

Universidad Nacional de La Plata



Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación

Tesis de Maestría

Maestría en Educación en Ciencias Exactas y Naturales

**Inclusión y relevancia de la historia de la ciencia en los libros de texto
de Educación Secundaria de la provincia de Buenos Aires**

Autora

Prof. Gloria Nélide Potes

Directora de Tesis

Dra. Silvia Manzo

Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación

Universidad Nacional de La Plata

Mayo de 2021

Resumen

La incorporación de la historia de la ciencia en la educación secundaria constituye una importante herramienta que favorece la formación de una imagen adecuada de la construcción del conocimiento científico. Los diseños curriculares proponen, en mayor o menor medida, la mirada histórica de los contenidos. Esta es reflejada por los libros de texto que, aún hoy, son recursos muy valorados en la mayoría de los contextos escolares.

En la presente tesis nos proponemos describir y analizar la inclusión y relevancia de la historia de la ciencia en los libros de texto de Biología para tercer y cuarto año de la Educación Secundaria de la provincia de Buenos Aires (15-16 años de edad) y su relación con la propuesta curricular en la que se basan. Detectamos en ellos el tipo de abordaje historiográfico que proponen y la imagen de ciencia que se desprende de este modo de inserción.

Para este fin realizamos un estudio descriptivo, interpretativo, cualitativo y comparativo, presentando los resultados mediante la incorporación de algunas tablas y gráficos.

Los resultados dan cuenta de que la mayor parte de los textos incorporan escaso contenido en relación a esta temática, muestran una visión sesgada del trabajo de los científicos y manifiestan algunas falencias y distorsiones en su presentación. Sin embargo, podemos destacar algunas secciones y apartados de determinados textos que enriquecen la imagen de ciencia que se transmite a los alumnos por medio de un uso didáctico adecuado de la historia de la ciencia. Consideramos que los futuros trabajos mancomunados de historiadores, científicos, docentes, autores y editores podrán contribuir a una mejora significativa en este aspecto.

Palabras clave: historia de la ciencia; libros de texto; biología; educación secundaria.

ABSTRACT

The incorporation of History of Science in secondary school education constitutes a valuable tool to promote an appropriate image of how scientific knowledge is built. Curricular design, to a certain degree, fosters a rather chronological view of contents which is reflected in textbooks. Books as such are still considered to be of value in most school contexts.

In this work, we aim at offering an analysis of the inclusion and relevance of History of Science in textbooks used for Biology at 3rd and 4th year of *Educación Secundaria* (Secondary School) in the Province of Buenos Aires (15-16 year-old students) as well as describing the relationship established with the curriculum these are based on. We have determined the historiographical approach they suggest and the consequent image of science that derives from such an insertion. To that end, we carried out a descriptive, interpretative, qualitative, and comparative study and the results reached are illustrated through tables and graphics.

Results show most texts incorporate very little content in relation to this subject as they present a rather biased view of scientific work which leads to distortions or misconstruction. However, we may highlight some sections and excerpts that enrich the image of Science which is transmitted to students by means of an appropriate didactic use of the History of Science. We consider that future joint team work on the part of historians, scientists, teachers, authors and publishers shall contribute to a significant improvement in this respect.

Keywords: History of Science; textbooks; Biology; secondary school

Agradecimientos

Al recorrer en mi mente el camino transitado sólo surge un profundo agradecimiento a todos los que, de diversas formas, me acompañaron e impulsaron.

A Silvia Manzo, por su generosidad al aceptar dirigir esta tesis y compartir conmigo su vasta experiencia. Por la dedicación y la minuciosidad de sus observaciones, por su respuesta inmediata a cada una de mis dudas y su acompañamiento constante. Por motivarme siempre a dar lo mejor y por confiar en mí.

A la Universidad Nacional de La Plata, a la secretaría de posgrado de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, al cuerpo académico de la Maestría en Educación en Ciencias Exactas y Naturales, por permitirme cumplir este trayecto.

A Alfredo Vilches por alentarme, acompañarme, compartir sus experiencias y responder a todas mis inquietudes.

A Teresa Legarralde por su calidez y su presencia siempre atenta a cada paso.

A todos mis profesores de los seminarios de Maestría, de quienes atesoro recuerdos y aprendizajes que en esta etapa de mi vida adquieren inmenso valor.

A mis compañeros de cursada, con los que compartí momentos que llevo en mi corazón.

A mi amiga, Amanda Zamuner que me alentó desde un principio y me acompañó no sólo desde lo emocional sino también desde lo académico, con las excelentes traducciones del inglés que ampliaron mi campo de estudio.

A Gerardo, mi compañero de vida, quien me animó siempre a continuar, me auxilió en los problemas técnicos de la informática, me acompañó en las etapas en las que todo parecía difícil y siempre me inspiró a creer en mí.

A Valentín, mi sobrino, por estar siempre pendiente, estimulándome a continuar.

A todos los que en algún momento de este trayecto fueron receptores de mis conflictos y de mis alegrías, me escucharon de manera empática e hicieron que todo el esfuerzo valga la pena.

Índice general de contenidos

INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	1
PROBLEMA Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	6
OBJETIVOS	7
<i>Objetivo general</i>	7
<i>Objetivos específicos</i>	7
MATERIALES Y MÉTODOS	8
CAPÍTULO 1.....	12
LA HISTORIA DE LA CIENCIA COMO DISCIPLINA Y SUS ENFOQUES HISTORIOGRÁFICOS	12
EL SURGIMIENTO DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA COMO DISCIPLINA	12
EL ENFOQUE WHIG Y EL CONTEXTUALISMO	14
EL CONTINUISMO Y EL RUPTURISMO	17
EL INTERNALISMO Y EL EXTERNALISMO	19
CAPÍTULO 2.....	22
LA HISTORIA DE LA CIENCIA EN LA ENSEÑANZA	22
LA INCLUSIÓN DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA EN EL ÁMBITO EDUCATIVO	22
BENEFICIOS DE LA INCORPORACIÓN DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA EN LA ENSEÑANZA.....	23
FALENCIAS Y OBSTÁCULOS DE LA INCORPORACIÓN DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA EN LA ENSEÑANZA	29
CAPÍTULO 3.....	33
HISTORIA DE LA CIENCIA E IMAGEN DE LA CIENCIA.....	33
¿QUÉ IMAGEN DE CIENCIA ESTAMOS TRANSMITIENDO Y QUEREMOS TRANSMITIR A LOS ESTUDIANTES?	33
¿CÓMO INFLUYE LA HISTORIA DE LA CIENCIA EN LA IMAGEN DE CIENCIA?	35
¿CÓMO TRANSMITIR LA IMAGEN DE CIENCIA QUE QUEREMOS COMUNICAR?	37
PROPUESTAS PARA ESTABLECER MEJORAS.....	40
CAPÍTULO 4.....	46
LA HISTORIA DE LA CIENCIA EN LOS LIBROS DE TEXTO	46
LA IMPORTANCIA DE LOS LIBROS DE TEXTO EN LA ESCUELA.....	46
UNA DECISIÓN PEDAGÓGICA	49

LA IMPORTANCIA DE LAS IMÁGENES	52
EL LIBRO COMO OBJETO DE INVESTIGACIÓN	54
LA HISTORIA DE LA CIENCIA Y LA IMAGEN DE CIENCIA EN LOS LIBROS DE TEXTO	55
CAPÍTULO 5.....	60
ANÁLISIS DE LOS LIBROS DE BIOLOGÍA PARA TERCER AÑO DE LA EDUCACIÓN SECUNDARIA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES	60
EL DISEÑO CURRICULAR.....	60
ANÁLISIS DE LIBROS ESCOLARES	63
1) SABERES CLAVE. SANTILLANA (L1)	63
<i>Presentación general.....</i>	63
<i>Descripción y análisis de los capítulos seleccionados</i>	64
<i>Valoración general.....</i>	87
2) SERIE CONECTA 2.0. EDICIONES SM. (L 2).....	89
<i>Presentación general.....</i>	89
<i>Descripción y análisis de los capítulos seleccionados</i>	90
<i>Valoración general.....</i>	109
3) SANTILLANA. CONOCER +. (L 3)	112
<i>Presentación general.....</i>	112
<i>Descripción y análisis de los capítulos seleccionados</i>	112
<i>Valoración general.....</i>	134
4) ESTRADA. SERIE HUELLAS. (L4).....	138
<i>Presentación general.....</i>	138
<i>Descripción y análisis de los capítulos seleccionados</i>	139
<i>Valoración general.....</i>	159
CAPÍTULO 6.....	164
ANÁLISIS DE LOS LIBROS DE BIOLOGÍA PARA CUARTO AÑO DE LA EDUCACIÓN SECUNDARIA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES.	164
EL DISEÑO CURRICULAR.....	164
ANÁLISIS DE LIBROS ESCOLARES	165
1) SABERES CLAVE. SANTILLANA. (L5).....	165
<i>Presentación general.....</i>	165
<i>Descripción y análisis de los capítulos seleccionados</i>	166
<i>Valoración general.....</i>	175
2) SERIE HUELLAS. EDITORIAL ESTRADA. (L6).....	177
<i>Presentación general.....</i>	177

<i>Descripción y análisis de los capítulos seleccionados</i>	177
<i>Valoración general</i>	182
3) SERIE CONOCER +. SANTILLANA. (L7).....	183
<i>Presentación general</i>	183
<i>Descripción y análisis de los capítulos seleccionados</i>	183
<i>Valoración general</i>	187
4) SERIE CONECTAR 2.0. SM. (L8)	187
<i>Presentación general</i>	187
<i>Descripción y análisis de los capítulos seleccionados</i>	188
<i>Valoración general</i>	194
CAPÍTULO 7	195
RESULTADOS Y CONCLUSIONES	195
RESULTADOS	195
CONCLUSIONES	207
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	211
ANEXOS	224
FRAGMENTOS DEL LIBRO 1	224
FRAGMENTOS DEL LIBRO 2	245
FRAGMENTOS DEL LIBRO 3	264
FRAGMENTOS DEL LIBRO 4	282
FRAGMENTOS DEL LIBRO 5	309
FRAGMENTOS DEL LIBRO 6	319
FRAGMENTOS DEL LIBRO 7	326
FRAGMENTOS DEL LIBRO 8	330

