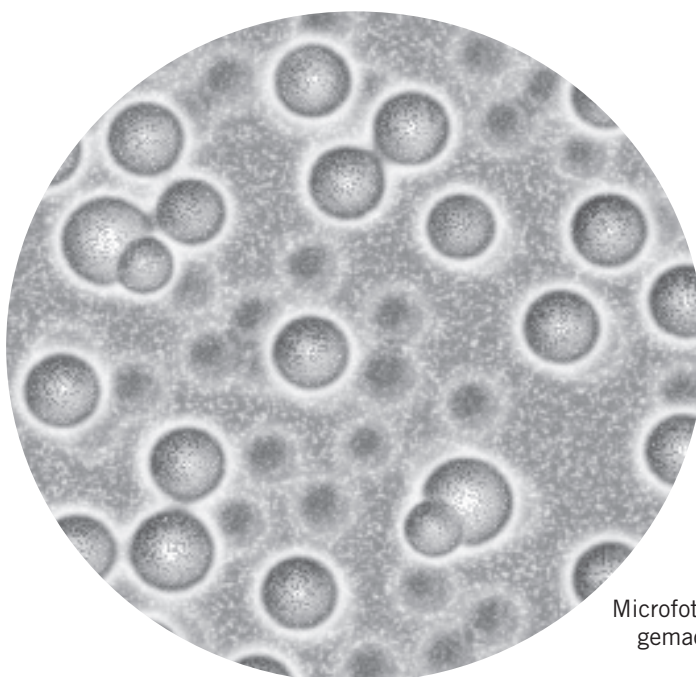
Durante la fermentación, el alcohol y el dióxido de carbono son eliminados al medio por las células de las levaduras. Durante la respiración, también se elimina dióxido de carbono al ambiente.

El dióxido de carbono es un gas, y es por eso que las levaduras levan la masa del pan, la pizza y otros alimentos similares. Mientras se deja reposar la masa a temperatura ambiente, las levaduras se alimentan y realizan la fermentación. Las burbujas de dióxido de carbono quedan atrapadas en la masa. Durante la cocción, la mayor parte del dióxido de carbono y del alcohol se evapora, dejando los espacios de las burbujas que dan la esponjosidad que caracteriza al pan.

LAS LEVADURAS SE REPRODUCEN

Como todos los seres vivos, las levaduras se reproducen. Y pueden hacerlo sexual y asexualmente.

La reproducción asexual se conoce como *gemación*. Consiste en la formación de una célula hija a partir de una célula madura, cuyo crecimiento se inicia como una pequeña protuberancia llamada *yema*. Esta yema crece hasta que alcanza un tamaño cercano al de la célula madre, y entonces ocurre primero la división nuclear y finalmente la separación de las dos células.



Microfotografía de levaduras en gemación. Aumento: 500x

HISTORIA DE LA TEORÍA CELULAR

Fuentes: Giordan, A. y otros. (1988) *Conceptos de Biología 1 y Conceptos de Biología 2*. Barcelona, Labor, 1988.

Papp, D. *Ideas revolucionarias en la ciencia*, Chile, Editorial Universitaria, Tomo II, 1993.

Espinoza, A. M. *La célula: unidad de los seres vivos*. Buenos Aires. Longseller, 2003.



En la actualidad, es común hablar de las células. Estudiamos que las células son las unidades de todos los seres vivos existentes, y que estar formados por células es una de las características que los identifica. Estas ideas que aporta la Teoría Celular no siempre formaron parte del conocimiento acerca de los seres vivos. Comenzaron a formularse hace, apenas, unos cuatro siglos.

¿Cómo se arribó a la proposición, hoy en día tan presente en los textos que leemos, de que *la célula es la unidad estructural y funcional de los seres vivos*? La Teoría Celular tiene su historia, y los invitamos a recorrer algunos pasajes.

LAS 'UNIDADES FUNDAMENTALES' VERSUS LA CONTINUIDAD

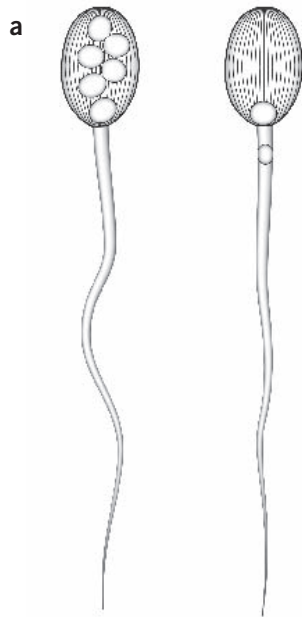
Explicar el fenómeno de la vida fue, desde tiempos remotos, uno de los problemas que muy frecuentemente se planteaban pensadores e investigadores. Algunas preguntas que se buscaba responder se referían a cómo está constituido el cuerpo de los seres vivos, a si todos ellos tienen algo común.

Hacia el siglo XVIII se habían formulado diversas teorías para explicar las características de los organismos a partir de su anatomía. Unas proponían la presencia de una 'sustancia fundamental' continua, eventualmente dividida por tabiques. Otras teorías, llamadas 'esencialistas', sostenían la existencia de una unidad anatómica primordial 'pequeña y simple' en todos los organismos, aun en los más complejos. Es decir, imaginaban que el cuerpo de los seres vivos no sería continuo, sino el resultado de la asociación de esas unidades. Quienes sostenían unas u otras teorías buscaban avalarlas mediante observaciones y experimentaciones, y hacían sus interpretaciones de acuerdo con la teoría a la que adhirieran.

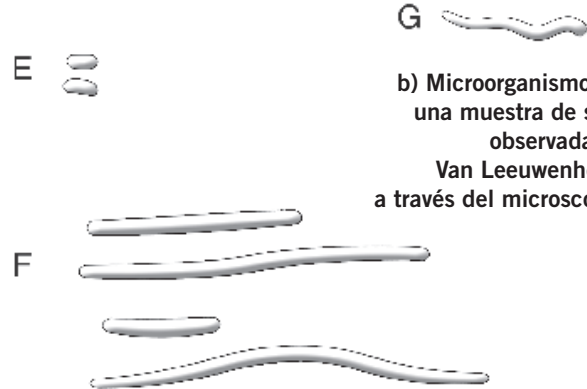
LA TEORÍA CELULAR Y EL MICROSCOPIO: DOS HISTORIAS ENTRELAZADAS

Aunque resulta difícil encontrar un comienzo, podríamos decir que la historia del microscopio empieza con la invención de un instrumento parecido a un telescopio por parte de los hermanos holandeses Juan y Zacarías Jansen, en el año 1590. Con él observaban diversos objetos pequeños. Pero se considera que los primeros en utilizar microscopios con fines biológicos fueron Anton Van Leeuwenhoek (1632-1723) –un inquieto comerciante de telas de origen holandés– y el físico inglés Robert Hooke (1635-1703).