Introducción

Antecedentes

La escuela secundaria debe preparar a los futuros ciudadanos para que sean capaces, entre otras cosas, de tomar decisiones que les permitan afrontar y resolver los problemas medioambientales y sociales que se presentan cotidianamente. Su finalidad, en este sentido, apunta a mejorar la calidad de vida de la población y reducir las consecuencias negativas del desarrollo científico. Furió, Vilches, Guisasola y Romo (2001) sostienen que para poder lograr dicha preparación deben añadirse objetivos y contenidos procedimentales y actitudinales, a los clásicos objetivos y contenidos conceptuales de las disciplinas científicas. De este modo, los alumnos podrán adquirir destrezas que les permitirán resolver problemas de la vida cotidiana y despertar su interés por la actividad científica. Entendemos que este abordaje, sumado a otras propuestas que mencionaremos posteriormente, contribuirá a lo largo de los años a cambiar la imagen pública habitual de la ciencia -entendida muchas veces como algo ajeno al saber de una persona instruida- por la de una construcción que es producto del esfuerzo de muchas personas a lo largo de las generaciones, con el fin de intentar responder numerosas preguntas acerca del mundo que nos rodea.

Según González y Gatica (2009), la historia de la ciencia permite contextualizar el contenido científico, comprender su construcción y la intervención del contexto social y cultural, mejorando notablemente nuestro conocimiento de la actividad científica. En este sentido, consideramos que debe incorporarse el relato histórico a los contenidos de las asignaturas científicas. Sin embargo, la manera de ser introducido es objeto de debate por parte de los investigadores. Tal es el caso de Klein y Whitaker (1979) que cuestionan la simplificación y la interpretación que se realiza de los hechos históricos, prefiriendo prescindir de dicho enfoque. En contraste con la posición de estos autores y en coincidencia con los conceptos vertidos por Lombardi (1997), en cuanto a que estas cuestiones planteadas no constituyen “imperfecciones” que impidan introducir la historia, creemos que la existencia de una multiplicidad de relatos históricos acerca de un mismo acontecimiento, lejos de ser un error, es parte de la naturaleza misma del conocimiento histórico y no ocasiona ningún impedimento para introducir esta dimensión en la enseñanza de las ciencias. Por el contrario, contribuye a desarrollar el pensamiento crítico y es un poderoso estímulo para la reflexión, logrando que la historia de la ciencia deje de ser una mera narración de acontecimientos inconexos y descontextualizados.

Lo cierto es que, como afirma Nieto-Galán (2014) la presentación de la historia de la ciencia como un antecedente incuestionable, en aburridas introducciones de libros de texto que relatan la vida y obra de grandes figuras, convierte a estos contenidos históricos en algo totalmente prescindible para las asignaturas científicas en las sociedades contemporáneas y, muy probablemente, en algo considerado inútil por un gran número de docentes. Por el contrario, la inclusión adecuada de los episodios históricos, según los estudios de Martins (2006), posibilitaría la percepción de la ciencia como un proceso colectivo y gradual de construcción del conocimiento provisorio, edificada por el esfuerzo común de seres humanos falibles. De este modo, se favorecería la formación de una concepción ajustada de la naturaleza de la ciencia, colaborando con el cambio de las concepciones previas de los alumnos mediante argumentos del mismo tipo que los utilizados en las discusiones científicas. En resumen, siguiendo a Martínez y Aymerich (2014), sostenemos que la historia de la ciencia proporciona narraciones que otorgan a los estudiantes la visión de que la actividad científica es realizada por personas “reales” y les ofrece “modelos” con los que pueden interpretar fenómenos de la naturaleza. Estas herramientas son importantes recursos para lograr el diálogo que pretende la ciencia escolar. Dado que los libros escolares, aún hoy, son un valioso instrumento pedagógico, se requiere un profundo debate acerca de la necesidad de una mayor participación de los docentes en la selección de los textos que pondrán a disposición de los alumnos para el trabajo áulico, a fin de transmitir correctamente la visión anteriormente mencionada.

El diseño curricular para la Educación Secundaria de la provincia de Buenos Aires (2008, 2010) nos propone incluir en la enseñanza de la biología una aproximación a la naturaleza de la ciencia y a la práctica científica, enfatizando las relaciones ciencia-tecnología-sociedad, a fin de favorecer la toma de decisiones fundamentadas. Invita a considerar la ciencia como una actividad humana que no posee un método infalible sino diversos modos de generar conocimientos sujetos a disensos y consensos. Propone el análisis de experimentos actuales o históricos, poniendo a consideración de los alumnos el planteo de la posible pregunta que el investigador trató de responder con dichas experiencias, de acuerdo al contexto en el que se desarrolló la investigación. De este modo, deja plasmada la necesidad de insertar cada conocimiento científico en un contexto histórico y social particular.

Al conectar permanentemente las observaciones y las ideas teóricas, se podrá apreciar el proceso de construcción de estas teorías. Para ello adquieren especial relevancia los ejemplos históricos que puedan presentarse acerca de la manera en que fueron formuladas las teorías por los diferentes científicos, en relación con los datos de que disponían en su propia época y la forma en que esas teorías evolucionaron a la luz de nuevos descubrimientos o nuevas ideas.

Creemos que este modo de presentación de la ciencia, orientada a superar la transmisión “aséptica” de conocimientos científicos, daría el marco adecuado para que todos los jóvenes y adolescentes puedan utilizar la información, a fin de ser capaces de comprender el mundo natural e implicarse en discusiones públicas acerca de asuntos importantes relacionados con la ciencia y la tecnología, como lo marca claramente el diseño curricular para la Educación Secundaria de la provincia de Buenos Aires.

A partir del análisis de las propuestas curriculares nos preguntamos qué dificultades se presentan a la hora de facilitar esta visión de ciencia en las clases de Biología, y en particular queremos indagar qué influencia podría tener la falta de textos escolares aptos para lograr los fines que se propone el diseño. Como ha señalado Martins (2006), muchos de los textos escolares refuerzan mitos con respecto a los grandes genios y a la idea de que los descubrimientos ocurren por casualidad. De este modo se instala una imagen de la ciencia que no concuerda con la que propone transmitir el diseño curricular vigente de la Educación Secundaria de la provincia de Buenos Aires. Como afirman Campanario y Otero (2000), el libro de texto constituye, aún hoy, un valioso instrumento pedagógico en las clases de ciencias y la elección de los textos a utilizar con los alumnos es una de las decisiones curriculares más importantes que toman los docentes. Asimismo, estos libros ejercen una gran influencia sobre el aprendizaje de los alumnos, debido a que muchos profesores utilizan los libros de texto como fuente de problemas y preguntas para la evaluación, además de ser su principal recurso como guía en la exposición del contenido científico. Los editores tienen por delante el desafío de incorporar al mercado textos de ciencias que incluyan la historia del trabajo científico, la relación entre el pensamiento que tuvieron los científicos y otros acontecimientos históricos de la misma época y no solamente los resultados a los que llegaron.

La presente tesis surge de la necesidad de evaluar la forma en que se realiza la inclusión de los contenidos de historia de la ciencia como parte de la alfabetización científica de los estudiantes de las escuelas secundarias de la provincia de Buenos Aires, focalizando en el análisis de los libros de texto de Biología de uso más frecuente en las escuelas. Su objetivo general es analizar la inclusión, la relevancia y el enfoque de la historia de la ciencia en los textos escolares de Biología de 3° y 4° año más utilizados en la educación secundaria de la provincia de Buenos Aires, y analizar su concordancia con lo solicitado por los diseños curriculares correspondientes.

Realizamos un recorte disciplinar específico, considerando la asignatura Biología que es cursada por la totalidad de los estudiantes secundarios de la provincia de Buenos Aires. Dentro de este universo hemos decidido abocarnos al análisis de Biología de 3° año y Biología

de 4º año a fin de comprobar de qué manera se aborda la construcción de los conocimientos científicos que forman parte de dichos programas. Dada la extensión del análisis realizado, hemos decidido no incluir en el mismo Biología de 2º año justificándonos en que los núcleos temáticos de dicho año explícitamente deben atravesar temas relacionados con la historia de la ciencia. Los mismos se relacionan con el origen de la biodiversidad, las teorías evolutivas, el origen de la vida, entre otros. Estamos convencidos de que su inclusión resultaría por demás interesante, dado que, aunque parecieran contenidos que en forma lógica deberían abordarse desde el enfoque histórico, no siempre se consolida esta mirada en los contenidos biológicos tratados. Sin embargo, decidimos estudiar la mirada histórica de los contenidos que no pertenecen a este campo de conocimientos.

No incluimos en este plan el análisis de libros de texto para 1º año, ya que en este año no se encuentra la asignatura Biología sino Ciencias Naturales, abarcando en este espacio diversos conceptos de fisicoquímica junto a otros de biología. Tampoco abarcamos Biología de 5º año y Biología, Genética y Sociedad de 6º año, ya que estas asignaturas sólo son cursadas por alumnos correspondientes a la orientación Ciencias Naturales y no por la totalidad de los estudiantes que egresan de las escuelas secundarias de la provincia. Asimismo, con respecto a las dos últimas asignaturas mencionadas, existe escasa o nula oferta de libros de texto escolares por parte de las editoriales, lo que dificultaría y limitaría el análisis que nos hemos propuesto en este trabajo de investigación.

En referencia a los antecedentes de la investigación que nos ocupa podemos mencionar algunos trabajos referidos a diversas disciplinas de las ciencias naturales y exactas que consideramos relevantes y sirven de antecedentes de nuestro tema de investigación. Solbes y Traver (1996) realizaron un análisis que les permitió corroborar la escasez de libros de texto españoles para la enseñanza de la física y la química que incorporen aspectos históricos. Cuando estos contenidos aparecían, eran tratados de forma superficial, con tergiversaciones y errores que podrían conducir a la generación, por parte de los alumnos, de una imagen deformada acerca de la construcción y evolución de los conceptos científicos. Por otro lado, en Velasco (2008) se analizaron textos de Ciencias Biológicas de Educación Básica y Media Diversificada Profesional (editados entre 1987 y 2005), recomendados por los docentes en Venezuela en 2005-2006. Como resultado de dicho análisis se concluyó que el 41% de los mismos presentan algún elemento histórico cuando se aborda el conocimiento biológico, incorporado en forma de ilustraciones, narraciones o breves lecturas complementarias. Los enfoques con los que se presentan estos referentes históricos muestran a la ciencia como producto de mentes perfectas,

fuentes de hechos incontrovertibles y realidades inmutables, sin considerar los aspectos sociales, económicos y políticos en el momento de producirse el conocimiento científico de la época.

Torreblanca, De Longhi y Merino (2009) realizaron un estudio exploratorio de los libros de texto más utilizados en secundaria básica y polimodal de las escuelas de la provincia de Buenos Aires, publicados entre 1995 y 2009, a fin de detectar los mitos y recortes en la historia de los mecanismos evolutivos. Identificaron relatos y anécdotas que toman algunos elementos de la historia y adaptan las acciones y actores a situaciones familiares de los alumnos, biografías simplificadas sin datos relevantes del contexto, modelos y demostraciones que por su simplificación pueden conducir a falsas interpretaciones.

Solaz-Portolés (2010) ha recopilado varios trabajos que posicionan al libro de texto como objeto de estudio para los investigadores en la didáctica de las ciencias. Realizó una síntesis de dieciocho trabajos de investigación en los que se tratan cuestiones epistemológicas e históricas de la ciencia en los libros de texto, en su mayor parte de Física y Química, de distintos países y niveles académicos, desde 1988 a 2009. De los datos recopilados en este estudio se desprende la conclusión de que los libros de texto proporcionan una imagen de ciencia distorsionada, producto del vacío histórico y filosófico que se observa en ellos.

Farré y Lorenzo (2013) estudiaron la forma en que los libros universitarios de Química Orgánica, seleccionados en un período que abarca entre 1943 y 2008, comunican la naturaleza de la ciencia. Sus resultados manifiestan el cambio gradual que ocurrió a lo largo de los años pasando por narrativas pseudo-históricas y retóricas casi magistrales y ausencias de relato histórico, hasta evolucionar hacia la presencia de narrativas en las que se discute el rol de la creatividad en la ciencia y se presenta el conocimiento como provisorio. Recientemente Moreno Martínez y Calvo Pascual (2019) han analizado libros de texto de Física y de Química de ESO y Bachillerato utilizados en la Educación Secundaria española entre 2007 y 2016, recabando interesantes observaciones e instando a enriquecer las investigaciones históricas sobre la enseñanza de las ciencias.

Debemos mencionar que gran parte de las investigaciones acerca de análisis de textos referidos a la inclusión de la historia de la ciencia que hemos localizado se refieren a textos de Química y de Física de diversas partes del mundo. Se han localizado muy pocos trabajos realizados sobre textos de Biología y no hemos encontrado investigaciones que abarquen el universo de textos de producción nacional que analizaremos en esta tesis. Por ello, entendemos que la investigación que nos proponemos realizar puede servir como una valiosa contribución, que justifica su diseño y ejecución. Creemos que los nuevos conocimientos que aportará esta tesis podrán servir como una evaluación de la presencia de la historia de la ciencia en los textos

seleccionados y constituir una colaboración para establecer un punto de partida que permita tomar decisiones editoriales y curriculares tendientes a conservar lo que debe conservarse y mejorar o modificarse lo que se considere necesario y con el tiempo traducirse en una mejora en la producción de libros escolares para estas asignaturas, como así también para el trabajo de los docentes y la formación científica de los estudiantes.

Con este trabajo esperamos detectar las fortalezas de los libros de texto en cuanto a la inclusión y relevancia de la historia de la ciencia pero también las posibles deficiencias en la visión presentada de forma que podamos proveer herramientas para futuros trabajos que subsanen dicho déficit. Entendemos la importancia que esta dimensión histórica posee para crear una imagen adecuada de la naturaleza de la ciencia por parte de los alumnos y, de ese modo, generar no solamente posibles futuros científicos sino ciudadanos capaces de opinar, participar y decidir sobre temas relacionados con la ciencia.

Intentamos proponer posibles líneas de trabajo orientadas a los editores de libros de texto, así como a los profesionales que coordinan la elaboración de los diseños curriculares y la formación continua de los docentes, para que todos juntos podamos reflexionar acerca de la necesidad de transmitir el espíritu y la naturaleza de la ciencia más que la sucesión de resultados. Creemos que nuestro aporte podría colaborar para una mejora de la elaboración de los futuros libros de texto de ciencias. También puede ser de utilidad a los profesores de esta disciplina, para que, al entender las dificultades en el aprendizaje de las ciencias a partir de los textos, puedan implementar las medidas de ayuda adecuadas.

Problema y preguntas de investigación

El problema que abordó esta tesis es la forma en que se realiza la inclusión de los contenidos de historia de la ciencia en los textos escolares utilizados como referentes en la construcción de conocimientos de los alumnos de las escuelas secundarias, con un enfoque específico en la asignatura Biología de 3° y 4° año de Educación Secundaria de la provincia de Buenos Aires.

Las preguntas que intentamos responder en esta investigación se agrupan en tres núcleos temáticos

- 1) Preguntas relativas a la historia de la ciencia en el diseño curricular

¿De qué modo se incluye la historia de la ciencia en el diseño curricular de la asignatura Biología de 3° y 4° año, común a todas las orientaciones de la Educación Secundaria de la provincia de Buenos Aires? ¿Sobre qué temáticas? ¿Ocupa un lugar relevante? ¿Qué abordaje historiográfico se propone? ¿Qué imagen de ciencia se desprende de este modo de inserción?

2) Preguntas relativas a la historia de la ciencia en los textos escolares

¿Se incluye la historia de la ciencia en los libros de texto de Biología, para 3° y 4° año, comunes a todas las orientaciones de la Educación Secundaria de la provincia de Buenos Aires? ¿De qué modo? ¿Sobre qué temáticas? ¿Ocupa un lugar relevante? ¿Con qué abordaje historiográfico se presenta? ¿Qué imagen de ciencia se desprende de este modo de inserción?

3) Preguntas relativas a la historia de la ciencia en la relación entre los textos escolares y el diseño curricular

¿Cuál es la relación entre la propuesta curricular y la propuesta de los textos escolares? ¿La información y las actividades provistas por los textos escolares son aptas para cumplir los objetivos que se propone el diseño en lo que a la presencia de la historia de la ciencia se refiere? ¿Necesitan ser modificadas y/o corregidas? ¿Cuáles son sus fortalezas y cuáles sus debilidades a este respecto? ¿Cuáles son los aspectos positivos y/o negativos para la enseñanza de la ciencia que presentan las propuestas analizadas?

Objetivos

Objetivo general

- Analizar la inclusión, la relevancia y el enfoque de la historia de la ciencia en los textos escolares de Biología (3° y 4° año) comúnmente utilizados por los alumnos de la Educación Secundaria de la provincia de Buenos Aires y su concordancia con lo solicitado en los diseños curriculares correspondientes.

Objetivos específicos

- Investigar la incidencia que tiene la historia de la ciencia en los diseños curriculares correspondientes a la asignatura y años seleccionados.
- Analizar la presentación de los contenidos de historia de la ciencia en los textos escolares correspondientes a la asignatura y años seleccionados.
- Observar las imágenes relacionadas a los contenidos históricos.

- Examinar la información complementaria y las actividades que abordan este tipo de contenidos.
- Evaluar si el tratamiento de los contenidos de historia de la ciencia en los textos escolares concuerda con lo que estipula a este respecto el diseño curricular correspondiente.
- Deducir la imagen de ciencia que se desprende del abordaje de los contenidos de historia de la ciencia en los textos escolares.

Materiales y métodos

Coincidimos con López Noguero (2002) en que el análisis de contenido es la técnica más elaborada y con mayor prestigio científico en el campo de la observación documental. Tal como se expresa en Bardin (1986), si bien contamos con patrones base, debimos adecuar la técnica de análisis de contenidos a los objetivos que perseguimos. A fin de lograr el relevamiento de la información sobre la inclusión de la historia de la ciencia y su relevancia en los textos escolares, hemos analizado los diseños curriculares para la Educación Secundaria de la provincia de Buenos Aires (2008, 2010), mediante la revisión de los lineamientos generales para Biología, así como de los objetivos, contenidos, orientaciones didácticas y orientaciones para la evaluación referidos a Biología de 3º año y Biología de 4º año.

De acuerdo con el criterio de De Pro Bueno, Valcárcel Pérez y Sánchez Blanco (2008) identificamos las editoriales más utilizadas y con mayor disponibilidad de textos en las escuelas secundarias de la región, a fin de seleccionar la muestra de textos a trabajar.

Disponemos de una variedad considerable de libros de texto escolares propuestos por las diversas editoriales, tales como Santillana, Estrada, Puerto de Palos, Maipue y sm, que presentan textos de Biología de 2º a 4º año y otras como Aique, Tinta Fresca y A-Z que sólo ofrecen textos de Biología dirigidos a la Educación Secundaria Básica (2º y 3º año). Hemos seleccionado algunas de las que abordan el ciclo básico y superior y son de frecuente uso en las instituciones escolares. Ellas son Estrada (Serie huellas), Santillana (Serie Saberes clave y Conocer+) y sm (Serie Conectar 2.0).