En el año 1673, Van Leeuwenhoek perfeccionó el diseño de Jansen y, combinando lentes, obtuvo aumentos cercanos a las 300 veces. Esto le permitió hacer las primeras descripciones de pequeños corpúsculos a los que él llamó 'animálculos'. Observó gotas de agua, semen, sangre... y así describió a su modo microorganismos que hoy conocemos como protozoos, y células que, ahora sabemos, son espermatozoides.



a) Espermatozoides de conejo observados y dibujados por Van Leeuwenhoek

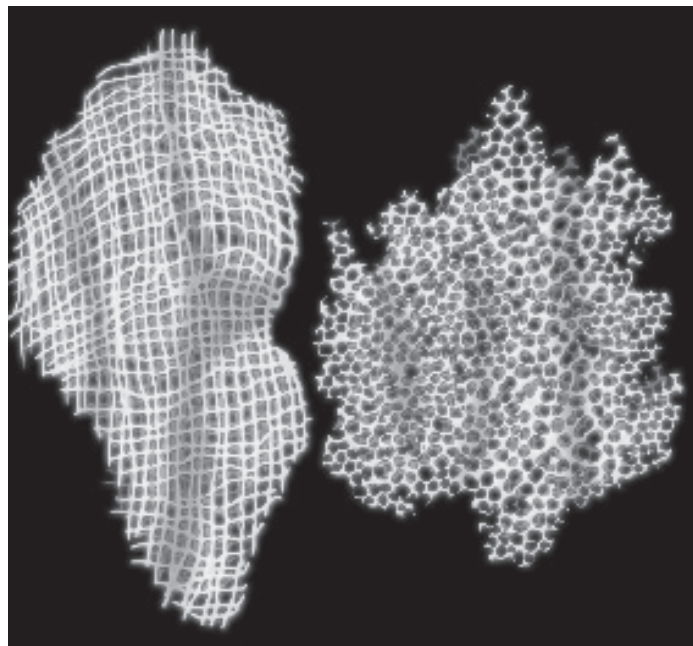


b) Microorganismos de una muestra de sarro observada por Van Leeuwenhoek a través del microscopio.

Leeuwenhoek describió de este modo sus observaciones al microscopio de una muestra de agua tomada de un lago: "[...] encontré flotando en ella partículas de tierra y ciertas bandas verdes enrolladas en espiral. [...] Otras partículas tenían solo el extremo de estas bandas, pero en conjunto no consistían más que en unos glóbulos verdes muy pequeños unidos entre sí. [...] Entre ellos nadaban gran cantidad de animalculos, algunos de los cuales eran redondeados mientras que otros, un poco más gruesos, eran ovalados. Vi que estos últimos tenían dos pequeñas patas cerca de la cabeza y dos aletas en el extremo del cuerpo. [...]".

EL SURGIMIENTO DEL TÉRMINO *CÉLULA*

Según la mayoría de los historiadores, quien utilizó el nombre *célula* por primera vez fue Hooke, en el año 1667. Él examinó en el microscopio una lámina muy delgada de corcho, y escribió: 'Pude (...) darme cuenta con toda claridad de que estaba perforada y llena de poros como un panal'.



Dibujo realizado por Robert Hooke al observar la lámina de corcho con el microscopio. Hooke propuso que había poros, y los imaginó como celdillas (en inglés, *cells*) alargadas.

Recabando información acerca del origen del corcho, supo que es una parte de la corteza de ciertos árboles. Entonces decidió examinar en el microscopio diversos fragmentos de vegetales, y encontró que en todos ellos se veía la misma apariencia porosa.

A partir de la interpretación de sus observaciones, Hooke dedujo que quizás el microscopio le permitiría encontrar estructuras comunes entre animales y vegetales y se propuso investigar esta hipótesis. Se preguntó si los poros podrían ser conductos que transportan jugos en las plantas, vistos en corte transversal, y que ellos serían equivalentes a los vasos de la circulación en los animales.

Las descripciones y propuestas de estos y otros investigadores del siglo XVII fueron de suma importancia, ya que iniciaron un movimiento de exploración de la naturaleza diferente para esa época, que incluía a los que eran considerados 'seres insignificantes', organismos extremadamente pequeños que viven en las aguas, el intestino, los residuos...

Pero no puede atribuirse a estos investigadores la autoría de la Teoría Celular, pues nada decían acerca del contenido de esas 'celdillas'. Justamente, el término *célula* que Hooke usó por encontrar un parecido entre lo que observaba en los vegetales y las celdas de un panal hace referencia únicamente al contorno, a los bordes.

Luego de este período del siglo XVII, transcurrieron más de cien años en los que no hubo avances notorios en torno a la estructura microscópica de los seres vivos. ¿Cómo podría explicarse tal estancamiento? El uso del microscopio ¿no habría permitido 'comprobar' la existencia de células?

CONTROVERSIA NUNCA FALTAN

Como decíamos, a comienzos del siglo XVIII, no todos los investigadores *veían* células. Quienes se resistían a la idea de la célula como unidad fundamental, y aun entre los que proponían que el cuerpo de los seres vivos no era continuo, no consideraban al microscopio como un instrumento eficaz para sus investigaciones.

Así, por ejemplo, el anatomista francés François Xavier Bichat (1771-1802) sostenía que los tejidos eran las partes más elementales a las que se podía reducir un organismo. Se dedicó a separar los tejidos de distintos órganos hasta obtener fragmentos pequeños y realizarles distintas pruebas físico-químicas. Bichat proponía la existencia de 21 categorías de tejidos, cada uno de los cuales desempeñaría un papel en el organismo. Así, explicaba la diversidad de seres vivos existente como resultado de las distintas combinaciones de estos tipos de tejidos. Bichat no utilizaba microscopios, pues los creía poco apropiados para observar y analizar en biología. Sólo los consideraba útiles para la observación de 'materia inanimada'. Otros científicos coincidían con él, condenando al microscopio por 'prestar ayuda a quienes sostienen falsas teorías'.

La falta de interés en las investigaciones sobre las 'unidades fundamentales' de los seres vivos determinó el estancamiento en el avance de técnicas y microscopios. Durante el siglo XVIII, la micrografía casi no hizo ningún progreso.

LA FORMULACIÓN DE LA TEORÍA CELULAR⁷

Durante la primera mitad del siglo XIX cambiaron profundamente las condiciones en las que trabajaban los investigadores. Al mismo tiempo, también se observa un interés renovado por el mundo vivo, que impulsa nuevos estudios microscópicos. La multiplicación de laboratorios en las universidades permitió el desarrollo rápido de instrumentos, en particular del microscopio. Sus características se comienzan a definir de un modo preciso: se establecen los aumentos, el campo visual, la importancia de los errores provocados por las técnicas. Y el empleo correcto del microscopio exige el aprendizaje de iguales pautas para todos los usuarios.

La proliferación de trabajos en Francia, Alemania e Inglaterra permitió un importante acopio de resultados nuevos. La atención de los investigadores se desvió del contorno al contenido celular: en 1831 se propuso la existencia de un *núcleo*, en 1835 se describe por primera vez el *citoplasma* (aunque en ese momento se lo llamó *sarcoda*).

En el año 1838, Mathías J. Schleiden (1804-1881), partiendo de las ideas de sus precursores, formuló la estructura celular de los vegetales. Definió a las plantas como 'agregados de seres totalmente individualizados, independientes y distintos, que son las células. Cada célula lleva una doble existencia, una propia, que corresponde a su desarrollo, y otra ocasional, en tanto componente de la planta'. Acerca de cómo se originan nuevas células, Schleiden pensaba que podrían formarse a partir de materiales no vivos. A pesar de estas ideas acerca de la multiplicación celular, que actualmente son consideradas incorrectas, la obra de Schleiden resultó de gran importancia.