Analizamos ocho libros de texto de Biología, comúnmente utilizados en escuelas de educación secundaria de la provincia de Buenos Aires. Cuatro de ellos son indicados para tercer año y los otros cuatro para cuarto año, como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1*Libros de texto y páginas analizadas en la presente Tesis*

Libro	Nombre	Autores	Editorial	Año de edición	Destino	Capítulos y páginas analizadas
L1	Biología. El intercambio de información en los sistemas biológicos: relación, integración y control.	Alvarez, S. Balbiano, A. Franco, R. Godoy, E. Iglesias, M. Rodriguez Vida, M.	Santillana. Serie Saberes clave.	2010	Educación secundaria. Tercer año	Cap.1: pp. 8-21. Cap.2: pp. 26-45. Cap.3: pp.46-69. Cap.7: pp. 130-151. Cap.8: pp. 152-169.
L 2	Biología. Flujo de información y funciones de relación, integración y control. ADN, genes y proteínas.	Liberman, D. Martínez Filomeno, M. Collado, C. Chirino, V. Irigoyen, P.	Ediciones sm. Serie conecta 2.0	2011	Educación secundaria. Tercer año	Cap.1: pp. 6-21. Cap.2: pp. 23-39. Cap.3: pp. 40-63. Cap.6: pp. 100-119.
L 3	Biología 3. Intercambio de información en los sistemas biológicos: relación, integración y control.	Balbiano, A. Barderi, M. Iudica, C. Méndez, H. Molinari Leto, N. Suárez, H.	Santillana. Serie Conocer +	2012	Educación secundaria. Tercer año	Cap.1: pp. 17-30. Cap.2: pp. 31-46. Cap.3: pp. 47-62. Cap.7: pp. 113-130. Cap.8: pp. 131-144.
L 4	Biología. La comunicación y la información en los seres vivos.	Alzogaray, R. de Francesco, V. Gleiser, M. Martínez, S. Molinas, J. Gellon, G. Golombek, D.	Estrada. Serie huellas	2018	Educación secundaria. Tercer año	Cap.1: pp. 10-29. Cap.2: pp. 30-49. Cap.3: pp. 50-69. Cap.4: pp. 70-93. Cap.7: pp.137-159.

L 5	Biología. El intercambio de materia y energía en el ser humano, en las células y en los ecosistemas.	Balbiano, A. Franco, R. Godoy, E. Iglesias, M. Iudica, C. Otero, P. Suárez, H.	Santillana. Serie Saberes clave	2010	Educación secundaria. Cuarto año	Cap.2: pp. 36-55. Cap.3: pp. 56-73.
L 6	Biología. Intercambios de materia y energía, de la célula al ecosistema.	Fumagalli, L. (coord.)	Estrada. Serie Huellas.	2010	Educación secundaria. Cuarto año	Cap.2: pp. 30-51. Cap.3: pp. 52-73.
L 7	Biología. El intercambio de materia y energía en el ser humano, en las células y en los ecosistemas.	Balbiano, A. Barderi, M. Iudica, C. Molinari, N. Otero, P.	Santillana. Serie Conocer +.	2013	Educación secundaria. Cuarto año	Cap.2: pp. 35-54. Cap.3: pp. 55-70.
L 8	Biología. Intercambio de materia y energía en los organismos pluricelulares, las células y los ecosistemas.	de Dios, C. Liberman, D. Mosca, J.	sm. Serie conectar 2.0	2016	Educación secundaria. Cuarto año	Cap.2: pp. 35-54. Cap.3: pp. 55-70.

Hemos seleccionado los núcleos temáticos más relevantes de cada año, en concordancia con la propuesta del diseño curricular para el abordaje de la historia de la ciencia. En cada uno de ellos consideramos los siguientes criterios de análisis que determinamos para tal fin:

- Presencia o ausencia de contenidos referentes a la historia de la ciencia.
- Ubicación de los mismos en el capítulo correspondiente.
- Tipo de enfoque historiográfico empleado: Whig-Contextualista / Internalista-Externalista / Rupturista-Continuista.
- Forma de presentación de las experiencias históricas (como procesos o resultados acabados).
- Presencia de ilustraciones o imágenes asociadas. Ubicación, características, etiquetas verbales, relación con el texto y contenido científico implícito.

- Actividades de aprendizaje relacionadas con la historia de la ciencia.
- Sugerencias de ampliación de información al respecto.
- Bibliografía propuesta acerca de la historia de la ciencia.
- Visión de ciencia transmitida
- Adecuación al programa y currículo vigente.

Para proceder al análisis de los libros de texto tomamos como referencia los ejes establecidos por Vasconcelos y Souto (2003) que mencionamos a continuación:

- Contenido teórico
- Imágenes
- Actividades prácticas
- Información complementaria

Realizamos un estudio descriptivo, interpretativo, cualitativo y comparativo de las páginas seleccionadas, con algunos elementos cuantitativos, para poder detectar la inclusión de la historia de la ciencia, el modo en que se presenta y la imagen de ciencia que de esta forma se transmite.

De este modo, procedimos a la recolección de datos de los textos escolares y diseños curriculares, de acuerdo con los lineamientos de Carrasco y Calderero Hernández (2000), es decir, integrando los párrafos seleccionados con nuestros comentarios, opiniones y conclusiones. Para la presentación de los resultados utilizamos tablas y gráficos y establecimos algunos porcentajes, a fin de aportar mayor claridad en la exposición de los datos recabados. Concordamos con Gibbs (2012) en que las tablas cualitativas son una forma de mostrar un texto procedente del conjunto de datos, haciendo más sencillas las comparaciones sistemáticas que constituyen una parte importante del análisis y complementando el nivel descriptivo. Luego de ordenar y cotejar la información, observando sus puntos coincidentes y discrepantes, hemos elaborado las conclusiones y puntos de vista con respecto a cada parte del estudio.

Capítulo 1

La historia de la ciencia como disciplina y sus enfoques historiográficos

En este capítulo nos proponemos ofrecer un panorama del surgimiento y la evolución de la historia de la ciencia como disciplina. Además, expondremos los distintos enfoques historiográficos en los que se han posicionado las investigaciones realizadas a lo largo de varias décadas y que aún hoy conviven. Por ello presentaremos y valoraremos críticamente las principales discusiones vigentes a este respecto: enfoque whig-contextualismo, continuismo-rupturismo e internalismo-externalismo.

El surgimiento de la historia de la ciencia como disciplina

Desde el punto de vista institucional la historia de la ciencia es una disciplina joven. Siguiendo las presentaciones de Brotons (1983), Rossi (1990) y Beltrán (1995) realizaremos una breve síntesis acerca de los aportes más relevantes que contribuyeron a consolidarla.

Destacamos a Ernst Mach (1838-1916) con su *Die Mechanik in Ihrer Entwicklung Historisch-Kritisch Dargestellt* publicado en 1883 como uno de los pioneros en la investigación histórica de la ciencia. Mach sostiene que la historia nos hace comprender mejor el estado actual de la ciencia, otorgándonos una mirada más libre que la de aquel que sólo observa el momento actual o el período que él mismo ha vivido. Junto a la obra de este físico y filósofo austríaco debemos resaltar también el trabajo de Pierre Duhem (1861-1916) sobre la cosmología, cuya importancia también resultó determinante para el estudio histórico de la ciencia.

Ya en los comienzos del siglo XIX Auguste Comte (1798-1857) insistía en la necesidad de estudiar la historia de las ciencias en su conjunto, más allá de la historia de cada disciplina, con el objetivo de entender la historia de la humanidad. En 1832 solicita la creación de una cátedra de “Historia general de las ciencias”, la que se inauguró en el College de France sesenta años después de esta petición. Es decir que recién en los albores del siglo XX se otorga el primer reconocimiento institucional a la historia de la ciencia como disciplina en Francia.

A lo largo del siglo XX algunos hechos significativos dieron mayor relevancia a dicha disciplina. George Sarton (1884-1956) -quien resultó ser uno de los mayores defensores de la historia de la ciencia como núcleo central de la historia de la humanidad- funda las revistas *Isis*, en 1912, y *Osiris*, en 1936, dedicadas a esta temática, y crea la History of Science Society, en

1924. Sumado a esto publica en cinco partes su famosa obra *Introduction to the History of Science*, entre 1927 y 1948. Sarton sostiene que el criterio basado en la cronología es el único posible para subdividir la historia de la ciencia. Además, considera muy importante la dimensión ética de esta disciplina, destacando que su conocimiento enseñaría a los hombres a comportarse como hermanos y ayudarse mutuamente. Aunque su programa resultó irrealizable por su ambición y amplitud, sus trabajos contribuyeron decisivamente a la consolidación de la historia de la ciencia como disciplina académica, especialmente en Estados Unidos, donde recién en 1950 alcanzó reconocimiento institucional en las universidades.

No podemos dejar de mencionar el trabajo de Paul Tannery (1843-1904) como fuente de inspiración de Sarton. Con su publicación del estudio sobre la mecánica galileana en 1901, se lleva a cabo por primera vez un análisis de un texto científico teniendo en cuenta su contexto histórico. En ese entonces resultaba revolucionario este primer intento de introducir la contextualización, si bien Tannery reivindica la historiografía de la ciencia como un fin y la contextualización como un medio. Con el surgimiento de Duhem, quien sostiene que la metodología de la ciencia es el principio y fin de su trabajo como historiador, las ideas de Tannery en cierto modo pasaron a segundo plano.

La participación de Aldo Mieli (1879-1950) también resulta relevante por su aporte como fundador del Archivio di Storia della Scienza en 1923 y la Academia Internacional de Historia de las Ciencias en 1928, ambos con sede en Italia.