Theodor Schwann (1810-1882) estudió la estructura celular en los animales y encontró una gran similitud con las células vegetales descritas por su antecesor. Se preguntó si se le podría adjudicar a las células animales la misma función biológica que se le atribuía en los vegetales. Schwann tenía la firme convicción de que todos los tejidos animales están formados por células. Y no se conformó hasta que consideró probada esa hipótesis. Para eso, no solo estudió los tejidos en su estadio adulto, sino que los investigó desde las primeras etapas de su formación. Y encontró células en todos los tipos de tejidos observados.

Schwann se hacía preguntas tales como: ¿qué es el huevo de los animales sino una célula capaz de crecer y multiplicarse por sí misma?; ¿acaso no es posible extraer fragmentos de ciertas plantas sin que por ello los trozos pierdan el poder de multiplicarse fuera del organismo? Se robustece así su idea de que la célula posee todos los atributos de la vida. Y enuncia: 'Todos los seres vivos, plantas o animales, consisten ya sea en células o en sustancias segregadas por células'. Tal es la conclusión final de su obra *Investigaciones microscópicas sobre la identidad en la estructura y el crecimiento de plantas y animales*, publicada en 1839, y considerada como el nacimiento de la Teoría Celular.

El principal aporte de Schwann consistió en explicar mediante una misma unidad, la célula, no solo la estructura básica de los seres vivos sino también las características

⁷ La historia acerca del conocimiento del núcleo, el material genético y los mecanismos de la herencia no se desarrolla en este texto.

generales de su funcionamiento. Permitió definir a la célula ya no solo por su membrana sino por su contenido: una masa citoplasmática con un núcleo en su interior.

La teoría formulada por Schwann condujo a un gran número de nuevas ideas que pudieron ser puestas a prueba experimentalmente. Favoreció el desarrollo de nuevas técnicas y métodos que dieron fuerte impulso a la investigación biológica. A la luz de la Teoría Celular se pudieron retomar y reorientar ideas de anteriores investigadores, por ejemplo las de Bichat, acerca de los tejidos, y avanzar a partir de ellas en la formulación de nuevos conocimientos.

Pero esta teoría no fue recibida de buen grado por todos los investigadores de la época. Algunos la rechazaban porque no aceptaban el uso de técnicas que alteraran las condiciones de acceso al conocimiento.

LOS TRABAJOS POSTERIORES A LA FORMULACIÓN DE LA TEORÍA CELULAR

La síntesis realizada por Schleiden y Schwann solo representaba un primer esquema, que se iría ampliando y también modificando. Por ejemplo, su teoría sostenía que las células se originarían a partir de un material no vivo, amorfo. Estas ideas cambiaron a partir de diversos trabajos, entre los que se destacan los de Rudolf Virchow (1821-1902), con tejidos animales, quien en 1855 propuso: 'Donde aparece una célula debe haber existido otra célula...'. Y los de Luis Pasteur, que en 1859 permiten dejar de lado la teoría de la generación espontánea de los microbios. La autorreproducción celular se considera desde entonces un carácter esencial de los seres vivos. Los progresos en las técnicas citológicas diseñadas por ellos permitieron nuevos hallazgos relativos a la fecundación, al desarrollo, a las secreciones de las células.

A partir de 1880, el interés de los investigadores se centró cada vez más en el citoplasma. En los últimos años del siglo XIX mejoraron mucho las condiciones de la observación microscópica. Se diversificaron las técnicas para montar, fijar y colorear las muestras. Ya no se lo suponía una masa gelatinosa homogénea donde la actividad metabólica se debía a su composición química. El aislamiento de los componentes químicos mostraba que no alcanzaba la simple presencia de moléculas para provocar las actividades celulares; observaban, por ejemplo, que un simple aplastamiento alcanzaba para matar a una célula. Surgió la idea de buscar una organización propia para el citoplasma.

En los primeros años del siglo XX comienza a utilizarse la técnica de ultracentrifugación para separar los componentes celulares. Se buscaba identificar y caracterizar corpúsculos que, incluidos en el citoplasma, cumplirían determinadas funciones. Pero durante varios años no hubo grandes avances en estas investigaciones.

A partir de 1935, con el desarrollo del microscopio electrónico, se produjo una nueva profundización en la teoría. Este instrumento permitió obtener imágenes con un aumento mucho mayor. Se utilizaron nuevas técnicas de separación, fijación y tinción. Se pudieron realizar nuevas observaciones e interpretaciones y surgieron también nuevos interrogantes. Por ejemplo, se pudieron separar los diferentes orgánulos y su estudio puso de relieve la importancia de las membranas dobles, como las de las mitocondrias y los cloroplastos.

También se desarrollaron técnicas basadas en pruebas histoquímicas (pruebas con sustancias que se usan para detectar algún componente de la célula o alguna transformación que ocurre en ella), que contribuyeron a proponer explicaciones acerca de las transformaciones que ocurren en procesos como la fotosíntesis y la respiración celular. La Teoría Celular es actualmente una herramienta eficaz para los científicos, pues les permite explicar numerosas observaciones acerca de la estructura y el funcionamiento de los seres vivos y avanzar hacia nuevos conocimientos.

¿LOS INSTRUMENTOS SOFISTICADOS RESUELVEN TODO?

En el año 1996, la NASA anunció que sus investigadores habían descubierto fósiles de organismos microscópicos en ALH 84001, un meteorito marciano encontrado en la Antártida en 1984. Uno de los investigadores del equipo afirma: 'Durante dos años, hemos aplicado lo último en tecnología para realizar estos análisis, y creemos haber encontrado una evidencia bastante razonable de la existencia de vida pasada en Marte. Nosotros no afirmamos haberlo probado de una forma definitiva. Estamos comunicando esta evidencia a la comunidad científica para que otros investigadores puedan verificar, atacar, mejorar, refutar –si pueden– este estudio, como parte del proceso científico'.

Este hallazgo produjo una intensa discusión entre los científicos. Algunos argumentan que las estructuras encontradas en ALH 84001 son demasiado pequeñas (menos de 100 nanómetros) como para almacenar todo el material orgánico que un organismo necesita para vivir. Y ante esto, quienes sostienen que se trata de fósiles han presentado como prueba que existen microorganismos terrestres tan pequeños como las estructuras que se observan en ALH 84001.

Actualmente, la mayor parte de los científicos piensa que ALH 84001 no prueba la existencia de vida en Marte en el pasado, aunque el debate continúa. Cabe preguntarnos ¿dudarían los científicos que se trata de fósiles si la roca hubiera sido terrestre y no marciana? La diferencia estaría en aceptar que puede haber vida en otro planeta... ¿Es suficiente, entonces, contar con técnicas refinadas y un conocimiento inmenso de la estructura celular para resolver todos los problemas que se plantean los científicos acerca de esos temas?



VESÍCULAS Y TRANSPORTE INTRACELULAR Rothman, J. y Orci, L. “Vesículas y transporte intracelular”, en *Investigación y Ciencia*, Barcelona, 1996.

James E. Rothman y Lelio Orci colaboran en sus trabajos de investigación desde hace más de un decenio. Rothman dirige el programa de bioquímica y biofísica celular en el Centro de Investigaciones sobre el Cáncer Memorial Sloan Kettering. Orci es director del departamento de morfología y profesor de Histología y Biología Celular de la Facultad de Medicina de la Universidad de Ginebra (Suiza).