Con Alexandre Koyré (1892-1964) la historiografía de la ciencia alcanza su madurez. En él se consolida un nuevo y fructífero método historiográfico. Entre sus principales elementos podemos mencionar la inseparable unión entre el pensamiento filosófico y religioso, la sustitución del concepto positivista de “precursor” por el de “predecesor” y la convicción de focalizar en el estudio de los errores y fracasos del mismo modo que se realiza el estudio de los triunfos. Koyré nos enseña a ver la historia de la ciencia como un proceso de rupturas y discontinuidades lleno de ramificaciones y callejones sin salida, aunque cree en un progreso “hacia la verdad”, siendo este un elemento positivista que tiene en común con los historiadores anteriores y lo separa de los posteriores, más concretamente de Thomas Samuel Kuhn (1922-1996). La obra de Koyré es decisiva en Estados Unidos y su influencia determina las transformaciones más importantes de la disciplina que permiten hablar de una “Revolución Científica”. Fue precisamente Kuhn quien utiliza esta expresión y desarrolla ciertos elementos centrales de la concepción de Koyré. A partir de entonces, la historia de la ciencia se ha expandido enormemente con un alto nivel de especialización y diversidad en el mundo

académico internacional.

De acuerdo con Brush (1991) consideramos que en la actualidad, con la historia de la ciencia ya consolidada, se ha podido derribar la incomunicación con la comunidad científica y se ha logrado una reciprocidad entre los historiadores -que ofrecen gran diversidad de materiales para explicar la ciencia a la comunidad en general- y los científicos que reconocen los beneficios de la investigación histórica.

Si bien es cierto que en la actualidad podemos referirnos a la historia de la ciencia como una disciplina afianzada en la comunidad científica, con sus revistas específicas, sus departamentos y sociedades, pensamos que es necesario continuar profundizando en la reconsideración del papel que desempeña en la formación del ciudadano común, del docente o del científico.

El enfoque whig y el contextualismo

¿Es posible prescindir de la influencia del presente al interpretar el pasado? ¿Es lícito usar categorías modernas para dilucidar el pensamiento de otras épocas? Estas son algunas de las preguntas a las que los historiadores de la ciencia tratan de dar respuesta. Lejos están de lograr un criterio consensuado, situación que se percibe ante la diversidad de posiciones encontradas y de terminología utilizada para identificar la *Whig History*, también conocida como “presentismo”, “historia anacrónica” o “historia recurrente”.

Al revisar el recorrido de la historia “presentista” de la ciencia, basándonos en el relato que realiza Moro Abadía (2006) observamos que este modelo dominó en Francia y los países anglosajones en la primera mitad del siglo XX, luego de haberse constituido a finales del siglo XIX, ligado al triunfo de la ciencia positivista y el auge del empirismo y el inductivismo.

Hacia 1930 el historiador Hebert Butterfield (1900-1979) se constituye como un gran crítico de este modelo, aunque no fue el único. Al famoso autor de *The whig interpretation of history* (1931) lo acompañó Hélène Metzger (1899-1944) con su *Méthode philosophique en histoire des sciences* (1933) que, aunque ignorada en el mundo anglosajón, plantea las nefastas consecuencias historiográficas -según su visión- del presentismo.

Butterfield sostiene que el presentismo estudia el pasado para ratificar el presente, simplifica el desarrollo histórico y juzga la historia a partir de verdades universales. A pesar de que acepta la idea de que no se puede escapar del presente ya que es el momento en que el historiador escribe, asegura que en muchas ocasiones no se realizan los ajustes y transposiciones

necesarias para evitar mirar el pasado con los ojos del presente.

Metzger plantea que los historiadores deberían convertirse en contemporáneos de los científicos que estudian, leer las obras de otras épocas como las leían sus primeros lectores y resucitar la doctrina que presentan. De todos modos, su carácter de mujer, judía y viuda la lleva a ocupar una posición marginal dentro de la historia de la ciencia francesa, sumado a que la discusión se daba fundamentalmente en el ámbito anglosajón. Prueba de ello es que casi ninguno de los trabajos sobre presentismo escritos en la segunda mitad del siglo XX hace referencia a su obra, aun siendo la autora de una de las reflexiones más interesantes sobre el tema.

De igual modo, a pesar de las críticas, el presentismo continuó siendo dominante hasta los años 70, cuando una generación de historiadores encabezada por Thomas Kuhn retomó las ideas de Butterfield y Metzger y levantó las banderas del “antipresentismo”. La influencia de su libro *The Structure of Scientific Revolutions* (1962) lo convirtió en una referencia obligada en el ámbito anglosajón. En su introducción reclama un nuevo papel de la historia de la ciencia que, hasta ese momento, tenía como principal objetivo responder a cuestiones epistemológicas. Kuhn considera que una visión de la historia que supere la condición de ser un mero cúmulo de anécdotas puede transformar de manera decisiva la imagen actual de la ciencia. Según su punto de vista, la tarea del historiador debía basarse en la determinación del tipo de persona que en cada momento de la historia contribuyó con su aporte a que se enunciaran las actuales leyes o teorías científicas. Además, la historia debe mostrar las supersticiones y los errores que, en cierto modo, enlentecieron el proceso de elaboración del caudal científico disponible en la actualidad. Ahora bien, ¿pueden considerarse científicas las creencias o teorías anticuadas? Kuhn considera que no dejan de ser científicas, aunque hayan sido descartadas. Sostiene que estas creencias se pueden producir por el mismo tipo de métodos y ser respaldadas por el mismo tipo de razones que en la actualidad respaldan el conocimiento científico. Sin embargo, esta cuestión le genera algunas dudas acerca del proceso de acumulación de la ciencia como resultado de las contribuciones individuales y lo conduce a afirmar que se vislumbran los comienzos de una revolución historiográfica en el estudio de la ciencia. En relación con dicha afirmación sostiene que algunos historiadores están comenzando a relacionar las opiniones de los científicos de épocas pasadas con las de su grupo, sus maestros, contemporáneos y sucesores inmediatos, en lugar de relacionarlas con la ciencia actual, para poder acercarse a una idea más genuina de las condiciones en las que trabajaron y la medida en que contribuyeron al conocimiento científico (Kuhn, 1971).

Esta vez el presentismo parece totalmente derrotado, hasta que David Hull (1935-2010),

con su publicación “In Defense of Presentism” (1979), reabre las puertas de un debate que se continúa en la actualidad e introduce la diversificación del significado del término “presentismo”, que si bien hasta el momento hacía referencia al tipo de historia que juzga el pasado para legitimar el presente, a partir de ahora nos remite a la influencia que el presente ejerce sobre el historiador (Moro Abadía, 2006).

Hull considera que el conocimiento de la historia de su tiempo por parte del historiador es imprescindible para la reconstrucción del pasado y fundamentalmente para la difusión del trabajo, poniendo especial énfasis en la comunicación de la historia de la ciencia. Comparte esta postura John Pickstone (1944-2014), historiador británico que en su trabajo realizado en 1995 “Past and Present Knowledges in the Practice of the History of Science” destaca, además, el papel de las estructuras conceptuales de pensamiento y las tradiciones académicas actuales, en la definición de los intereses y del lenguaje utilizado en el trabajo del historiador (Camacho, 2006).

La imposibilidad de escapar del presente se empieza a considerar, desde mediados de los años ochenta, desde una óptica diferente. El antipresentismo comienza a percibirse como una ilusión historiográfica al considerar que tanto la selección de problemas como las técnicas de análisis e interpretación están determinados por los códigos y puntos de vista actuales, así es que la actualidad también determina las motivaciones del historiador para seleccionar una época o una especialidad para su investigación; el lenguaje tampoco es ajeno a la época presente ya que la audiencia -que habitualmente desconoce el lenguaje de la época descrita- requiere una adaptación del mismo. Con referencia a este aspecto es que Hull afirma que el presentismo es un elemento necesario en una buena historiografía. Las historias demasiado técnicas resultarían aburridas para los lectores, quienes podrían evitar su lectura, perdiéndose de este modo la posibilidad de comunicación del conocimiento histórico (Moro Abadía, 2006).

Nos preguntamos si será posible adquirir un enfoque que concilie las posturas, allanar las diferencias, la antinomia que, según relató Lombardi (1997), nos condujo a discursos históricos radicalmente distintos. Dicha polémica nos deja una importante enseñanza: no existe una única forma correcta de escribir la historia. La historia no es simplemente narrada sino construida y ese relato implica necesariamente una interpretación. Si bien el debate aún sigue abierto, consideramos que la historiografía actual tiende a adoptar una posición intermedia, abandonando el dogmatismo que implica acoger un enfoque único y excluyente para todos los

casos.

El continuismo y el rupturismo

Otra de las fuertes disputas que se da entre los historiadores tiene que ver con el desarrollo del conocimiento científico y sus cambios. Analizaremos en esta sección las posiciones extremas de continuismo y rupturismo, de cuyos planteamientos se desprende una imagen determinada de la ciencia y su evolución.

Los continuistas consideran que el desarrollo de la ciencia es producto de la evolución de estados anteriores, del perfeccionamiento y de la acumulación de verdades; por otra parte, los rupturistas asumen que el progreso científico implica revoluciones en el conocimiento, rupturas con las teorías anteriores. Ante estos planteamientos tan distantes, consideramos que es posible conciliar ambos esquemas en pos de una mirada integral y más abarcativa.

Entre las posturas continuistas más prestigiosas están la de Pierre Duhem y la de Steven Shapin (n.1943). Presentaremos a continuación una síntesis de dichas posiciones. A comienzos del siglo XX, Duhem en su obra *La théorie physique. Son objet, sa structure*, publicada por primera vez en 1906, sostiene que la visión moderna de la naturaleza y las innovaciones experimentales ya existían en la ciencia medieval; así lo confirmó con sus investigaciones sobre Nicolás de Oresme que muestran que los experimentos y análisis sobre la gravedad ya se encontraban presentes en la Edad Media, siendo los avances en la materia una serie de mejoras de las doctrinas medievales.

Más recientemente, Steven Shapin uno de los historiadores más influyentes en la actualidad ofrece una visión continuista más moderna y actualizada. En la introducción de la obra *The Scientific Revolution* (primera edición 1996) afirma que nunca existió el hecho aludido en el título de la obra. Considera que los cambios no eran tan “revolucionarios” e insiste en situar las ideas en contextos culturales y sociales más amplios, en lugar de estudiar una historia de conceptos aislados “flotando libremente”. Por otro lado, se pregunta si verdaderamente hubo un cambio masivo en la manera de ver el mundo y deja abierta la posibilidad de que no haya sido así, es decir, que sólo unos pocos formen parte de ese cambio. Este pensamiento lo conduce a plantearse el siguiente interrogante: ¿podemos hablar de Revolución Científica? (Shapin, 2000).

Por otro lado, como representantes de la postura rupturista podemos citar a Thomas Kuhn y Alexandre Koyré, a quienes ya hemos mencionado. Koyré, en su obra, *From the closed world to the infinite universe* (1957) sostiene que el pensamiento humano cambió sus patrones

al sufrir una profunda revolución durante el siglo XVII, situación que ha obligado al hombre a transformar, además de sus conceptos, su propio marco de pensamiento. Intentando determinar los cambios de este siglo y reducirlos a dos acciones fundamentales, el autor reconoce, por un lado, la sustitución de la creencia antigua según la cual el mundo es un todo finito y bien ordenado por la de un universo indefinido, así como la nueva concepción del espacio como una extensión infinita en lugar de un conjunto diferenciado de lugares intramundanos. Debemos destacar que dicha visión de los cambios trasluce rupturas revolucionarias con el pasado y establece nuevos períodos en el pensamiento científico (Koyré, 1979).

Thomas Kuhn, en la misma línea de pensamiento rupturista, en su libro *The structure of scientific revolutions* expone un modelo de una sucesión de períodos a través de los cuales se produce el progreso de la ciencia. Según Kuhn, cuando la “ciencia normal”, basada en logros científicos pasados, no puede solucionar un determinado problema que se presenta persistentemente, entra en una situación de crisis y busca nuevas teorías para solucionarlos. Si las nuevas teorías que resuelven los problemas y también sirven para explicar los hechos que se explicaban con el paradigma anterior son incompatibles con éste, tiene lugar una revolución en la disciplina científica en cuestión. De este modo el desarrollo de cada rama de la ciencia supone la existencia de un “paradigma” compartido por los miembros de la comunidad científica, tanto el de la ciencia normal, como el nuevo que se instala para inaugurar un nuevo ciclo de ciencia normal. La adopción de un nuevo paradigma interrumpe el desarrollo acumulativo de la ciencia a través de rupturas (Kuhn, 1971).

Pérez Ransanz (2000) reconoce que tanto Koyré como Kuhn fueron protagonistas de una reivindicación histórica, social y paradigmática del desarrollo de la ciencia. Sin embargo, cree que, más allá de las discontinuidades, algunos conceptos permanecen en los distintos períodos de cada ciencia aunque en medio de otros cambios notables, por lo cual es evidente que hay cierta continuidad y evolución coexistiendo con los cambios revolucionarios respecto a la visión del mundo y la naturaleza.

En nuestra opinión, una vez más es necesario establecer una postura conciliadora, negándonos a encorsetar el progreso de la ciencia en un esquema único y uniforme. Somos conscientes de que la evolución de la ciencia implica un entramado de continuidades y

discontinuidades que, con mayor o menor relevancia, se encuentran presentes simultáneamente.

El internalismo y el externalismo

En este apartado plantaremos las posturas que defienden la “historia interna” y la “historia externa”, así como los debates que estas generaron. Al explicar la controversia que ha generado la distinción entre “internalistas” y “externalistas”, Paolo Rossi (1990) señala que esta disputa ha derivado de una contraposición más antigua entre epistemólogos e historiadores. Los internalistas tenían un claro dominio de la disciplina en la comunidad académica de los 60 y principios de la década de los 70 (Moro Abadía, 2005). Mencionaremos a continuación algunos de sus principales exponentes.

Alfred Rupert Hall (1920-2009) asegura que las teorías no dependen de algo externo a la ciencia. En una marcada posición internalista afirma que las modificaciones decisivas de la ciencia se producen en el ámbito de la teoría (Rossi, 1990). Por su parte, Imre Lakatos (1922-1974) es el autor que mejor resume el internalismo de esta época. Expresa que el conocimiento científico no depende de las creencias o de la personalidad del investigador. Por ello, asegura, no se deberían analizar dichos factores, pudiéndose explicar los aspectos racionales de la ciencia sin hacer referencia al contexto (Moro Abadía, 2005).

La posición de Thomas Kuhn en este debate es algo más compleja ya que considera que en los primeros períodos de evolución de una ciencia hay una mayor influencia de la sociedad. Luego, con la madurez de la misma, se genera un aislamiento y su desarrollo es interpretado como independiente del contexto en que está inmersa. Sin embargo, a pesar de colocarse abiertamente del lado de los internalistas, Kuhn reconoce tres factores externos de mucha importancia, como lo son la interacción entre las disciplinas científicas, la introducción de nuevas técnicas y las reformas institucionales. A raíz de dicha consideración es que asume como complementarios a los enfoques interno y externo (Moro Abadía, 2005).

Alexandre Koyré sostiene que la ciencia no es necesaria para la vida de una sociedad y se sitúa a la cabeza del internalismo; sin embargo, reconoce que el desarrollo del saber científico necesita condiciones sociales determinadas y que la actividad científica implica un valor para dicha sociedad. De algún modo, esta imagen de ciencia aparece sujeta a influencias de diferentes aspectos como los modos de pensar y de vivir, la política, la filosofía, la magia, la religión, etc. (Rossi, 1990).

Consideraremos a continuación a los principales exponentes de un enfoque

marcadamente externalista. El enfoque externalista tuvo ya sus primeros avances en los años 30 con los trabajos de Richard Harrison Shyrock (1893-1972) y Robert Merton (1910-2003). Ambos autores asignan mucha importancia a la influencia externa sobre la investigación científica. Llegados los años 60, Jürgen Habermas (n. 1929) es una de las figuras más significativas en este aspecto. Este filósofo y sociólogo alemán considera que las ideas muchas veces enmascaran la verdadera razón del accionar de los científicos y que en el origen del conocimiento se encuentran los intereses personales o colectivos (Moro Abadía, 2005).

Es precisamente durante la década de los 60 que se toma conciencia del lugar al que conduce la dicotomía “historia interna-historia externa”, una historia de la ciencia que deriva de la epistemología y otra que apunta a la sociología de las instituciones científicas, descuidando completamente el análisis de las teorías. A partir de allí, muchos trabajos contribuyen a poner en crisis esta dicotomía ya que resultaría insuficiente para dar respuesta a los problemas centrales de la historia de la ciencia (Rossi, 1990).

Sin dudas, la división entre internalistas y externalistas nos lleva a considerar a la ciencia y la sociedad como entidades estáticas y separadas. Tanto la imagen del científico autónomo que propone el internalismo, como la que pretende reducir su actividad a los intereses colectivos, deberían ser revisadas en pos de considerar a los científicos como actores cuya racionalidad está sujeta a diversos factores (Moro Abadía, 2005).

Desplazar este debate histórico hacia un lugar de conciliación y resignificación, es una tarea en la que Shapin es un referente ya que además de reinterpretar la disputa, se reconoce como partícipe de la misma. Afirma que es fundamental considerar los contextos histórico y social en los que se desarrolla la ciencia y destaca que es inútil la demarcación entre los “factores intelectuales” y los “factores sociales” en los estudios históricos de la ciencia ya que su comprensión debería abarcar todos los aspectos. Shapin interpreta al aspecto sociológico de la ciencia como algo inherente a ella y de ningún modo lo considera como un factor externo. Se pregunta cómo se ha llegado a establecer como natural esa distinción entre lo social y político por un lado y la “verdad científica” por otro (Shapin, 2000). En su artículo “Disciplina y delimitación: la historia y la sociología de la ciencia a la luz del debate externismo-internismo”, publicado en 2005 (citado en Martini, 2011)¹ deja apartada de este debate a la filosofía de la ciencia, considerando que esta demarcación no constituye un problema para esta disciplina y de este modo sostiene que la disputa historiográfica se sitúa en la historia y la sociología de la ciencia. Shapin resignifica los límites disciplinares de ambas, que se habían apropiado de lo

¹ La versión original es la siguiente Shapin, S. (1992). Discipline and bounding: The history and sociology of science as seen through the externalism-internalism debate. *History of science*, 30(4), 333-369.

interno y lo externo respectivamente, como compartimentos estancos e imposibles de conciliar, aunque manifiesta que dejar a un lado la dicotomía interno /externo en los relatos de la historia de la ciencia no quiere decir que el nudo de la disputa esté resuelto ni que se haya renunciado a ello. Consideramos que el enfrentamiento entre ambas posturas es un tanto forzado, ya que en la práctica las diferencias se diluyen y los posicionamientos resultan complementarios y no rivales. Si bien la ciencia tiene su propia lógica, no podemos negar la influencia de la cultura en la que se desarrolla, bajo el riesgo de caer en el estudio de la vida de grandes sabios que, aislados del mundo, logran “descubrir” las “verdades” que allí se ocultan.

Luego de este breve recorrido por los diversos enfoques historiográficos que siguen vigentes en la actualidad podemos reconocer aspectos positivos y negativos de cada uno y adoptar una posición conciliadora al considerarlos como complementarios en vez de rivales.

En cuanto al enfoque whig rescatamos como aspecto positivo la facilidad de comunicación de los hechos históricos dado que al estudiante o el ciudadano común le resultaría más cercana, sencilla y fácil de comprender la historia de la ciencia cuando la estudia “de adelante hacia atrás” y los hechos recientes cobran mayor sentido. Es evidente que resultaría más complicado trasladarse al contexto de la época en que sucedieron los acontecimientos. Como aspecto negativo, cabe resaltar que se podría generar una visión distorsionada de la historia al no ubicarnos en el contexto de la época considerada; es decir, se puede caer fácilmente en la simplificación de los hechos. En síntesis, un enfoque intermedio parece la mejor opción.