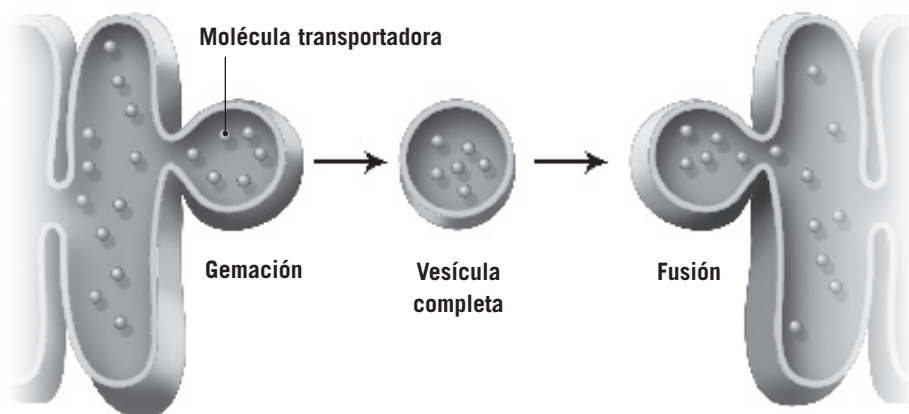
Todas las células con núcleo –sean de colonias de levaduras, de plantas o de humanos– poseen una organización interna compleja, que se asemeja a la de una ciudad

bien administrada. Quizá lo más notable estribé en que, para la buena marcha de la célula y de la ciudad, ambas cuentan con la coordinación de las actividades de *departamentos especializados*.

En las células, tales recintos están amurallados por membranas y reciben el nombre de orgánulos. Un breve paseo por algunos de los principales departamentos de esas ciudades celulares podría muy bien comenzar por la membrana externa, ella, a su vez, un orgánulo. Esta estructura nos evoca la muralla con puertas levadizas que circundaban las ciudades de la antigüedad, por cuanto controla la entrada de nutrientes y otros materiales, así como la salida de productos sintetizados en su interior.

Otro departamento clave, situado en el interior profundo de las células, funciona como un centro de elaboración. Se trata del retículo endoplasmático, donde se producen muchas proteínas, componentes fundamentales de las células. Las proteínas recién sintetizadas se transportan a otro departamento, al aparato de Golgi, donde se modifican (a menudo con la adición de azúcares) y, por último, se envían a otros destinos, dentro o fuera de la célula. El aparato de Golgi constituye uno de los principales centros de distribución de nuestras ciudades microscópicas. Las células incluyen también sus propios centros de reciclaje, los *lisosomas*. Estos centros degradan proteínas viejas y algunas otras moléculas, para que sus partes integrantes puedan remodelarse y volverse a aprovechar. Los lisosomas aceptan, asimismo, material procedente del exterior de la célula. No sorprende, pues, que las células hayan desarrollado en el curso de la evolución un complejo sistema de transporte para trasladar proteínas de un orgánulo a otro.

[...] Cada célula produce muchos tipos de vesículas transportadoras, y cada tipo se especializa en una vía de transporte intracelular o una clase de cargamento. [...] Sin duda, las vesículas transportadoras son vitales para muchos aspectos del funcionamiento, no solo de una célula determinada, sino también del organismo entero. Pese a ello, durante muchos años se ignoró su proceso de formación.



REFLEXIONES SOBRE LA INVESTIGACIÓN REALIZADA

Recientemente, los autores y sus colaboradores han perfilado bastantes detalles moleculares de su formación. Además del interés intrínseco, los resultados podrían revestir también gran valor para la medicina. Pensemos, por ejemplo, que las células

tumorales sólo se multiplican si sus vesículas transportadoras funcionan adecuadamente. Por consiguiente, las sustancias que impidieran la formación de vesículas podrían agregarse a la farmacopea anticancerosa disponible.

Esta descripción se asemeja en muchos aspectos al guión característico de la biología celular moderna. En efecto, tiene sus orígenes en la microscopía (que reveló la existencia de las vesículas transportadoras) y su resolución en la bioquímica (que ha ahondado en las reacciones moleculares implicadas en la formación de las vesículas).

Esta historia ilustra también la verdadera naturaleza de la investigación científica. Los ajenos al quehacer de la ciencia tienden a considerar los descubrimientos como un proceso impersonal, en el que la pura reflexión intelectual conduce, por lógica inexorable, a la solución nítida del problema.

Esta visión de las cosas subestima el papel que desempeñan los pasos en falso, los golpes de suerte y la tenacidad sin descanso. Las descripciones de los manuales no captan el encanto de esa búsqueda en pos de la presa. En nuestro caso, una buena parte de dicho disfrute tuvo que ver con el hecho de que trabajábamos en estrecha asociación, a pesar de encontrarnos separados por el océano Atlántico, lo que limitaba nuestros encuentros a una visita anual.



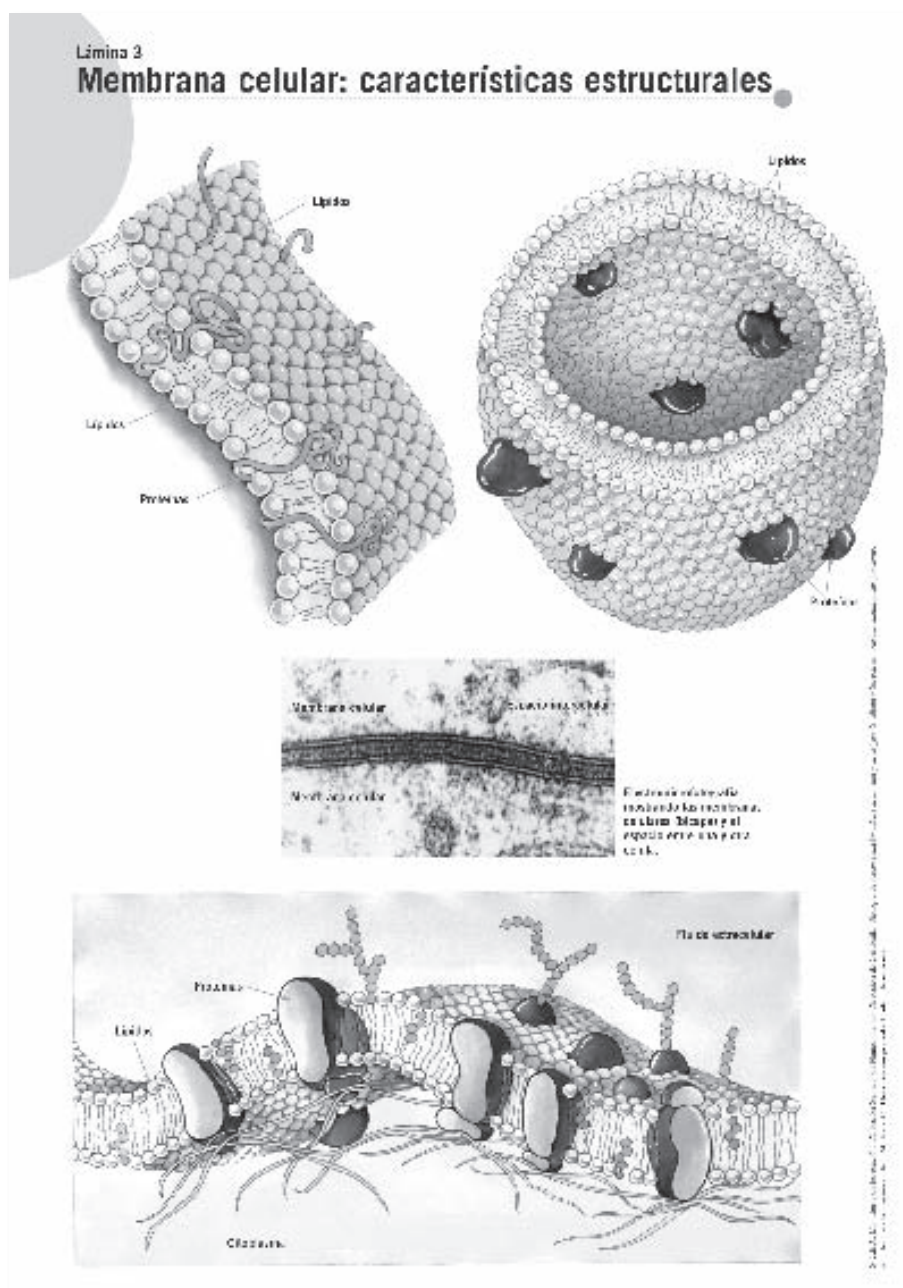
SUGERENCIAS PARA EL TRABAJO CON ESTOS TEXTOS

El texto “Las levaduras” podrá ser utilizado para contrastar, complementar y ampliar la información obtenida mediante las actividades experimentales propuestas en “Las levaduras como caja negra”. Se sugiere la lectura del texto “Historia de la Teoría Celular” luego de haber desarrollado la secuencia completa de “Las levaduras como caja negra”.

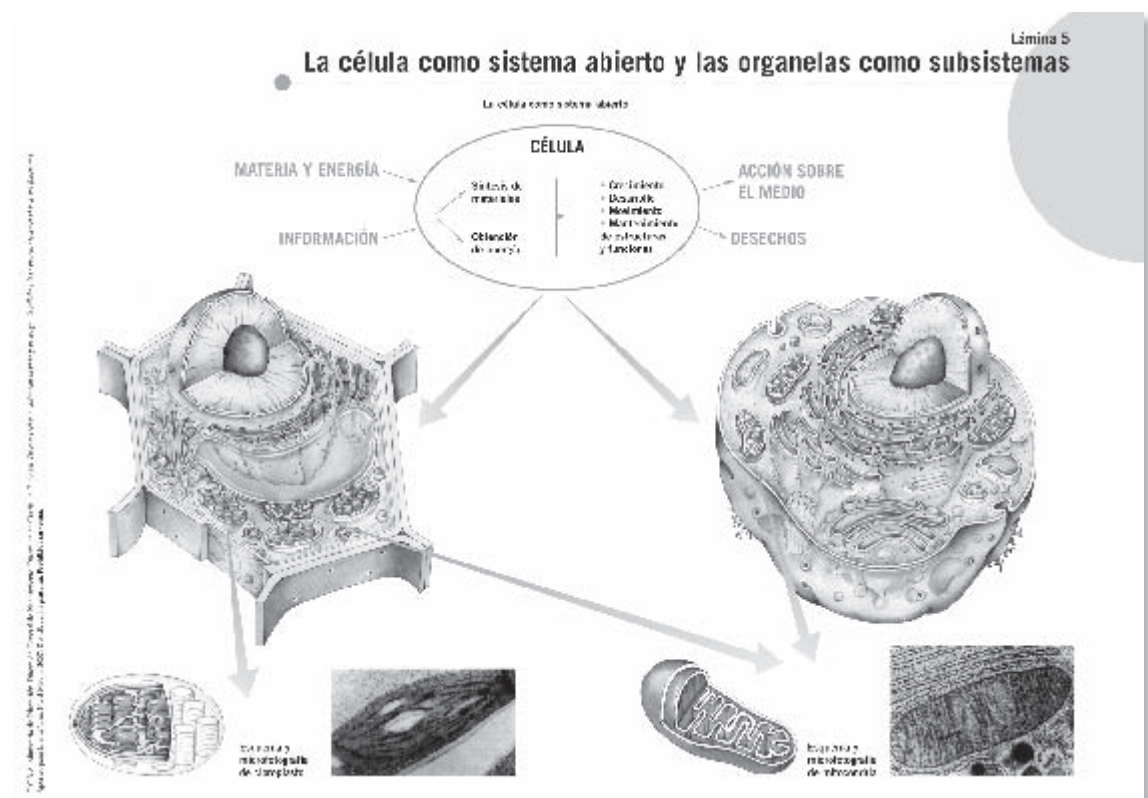
Al finalizar la lectura se podrán plantear preguntas tales como: *¿podríamos decir que las células “existían” y que los investigadores en algún momento las “descubrieron”?; ¿qué información necesitaron para poder decir que lo que observaron en el preparado de levaduras eran células?; ¿qué ideas acerca del citoplasma orientaron la búsqueda de estructuras como las mitocondrias o los cloroplastos en el interior de las células?; ¿es posible observar estas organelas con el microscopio óptico? ¿Les parece que la Teoría Celular pudo elaborarse exclusivamente gracias a la observación al microscopio?*

La lectura de este texto se complementa con la interpretación de las LÁMINAS 3, 4 y 5 como ejemplos de los modelos que se pueden elaborar a partir de las observaciones microscópicas y las pruebas bioquímicas enmarcadas en los conocimientos que aporta la Teoría Celular.

El texto “Vesículas y transporte intracelular” podría introducirse hacia el final de la secuencia didáctica, con el propósito de relacionar todo lo estudiado, pero sin profundizar en el contenido en sí de las vesículas y el transporte intracelular. Una actividad posible de realizar con este texto sería ubicar en él los párrafos que se relacionan con las estructuras y/o mecanismos representados en las distintas láminas y otros recursos que se hayan utilizado. Resultará especialmente interesante detenerse en la reflexión que hacen los autores acerca de la naturaleza de la investigación científica.



G.C.B.A.



SUGERENCIAS PARA EL TRABAJO CON ESTAS LÁMINAS

Entre las imágenes de la LÁMINA 3 "La membrana celular: características estructurales" aparece una electromicrofotografía que muestra una imagen de las membranas celulares donde se pueden visualizar como dobles líneas. Los dibujos son diferentes representaciones basadas en el modelo de la doble capa lipídica, en orden creciente de complejidad. En todas estas imágenes es posible reconocer las características que se propone enseñar, de acuerdo con lo planteado en el programa de segundo año: la membrana conformada por biomateriales (lípidos, hidratos de carbono, proteínas) organizados de un modo particular. Para interpretar estas imágenes los alumnos podrán utilizar lo aprendido acerca del modelo corpuscular y de la composición de los seres vivos.

Para el estudio de los mecanismos básicos mediante los cuales las células intercambian materiales con su entorno, las imágenes de la LÁMINA 4 "Intercambio de materiales entre el entorno y la célula" representan la estructura de la membrana de modo sencillo y, al mismo tiempo, distinto de las anteriores. Se espera que los alumnos puedan compararlos, interpretarlos y establecer nuevas relaciones entre la estructura de la membrana y su funcionamiento. Podrán poner en juego los aprendizajes acerca de la membrana como límite entre el medio interno de la célula y el medio externo, y el mantenimiento de las condiciones internas que, según la teoría de Oparín, posibilitó el surgimiento de las primeras formas de vida a partir de los coacervados. Resultará útil el uso combinado de estas imágenes con la LÁMINA 1 "Los coacervados como sistemas abiertos". También se podrá establecer una relación entre el mecanismo de fagocitosis y la teoría endosimbiótica. Para esto, se sugiere volver a utilizar la LÁMINA 2 "Surgimiento de las células eucariotas: teoría endosimbiótica".