En cuanto al continuismo-rupturismo, consideramos que los cambios en la ciencia implican continuidades y discontinuidades que se presentan de manera simultánea. Tener una visión rígida y una única postura nos llevaría a perder mucho de la riqueza que conllevan los avances y retrocesos conceptuales en la producción del conocimiento científico.

En referencia al internalismo-externalismo admitimos que la primera visión resulta insuficiente ya que distorsiona la descripción de la actividad científica real. Sin embargo, también es cierto que poner el acento solamente en la sociedad donde se desenvuelve la ciencia dificulta y hasta puede impedir una explicación de los conocimientos científicos, si no se tienen en cuenta los argumentos teóricos y las evidencias experimentales, es decir los factores internos de la ciencia.

Entendemos que las posiciones extremistas no conducen a buenos resultados, por lo tanto, sólo buscando conciliar posturas es como podremos llegar a una explicación histórica más completa de la construcción del saber científico.

Capítulo 2

La historia de la ciencia en la enseñanza

En este capítulo analizaremos el camino recorrido hacia la consolidación de la historia de la ciencia en el ámbito educativo, sus beneficios en la construcción del conocimiento científico escolar y las dificultades que pueden manifestarse en la reconstrucción de la historia que se quiere presentar.

La inclusión de la historia de la ciencia en el ámbito educativo

Al considerar a la historia de la ciencia como uno de los pilares fundamentales de la enseñanza de la ciencia, nos preguntamos en qué momento dicha relación -discutida y objetada por algunos sectores- comenzó a adquirir cierta relevancia. También nos planteamos otro interrogante con respecto al modo en que esta disciplina se incorpora en los textos que salen a la luz en los ámbitos escolares.

Según Navarro Brotons (1983), en el siglo XVIII existe una primera expansión de la historia de las ciencias en la enseñanza debido al surgimiento de libros que reflejan la historia en las distintas disciplinas, tales como historia de la matemática o historia de la electricidad. Algunos científicos, ya en el siglo XIX, se dedican a explorar el pasado histórico, tal es el caso de Jean-Baptiste Joseph Delambre y su *Histoire de l'astronomie ancienne* publicada en 1817 o Ernst Mach con su *Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt* en 1883. Estos representan excepciones a la gran mayoría de los científicos de la época que observan el análisis sobre el pasado como una labor inútil y engorrosa. No obstante, esta disciplina continuaría transitando un arduo camino tanto para constituirse como disciplina científica independiente, como para hacerse un lugar en los programas escolares.

Consideramos que los momentos de crisis son propicios para que surjan nuevas ideas, producto de la necesidad de establecer cambios positivos que compensen las dificultades que se atraviesan. La inclusión de la historia de la ciencia en la enseñanza de la ciencia no es la excepción a esta regla. Según Peña (2015) esta incorporación tiene su origen en dos momentos históricos de crisis en la enseñanza en Europa. El primero ocurrió luego de la Segunda Guerra Mundial, durante los años 50 y 60 del siglo XX, cuando se pretendía aumentar los conocimientos sobre ciencia así como la población de científicos, aunque sólo se logró formar

a unas pocas mentes privilegiadas. El segundo se dio durante los años 80, con el veloz avance de la ciencia y la tecnología, situación que aumentó la distancia entre los científicos y el ciudadano común, obteniendo lo contrario de lo que se pretendía. Estos cursos enfocados a los estudiantes brillantes, sumado a la poca comprensión de los docentes acerca de la naturaleza de la ciencia, impidieron que se cumpliera el objetivo de potenciar la actitud científica en la mayor cantidad de estudiantes posible.

Junto a los movimientos de enseñanza “sobre” la ciencia y “en” la ciencia de los 90, toman fuerza las propuestas acerca del conocimiento sobre el desarrollo histórico de las teorías y principios científicos. Resurge el antiguo argumento acerca de que la enseñanza de las ciencias debería ser no sólo “sobre” la ciencia, sino “en” la ciencia. La historia de la ciencia ha evolucionado llegando a ser, en principio, una disciplina académica instituida aunque incomunicada con la comunidad científica. En la actualidad se han reconstruido los puentes hacia la ciencia existiendo una reciprocidad entre los historiadores, que ofrecen diversidad de materiales para explicar la ciencia a los estudiantes y a la comunidad en general, y los científicos, que reconocen los beneficios de una sólida investigación histórica. Esta inclusión no fue sencilla, ha sido objeto de constantes discusiones entre los detractores y los defensores de la incorporación de la historia de la ciencia en la enseñanza (Brush, 1991; Matthews, 1994; Peña, 2015).

De este modo la historia de la ciencia se va abriendo paso tímidamente en la enseñanza. Hoy continúan vigentes las palabras de Brotons (1983) quien expresa que aun cuando hay signos de que el papel de la historia de la ciencia en la formación del ciudadano común, del docente o del científico está siendo reconsiderado, muchos científicos y profesores continúan en la ignorancia restándole toda importancia, con el argumento de que no colabora a realizar nuevos descubrimientos, o bien, bajo la convicción de querer preservar la imagen tradicional de los científicos, la cual cambiaría radicalmente al indagar en la historia. Por ello pensamos que esta disciplina tiene un largo camino por recorrer para consolidarse en los ámbitos educativos y vincularse con la enseñanza de las ciencias.

Beneficios de la incorporación de la historia de la ciencia en la enseñanza

¿Por qué deberíamos incorporar historia de la ciencia en nuestras clases? ¿Existe un real beneficio para los estudiantes y sus procesos de aprendizaje? ¿Merece la pena tomar el escaso

tiempo asignado al cumplimiento de los contenidos curriculares para tratar temas del pasado?

Es innegable que los conocimientos se desarrollan en determinados momentos y situaciones. Como lo expresan Camacho y Quintanilla (2008), no existen de manera “ahistórica”; se transforman según las necesidades de las instituciones, las personas y los distintos ámbitos sociales, políticos, axiológicos y culturales. Por ello resulta indispensable interpretar la historia y desarrollar las competencias cognitivo-lingüísticas para poder construir el conocimiento científico escolar. Por ejemplo, argumentar por qué una teoría científica tuvo éxito y otra no, cómo era el contexto en el que se desarrolló el conocimiento, cómo influyó en los científicos de ese momento, qué instrumentos estaban disponibles y qué conclusiones pudieron elaborar. Todo esto a partir de los episodios históricos analizados.

Concordamos con Echeverría (1994) en que el lenguaje es generativo, crea realidades. Como expresan Izquierdo, Martínez, Quintanilla y Adúriz (2016), debemos considerar que la historia de la ciencia nos abre una puerta al lenguaje ya que nos presenta diversas formas de referirnos a un mismo fenómeno o, por el contrario, la misma explicación para fenómenos diferentes. De este modo nos permite comprender el carácter constructivo del lenguaje que posibilita configurar algo de manera inteligible contribuyendo a hacer real lo que aún no existe. La perspectiva histórica enriquece aspectos de la ciencia dado que valora no sólo el lenguaje, sino también las actuaciones humanas, la función de los instrumentos, el contexto, los valores y el papel de la enseñanza en todo ello. Nos proporciona un panorama de las principales preguntas que se hicieron los científicos y la forma en que pudieron intuir las respuestas en el momento en que transitaban, sin disponer de las teorías e instrumentos con que contamos en la actualidad. Partir de aquellas preguntas, de la actividad científica que se desencadenó para llegar a la actual respuesta, constituye un verdadero desafío intelectual para nuestros estudiantes. Las buenas preguntas hacen que la respuesta sea valiosa y que, a su vez, se pueda vincular con otras preguntas y respuestas constituyendo modelos teóricos.

La consideración de las ideas previas de los alumnos es un elemento fundamental, dado que el aprendizaje significativo se produce cuando un nuevo conocimiento interactúa con los esquemas de conocimientos preexistentes. De acuerdo con Martins (2006) consideramos que los estudiantes traen consigo concepciones previas a la enseñanza sistemática de las ciencias que muchas veces se resisten a ser sustituidas por las concepciones de ciencia actuales; ambas pueden continuar existiendo paralelamente e interferir con la comprensión de las nociones impuestas por el profesor. Por ello, resulta útil esgrimir argumentos de la misma naturaleza que los utilizados en las discusiones científicas para que los estudiantes cambien sus concepciones, en lugar del uso de un argumento de autoridad. Esta reestructuración conceptual exige un

conocimiento de los procedimientos de discusión y de la actividad científica. Todo ello nos permite pensar en varias posibilidades al mismo tiempo, buscando argumentos para justificar cada una de ellas. Es decir, el alumno precisa pasar por un proceso semejante al del desarrollo histórico de la misma ciencia.

En este sentido, Izquierdo, Martínez, Quintanilla y Adúriz (2016) resaltan el valor de la historia de la ciencia como facilitadora para poder interpretar las ideas de los estudiantes, dado que nos muestra cómo las preguntas y respuestas que ahora nos parecen equivocadas, en su momento y contexto fueron sensatas. Del mismo modo, las explicaciones espontáneas de los alumnos que aún no se han formado en ciencias tienen la sensatez de la interpretación del mundo a su manera. Nos permiten identificar maneras de argumentar, razonar y representar características de las distintas épocas, y, a su vez, regenerar debates para que los estudiantes puedan interpretar críticamente los saberes. Los docentes debemos ser capaces de adoptar las estrategias metodológicas necesarias para crear los escenarios y las reconstrucciones históricas correspondientes a las preguntas que los científicos se plantearon y los objetivos que se propusieron a lo largo de los tiempos. Esta situación puede inspirarlos a incluir episodios del futuro, introduciendo la ficción en la recreación de las investigaciones científicas a través de las épocas.