La mirada sistémica de la célula permitirá establecer relaciones entre los intercambios de materiales en los distintos niveles de organización (organísmico, celular, subcelular). La LÁMINA 5 "La célula como sistema abierto y las organelas como subsistemas" muestra los intercambios en el nivel celular que se relacionan con las funciones de nutrición.

Estas imágenes incluyen otros componentes subcelulares *únicamente con la finalidad de aproximar a los alumnos a la complejidad de estas células*, de modo que puedan ubicar las organelas que intervienen en las funciones de fotosíntesis y respiración celular respecto de la totalidad de las estructuras.

Estas láminas también pueden ser presentadas hacia el final de la secuencia "Las levaduras como caja negra", en el momento en que los alumnos sintetizan toda la información obtenida e interpretan el esquema que representa los intercambios de materiales en una célula de levaduras.

Resultará provechoso interpretar, conjuntamente con esta, la LÁMINA "Los seres vivos como sistemas".⁸ Para trabajar la nutrición en el nivel celular en los organismos heterótrofos se recomienda destacar la relación entre los lisosomas y el mecanismo de fagocitosis, utilizando nuevamente la LÁMINA 4 " Intercambio de materiales entre el entorno y la célula" y mediante la lectura del texto "Vesículas y transporte intracelular".

⁸ *Biología. Los intercambios de materia y energía en los seres vivos*. Aportes para la enseñanza, Nivel Medio, G.C.B.A. Ministerio de Educación, Dirección General de Planeamiento, Dirección de Currícula, 2006

DIVERSIDAD BIOLÓGICA: NUTRICIÓN Y MULTICELULARIDAD⁹

El programa de segundo año propone el estudio comparativo de una variedad de organismos representativos de los distintos niveles de organización y de los diferentes reinos, haciendo hincapié en las adaptaciones y en las grandes “adquisiciones” evolutivas, que pueden ser ejemplificadas en algunos grupos a través de la descripción detallada de cada uno de ellos.

El estudio del pasaje de la unicelularidad a la multicelularidad permite profundizar la comprensión de dos ejes conceptuales centrales de la Biología: la Teoría Celular y el estudio de la diversidad biológica desde una perspectiva evolutiva. En cuanto a la Teoría Celular, las nociones adquiridas sobre la célula eucariota permiten comprender la relación entre la complejidad y el tamaño corporal de los organismos multicelulares, y las transformaciones de materia y de energía que se producen en ellos. Esto es, otorgar significado a la definición: “La célula es la unidad funcional y estructural de los seres vivos”.

En cuanto a la mirada evolutiva, el conocimiento de las teorías que explican el origen de los organismos multicelulares ayuda a explicar sus rasgos comunes y, al mismo tiempo, la diversidad de las estructuras existentes en la actualidad.

ACTIVIDADES EXPLORATORIAS Y EXPERIMENTALES: LA MULTICELULARIDAD Y LA RELACIÓN SUPERFICIE / VOLUMEN

Para el aprendizaje de estas nociones resulta esencial comprender la importancia que tiene la relación superficie/volumen para los intercambios de materia y energía entre las estructuras biológicas entre sí y con el medio: amplia superficie/ Volumen reducido = elevado cociente; así como explicar el surgimiento de este rasgo estructural como consecuencia del proceso evolutivo.

Las actividades que se presentan a continuación tienen como propósito favorecer el aprendizaje de este concepto.

- **Un problema como punto de partida** •
- Existen algunos grupos de seres vivos que no pueden considerarse constituidos por •
- muchas células pero tampoco por una sola. Por ejemplo, el cuerpo de algunas algas es •
- un conjunto de filamentos que, si se los observa al microscopio, es posible ver que no •
- están constituidos por células sino que son homogéneos y poseen numerosos núcleos. •
- Solo se encuentran membranas separando los filamentos de las estructuras reproductoras, que son sumamente simples. •
- •

⁹ El diseño de la experiencia “forrar cubos de papel” es de Marta Matusevich, quien también colaboró en la elaboración de la introducción de este apartado.

La organización del cuerpo de estas algas es en general muy simple. Son organismos acuáticos cuyo crecimiento les permite expandirse con facilidad, e incluso algunas especies constituyen plagas. Parece ser que para estos organismos, el hecho de no ser multicelulares no representa una desventaja. Sin embargo, la mayor parte de los seres vivos macroscópicos actuales (y también algunos microscópicos) es multicelular. Y aunque su aparición en el proceso evolutivo es mucho más reciente que la de los organismos unicelulares, presentan actualmente una enorme diversidad de formas de vida.

¿Qué ventajas pudo haber representado entonces el poseer el cuerpo constituido por numerosas células?

Modelos que ayudan a buscar explicaciones

(Se presentan diversas opciones de modelización mediante análogos concretos.)

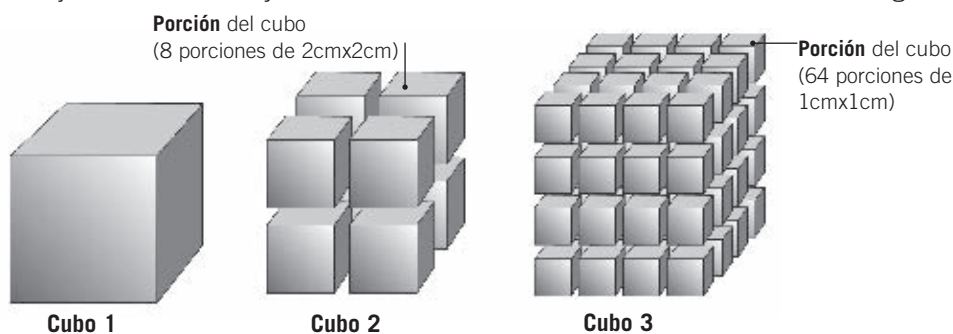
1. Tinción de cubos de gelatina

Materiales:

- Cubos de gelatina,
- azul de metileno,
- cuchillos, vasos y platos (pueden ser descartables),
- hojas canson blancas.

Se presenta a los alumnos, organizados en grupos, un set de 3 cubos de gelatina de 4 cm de lado.¹⁰

a. Dejar entero un cubo y cortar cada uno de los otros dos tal como lo muestra la figura.



- b. Colocar igual cantidad de agua en cada vaso (debe caber un cubo completo en cada uno), y agregar a los tres la misma cantidad de azul de metileno (de modo que las mezclas adquieran una coloración intensa).
- c. Poner el cubo entero en un vaso, el cortado en 8 porciones en el otro y el cortado en 64 porciones en el tercer vaso.
- d. Dejar los cubos sumergidos en el agua coloreada durante 20 minutos, aproximadamente.

¹⁰ Se sugiere preparar el día anterior la gelatina sin sabor, con un poco menos del agua indicada para que quede bien firme. Se la puede preparar en un recipiente cuadrado o rectangular que tenga más de 4 cm de alto, y que alcance para cortar 4 cubos iguales de 4 x 4 (así queda uno más por si alguno se rompe). Una vez hecha, cortar los cubos a la medida. Otra forma es armar moldecitos individuales de cartón o de aluminio, y una vez hecha la gelatina, desmoldarlos.

e. Mientras tanto, realizar los cálculos necesarios para completar la siguiente tabla:¹¹

Longitud del lado de cada PORCIÓN de cubo	Área total expuesta al colorante, en cada CUBO	Volumen de cada CUBO	Relación superficie/volumen
(4 cm)	(96 cm ²)	(64 cm ³)	(1,5:1)
(2 cm)	(192 cm ²)	(64 cm ³)	(3:1)
(1 cm)	(384 cm ²)	(64 cm ³)	(6:1)

- f. Retirar el líquido de los recipientes y preparar tres papeles blancos.
- g. Tomar el cubo entero y colocarlo sobre un papel. Cortar al medio, observar y describir la coloración en su parte exterior e interior.
- h. Tomar las porciones de 2 cm x 2 cm y proceder del mismo modo. Procurar agruparlas para comparar la coloración que presentan todas juntas con la del cubo que se sumergió entero.
- i. Seguir el mismo procedimiento con las porciones de 1 cm x 1 cm, y comparar la coloración de los tres cubos. (Con las porciones más pequeñas resultará más difícil “rearman” el cubo completo, pero, aunque puedan reunir solo algunas, podrán visualizar que la coloración general es más intensa que la observada al juntar las porciones del otro cubo, y más aún que el cubo entero.)

2. Forrar cubos de telgopor

Materiales:

- Cubos de telgopor de distintas medidas: un cubo de 15 cm x 15 cm x 15 cm y 27 cubos de 5 cm x 5 cm x 5 cm.
- 2 papeles afiche de distinto color,
- alfileres.

(Entregar a cada grupo un juego de cubos de telgopor y dos hojas de papel afiche de distinto color.)

- a. El volumen de un cubo A de 15 cm de arista es de 3.375 cm³. ¿Qué superficie tendrá cada una de sus caras?
- b. ¿Qué volumen tendría un cubo B, también de 15 cm de arista, pero formado a su vez por cubitos de 5 cm de arista?
- c. Realicen un dibujo del cubo A y otro del cubo B.
- d. Si tuvieran que cubrir con papel ambos cubos de tal modo que todas las superficies (externas e internas) quedaran cubiertas, ¿cuál será la cantidad de papel necesario para cubrir A y cuál para cubrir los cubitos que forman B?
- e. Realicen la experiencia, utilizando los cubos de telgopor, los papeles y los alfileres. Utilicen los alfileres para sostener el papel que cubre los cubos. Usen papel de un color para A y de otro color para B.
- f. Una vez forrados de este modo, retiren los papeles del cubo A y formen con ellos una figura geométrica. Hagan lo mismo con B. Midan y calculen la superficie de cada figura.

¹¹ Se incluyen los valores para el profesor, a modo indicativo.

- g. Comparen los datos obtenidos mediante la medición con sus cálculos anteriores.
- h. ¿Cómo será la superficie total de un cubo C de 15 cm de arista formado por cubitos de 1 cm?

Al finalizar la experiencia, cualquiera sea la que desarrollen, se realizará una puesta en común. En ella se relacionarán los resultados con los datos obtenidos de los cálculos, y se establecerá la analogía entre la tinción o forrar los cubos, y los intercambios de materiales que se producen en los seres vivos. Podrán retomar el texto del problema inicial y relacionar la estructura filamentosa de las algas que allí se describe con el modelo análogo utilizado.

Luego de la puesta en común, los alumnos podrán leer textos referidos a las ventajas adaptativas de la multicelularidad, y relacionar su contenido con la experiencia realizada.

SUGERENCIAS PARA EL TRABAJO EN EL AULA

Durante estas experiencias, suele suceder que los alumnos pierden de vista que se están comparando los tres cubos completos y no cada porción. En el caso de la gelatina, además de proponer el agrupamiento de las porciones teñidas para visualizar el conjunto, convendrá insistir en que el volumen total considerado es siempre el mismo, ya sea que el cubo se encuentre entero o fraccionado.

En la puesta en común se podrá reforzar esta idea, proponiendo que imaginen que las porciones se pueden mantener conformando el cubo a cierta distancia, como lo muestran los esquemas de los cubos 2 y 3, y señalar o dibujar cómo el colorante se podría introducir en los espacios que quedan entre las porciones. En el segundo modelo, esto se podrá señalar directamente sobre el material, envolviendo y desenvolviendo los cubos más pequeños que componen la unidad. Esto los ayudará a comprender que la superficie que calcularon en cada caso corresponde al cubo total, y es la sumatoria de todas las superficies que están en contacto con el líquido o con el papel (es decir, la sumatoria de las superficies de todas las porciones).

Cabe destacar que el modelo de la gelatina es un experimento que requiere del control de variables. Será interesante explicitar cuáles son las variables por controlar (tiempo de exposición al colorante, concentración del colorante), cuál es la variable independiente (el número de cortes que se practican en los cubos) y la variable dependiente (la intensidad de la coloración en los cubos).

Se sugiere proponer a los alumnos la lectura de los Textos “Razón de ser” y “Evolución del tamaño”, y/o los de otros que se recomiendan en ese mismo apartado.

Será importante poner en juego este concepto en distintos contextos, cada vez que se estudien las estructuras de nutrición, así como también se analicen desde este punto de vista las organelas celulares anteriormente estudiadas, tales como mitocondrias y cloroplastos.

TEXTOS PARA LOS ALUMNOS

Se han seleccionado dos textos referidos al origen de la multicelularidad, que explican de qué modo esta adquisición evolutiva se relaciona con el tamaño de los seres vivos, con la especialización y con la eficacia en los intercambios de materia y de energía.

RAZÓN DE SER

Extraído y adaptado de Baker, J. y Allen, G.
Biología e investigación científica. EE.UU.
Fondo Educativo Interamericano, 1970.



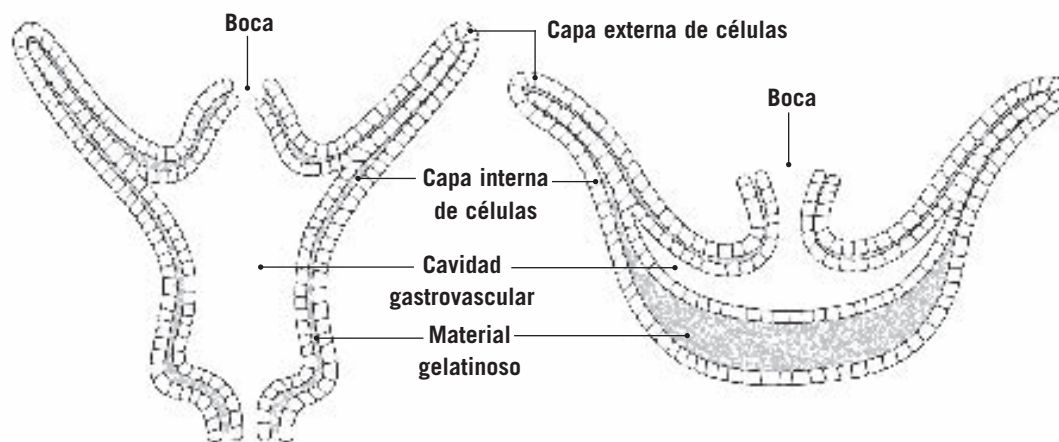
Si la diversidad animal se debe explicar por la hipótesis de evolución por selección natural, debe haber buenas razones para retener cualquier característica exhibida por una especie. En cualquier punto particular de su historia, una especie muestra la suma total de los cambios adaptativos preservados (o por lo menos no eliminados) por selección natural. Por lo tanto, cualquier característica anatómica o fisiológica de un animal debe tener algún valor selectivo o, por lo menos, no ser perjudicial en relación con los agentes de selección.

En general, los registros fósiles apoyan el hecho de que las formas animales anatómicamente más complejas aparecieron en la Tierra más tarde que las formas simples. Es ciertamente razonable asumir que los sistemas biológicos simples debieron haber precedido a los complejos. Y, como hemos visto, es también consistente con nuestra hipótesis asumir que en ciertos grupos debió haber alguna ventaja selectiva al convertirse en más complejos. Nótese que no estamos diciendo aquí que un aumento en la complejidad es la regla general en la evolución animal, y que actúa uniformemente en todos los grupos. De hecho, por lo menos en una forma (los ammonitas), se encontró un *descenso* en complejidad. Lo que estamos diciendo es que, *en algunos grupos* la selección natural ha favorecido un aumento en complejidad.

Considérese, primero, la evolución de la multicelularidad. Los organismos multicelulares deben haber sido precedidos por organismos unicelulares. ¿Qué patrones de selección favorecieron la adopción de un estado multicelular en algunos grupos? El examen de estas formas podría ayudar a encontrar una respuesta. El estado multicelular permite la diferenciación celular (es decir, algunas células capturan y digieren el alimento, otras juegan algún papel en la reproducción o protección del organismo, y otras en la impulsión, etc.). Esta diferenciación podría resultar en un aumento en la habilidad del organismo para explorar y explotar su ambiente.

Sobre cuándo o cómo evolucionó la multicelularidad podemos solamente especular. Los registros fósiles lógicamente no ayudan mucho, pues los animales multicelulares complejos estaban ya firmemente establecidos en el período Precámbrico. Debemos contentarnos solamente con examinar organismos como el *Volvox*, una colonia simple de células especializadas, y suponer que esta forma podría tener alguna semejanza con el primer organismo multicelular.

Después, en alguna etapa de la evolución, ciertas formas multicelulares desarrollaron una estructura de dos capas. Esta estructura está presente en algunos miembros de *Phylum cnidaria* (por ejemplo, las medusas o 'aguas vivas'). La cavidad gastrovascular así formada sirve para las funciones tanto digestivas como circulatorias. Ahora, la digestión puede ser extracelular; las células que recubren la cavidad secretan enzimas digestivas directamente sobre la presa capturada. ¿Cuál es la ventaja selectiva de esta organización? La respuesta es que los organismos grandes que no podían ser ingeridos por una célula se pueden utilizar ahora como alimento.



El desarrollo de una tercera capa de células entre las capas interna y externa, llamada mesoderma, es característico en todas las formas de vida que representan la complejidad por encima de los cnidarios. Desde luego, después de alcanzar una cierta complejidad ya no todas las células están expuestas al medio. Se puede preguntar entonces: ¿qué ventaja selectiva tiene el mesoderma? Del mesoderma se desarrollan sistemas complejos (por ejemplo, el sistema muscular y el circulatorio) que caracterizan y dan versatilidad a las formas animales complejas, y que hacen posible la distribución de materiales desde y hacia las células internas del cuerpo.



EVOLUCIÓN DEL TAMAÑO

Extraído de Mahon, T. y J. Bonner, "Tamaño y vida". Biblioteca Científica American. Barcelona, Labor, 1996.



El hacerse pluricelular es un modo especialmente significativo de hacerse grande. El advenimiento de la pluricelularidad abrió las compuertas de la evolución, permitiendo la aparición de grandes animales con cerebro, árboles gigantes y aves voladoras, murciélagos e insectos. Sorprende que, dentro de semejante variedad de grandes organismos eucariotas pluricelulares, el tamaño celular haya permanecido constante en unos límites notablemente restringidos. La mayor parte de las células de la mayoría de los organismos, de los minúsculos gusanos nematodos a las ballenas imponentes, miden unos 10 micrones de diámetro (un micrón equivale a 0,001 milímetros). [...]

Ello nos lleva a una importante conclusión: si la célula eucariota sigue siendo aproximadamente del mismo tamaño, los grandes organismos pluricelulares poseerán más células que los pequeños. Eso es lo que acontece. La secuoya gigante tiene más células que un pino, la rata más que el ratón, el cuervo más que la corneja. [...]

TAMAÑO Y COMPLEJIDAD

Queda otra consecuencia muy importante que se deriva del tamaño. Los organismos no son estatuas. Están vivos y desarrollan múltiples actividades. Consumen energía y la convierten en movimientos mecánicos, que coordinan incluso su propio crecimiento y desarrollo. Un organismo grande es un conjunto organizado de células que funciona como una unidad. Sólo como una unidad puede respirar con eficacia, acarrear materiales

de una a otra parte de su cuerpo y tener finamente 'sintonizadas' todas las demás propiedades de la vida. Si presenta deficiencias en cualquiera de esos aspectos, lo eliminará la selección natural.

Esas actividades –mantener en funcionamiento el motor de la vida y realizar todas las funciones asociadas con la misma– son esenciales para todos: desde los animales y plantas más pequeños hasta los grandes. Pero hay notables diferencias, relativas al tamaño, entre los modos de llevar a cabo dichas funciones. Un aumento de tamaño impone ciertas restricciones, que requieren incrementar la división del trabajo entre las partes. A ese aumento en la división del trabajo que depende del tamaño lo llamamos aumento de la *complejidad*. [...]

No es fácil encontrar una forma acertada de medir la complejidad de un organismo. Pensemos en el método, sencillo, de contar los tipos de células: musculares, nerviosas, cartilaginosas, etc. Sin embargo, por ese camino, el biólogo caería de bruces en obstáculos técnicos, ya que cada tejido de un organismo complejo consta de más de un tipo de células, y es difícil trazar la frontera al hacer distinciones finas. Cualquier estimación del número de tipos de células resulta ser, así, mera aproximación en el mejor de los casos. Sin embargo, existe una buena correlación entre el tamaño y el número aproximado de tipos de células de un organismo. El mayor organismo viviente [conocido hasta el momento], la ballena azul, tiene aproximadamente 120 tipos de células, mientras que las células de los foraminíferos¹² son de un solo tipo.

El principio de que la complejidad aumenta con el tamaño es cierto para muchas cosas, además de los seres vivos: cuanto mayor es la universidad, el ejército, el negocio o el país, mayor es el número de individuos que realizan diferentes trabajos especializados.



SUGERENCIAS PARA EL TRABAJO CON ESTOS TEXTOS

Se recomienda la lectura de estos textos una vez realizada alguna de las actividades incluidas en “La multicelularidad y la relación superficie/volumen”,¹³ con el propósito de favorecer la sistematización de ideas y aportar información. Este trabajo contribuirá a una mejor interpretación y comparación cuando los alumnos estudien posteriormente las estructuras de nutrición en organismos representativos de los distintos niveles de organización y reinos.

EJEMPLOS DE TEXTOS ESCOLARES QUE HACEN UN TRATAMIENTO ACORDE CON ESTE ENFOQUE

- *Biología II. Los caminos de la evolución*. Buenos Aires, Colihue, 1996, capítulo 8.
- *Biología 2*. Santillana Hoy. Buenos Aires, Santillana, 2005, capítulos 10 y 12, pág. 29 a 31.
- *El Libro de la Naturaleza y la Tecnología 8*. Buenos Aires, Estrada, 1998, capítulos 7 y 8.

¹² Pequeños organismos microscópicos.

¹³ Véase “Actividades exploratorias y experimentales...”, en este documento, pág. 57.