En cuanto a la metodología que puede aplicarse en el aula, consideramos que la resolución de problemáticas es una importante actividad cognitiva que puede adaptarse a todas las materias y permite a los alumnos poner a prueba distintas estrategias, además de reflexionar sobre los patrones comunes de las mismas, ejecutando así un importante ejercicio de metacognición. Esta metodología fomenta el trabajo en equipo, potencia habilidades como la toma de decisiones y mejora la capacidad de investigación y comunicación. Coincidimos con Camacho y Quintanilla (2008) en que el uso de la historia de la ciencia posibilita que los estudiantes aprendan a enfrentarse a un problema científico real, observen la dinámica de la comunidad científica, la forma como argumentan, describen, justifican y debaten quienes hacen ciencia. Esta propuesta metacientífica promete mejorar la calidad de la educación científica escolar. La enseñanza de las ciencias debe presentar problemáticas similares a las que se presentan en los contextos científicos reales. Es fundamental que sean significativas para los alumnos, relevantes para la disciplina que se enseña y posibles de ser abordadas por los estudiantes de manera similar a la forma en que las abordaron los científicos a lo largo de la historia, de modo que puedan combinar el problema con el modelo teórico y presentar las hipótesis que posibiliten nuevos aprendizajes.

La experiencia nos genera el convencimiento de que en la actualidad no es suficiente

enseñar a los estudiantes conceptos aislados, dado que estos no llegarán a anidar en su estructura cognitiva. De acuerdo con Gagliardi (1986; 1988) destacamos la importancia de la historia de la ciencia para definir los conceptos estructurantes. Para ello deberían analizarse no solo las teorías científicas actuales sino también su historia ya que esta permitiría detectar los conceptos y métodos que han permitido transformar una ciencia y elaborar nuevas teorías. La utilización adecuada de la historia de la ciencia nos permitiría entonces, identificar las bases sobre la que se apoyan estos conceptos y así contribuir a la superación de los obstáculos epistemológicos. Consideramos que la historia de la ciencia puede mostrar en detalle cuáles fueron las relaciones sociales, económicas y políticas en los momentos de transformación profunda de la ciencia. Este análisis posibilitará que los alumnos comprendan la situación actual de la misma interpretando las ideologías que entran en juego en los diferentes sectores. De este modo, no solamente se definirán los conceptos estructurantes sino que, además, los estudiantes podrán tomar conciencia de las dificultades que se presentan en la construcción de los conocimientos y superar la idea de que todo conocimiento es una verdad, producto de la acumulación de experiencias exitosas. La utilización de la historia de la ciencia y la epistemología en clase permitiría implantar la discusión acerca de la producción de conocimientos. El alumno podrá reflexionar sobre la actividad institucional que implica la ciencia, en la que se aceptan teorías previas, sea de forma tácita o explícita, y se utilizan métodos admitidos por la comunidad científica. De este modo podrá diferenciar su propia producción individual que implica una reconstrucción de los conocimientos ya elaborados socialmente. Como consecuencia, la historia de la ciencia colabora para que los alumnos tomen conciencia de la paciencia y la perseverancia que se requieren para lograr que las instituciones avalen los conocimientos producidos. El debate planteado sobre la estructura de la ciencia y sus modos de operar posibilitarán crear una imagen más real de la misma y, de este modo, acrecentar las posibilidades del estudiante de participar en la construcción y control de los conocimientos.

Resaltamos nuevamente la importancia de la generación de preguntas en el aula. “Para un espíritu científico todo conocimiento es una respuesta a una pregunta. Si no hubo pregunta, no puede haber conocimiento científico” (Bachelard, 1948, p.16). De acuerdo con Matthews (1991) consideramos que, mediante una historia de la ciencia bien enseñada, se logra estimular al alumno mediante preguntas, en lugar de llegar con las respuestas. Las clases de evolución son más atractivas si surgen preguntas sobre los límites adecuados de la ciencia y la religión. Entender los obstáculos que se han presentado a lo largo de la historia de la ciencia puede colaborar en la comprensión de los problemas que surgen en el aprendizaje individual ya que las dificultades que tuvieron que superar los científicos podrían orientar al docente acerca de

las dificultades que también podrían surgir en otras mentes. Furió y Dominguez (2007) consideran que sería muy beneficioso para el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, secuenciar los contenidos y actividades teniendo en cuenta la evolución histórica de los problemas; de este modo los docentes podrían generar hipótesis didácticas acerca de las posibles dificultades de aprendizaje de los estudiantes al comprender los fenómenos científicos de manera similar a como sucedió históricamente. Esto sobre la base de que las dificultades que se presentaron en la historia de la ciencia para la construcción del conocimiento científico pueden tener cierto parecido a los obstáculos epistemológicos actuales.

Humanizar las ciencias, tornar las clases más estimulantes y reflexivas, comprender mejor los contenidos científicos, incrementar el pensamiento crítico, son algunos de los beneficios que, según Matthews (1994), se adjudican a la historia, filosofía y sociología de la ciencia. Somos conscientes de que desarrollar el pensamiento crítico en los alumnos es uno de los propósitos más relevantes de nuestra tarea docente, ya que les permite interpretar, analizar, evaluar, hacer inferencias y clarificar significados. Para ello se deben ofrecer oportunidades para que los estudiantes emitan sus criterios y tomen posturas razonadas, luego de explorar los diferentes puntos de vista acerca del tema que se esté estudiando. Estamos convencidos de que la historia de la ciencia constituye una herramienta para tal fin.

Incentivar a los estudiantes a defender un punto de vista, aportando sus razones, luego de confrontar una pluralidad de opciones, es una acción que muchas veces resulta difícil de llevar a cabo. Sin embargo, los docentes habitualmente ponemos mucho énfasis en el desarrollo de la capacidad de argumentación de nuestros alumnos, ya que estamos convencidos de que es una herramienta poderosa que deben fortalecer para poder utilizarla en cualquier ámbito de la vida.

La incorporación de la historia y la filosofía de la ciencia favorece en los estudiantes el desarrollo de las habilidades comunicativas, ya que les permite argumentar a favor o en contra de situaciones que hayan ocurrido a lo largo de la historia y los ayuda a desarrollar la capacidad de tomar decisiones como ciudadanos del siglo XXI. Además, les genera una mayor comprensión de la ciencia y mejora su actitud hacia ella, dado que impacta positivamente en sus acciones e intereses (Morales, 2015).

García e Izquierdo (2014) reafirman este beneficio al asegurar que las narraciones e historias acercan a los estudiantes a la actividad científica ejercida por personas reales que tuvieron la influencia del contexto en el que actuaron. Estas historias les demuestran la importancia de la discusión y el convencimiento del oponente; de este modo, aprender a dialogar sería uno de los recursos importantes para introducirse en el mundo de la ciencia. Así,

se elaboran visiones más próximas a la forma en que se crea el conocimiento científico, con una postura más crítica y reflexiva. Esto corrobora la importancia de la relación entre la didáctica de las ciencias y la historia y la filosofía de las ciencias para el diseño de la ciencia escolar.

No podemos dejar de mencionar la importancia de una mirada interdisciplinaria en el aula para, de este modo, formar a los alumnos en un pensamiento complejo que dilucide la realidad de forma integrada, tal como se nos presenta. Al respecto, Izquierdo, Martínez, Quintanilla y Adúriz (2016) afirman que muchos gobiernos pretenden que todos los ciudadanos tengan una formación en ciencias, interdisciplinar y vinculada con los intereses sociales. Dado que los profesores tienen una formación disciplinar -situación que favorece el bagaje conceptual que permite interpretar ciertos fenómenos- les resulta difícil construir una ciencia para todos, previa a la posible especialización de algunos. La historia de la ciencia puede colaborar mostrándonos las relaciones entre la ciencia y la sociedad en épocas donde la estricta separación de materias era inexistente. Coincidimos con Quintanilla (2009) en que es de fundamental importancia conocer la relación entre la ciencia y la cultura de una época y su influencia en el desarrollo de una sociedad, plantear el desarrollo histórico de las principales líneas de investigación en ciencias, fruto del trabajo colectivo, con sus polémicas y tensiones, es decir, las complejas relaciones CTSC (ciencia-tecnología-sociedad-comunicación). Esta perspectiva nos permitiría visualizar la ciencia como una actividad humana no neutral.

Creemos que resultaría fundamental considerar a la ciencia como un proceso de construcción social, sujeto a intereses políticos y económicos, que incide notoriamente en la configuración de las sociedades. Coincidimos con Martín Díaz (2002) en que la enseñanza de la ciencia debe poner su acento en generar la posibilidad en los estudiantes de todos los niveles, de comprender los problemas del mundo y poder actuar para modificar determinadas situaciones, es decir, que sus niveles mínimos de conocimientos científicos les permitan participar democráticamente en la sociedad para ejercer una ciudadanía responsable. La construcción del conocimiento científico debería dejar la idea en los alumnos de que la ciencia interpreta la realidad, contrariamente a la concepción que sostiene que representa la verdad absoluta. El conocimiento científico está en proceso de construcción continuo, muchas preguntas no han encontrado respuesta aún, nunca podemos decir que es un cuerpo acabado de conocimientos. Las teorías dirigen las observaciones, por ello no podemos seguir presentando al método científico como una rigurosa serie de pasos que lleva al desarrollo de la ciencia, dejando a un lado la creatividad en este proceso. Consideramos necesario cuestionar la objetividad y neutralidad de la ciencia y desterrar la idea de una ciencia neutra, aséptica,

incuestionable en la que los científicos eligen libremente el tema a investigar, en forma independiente de los organismos que dirigen y financian dicha investigación.

Al reflexionar sobre la importancia de la educación científica en la población no dudamos en afirmar que esta es fundamental para que las personas adquieran una comprensión más profunda de la naturaleza y la sociedad, una calidad de vida superior y un medio ambiente saludable para esta generación y para las generaciones futuras. Nuestra sociedad actual nos demanda una educación de calidad en valores como la solidaridad, la responsabilidad, el respeto y la creatividad para colaborar en la creación de un mundo mejor y más justo para todos. En coincidencia con Izquierdo (1994) creemos que a partir de la enseñanza de las ciencias con una mirada histórica es posible desarrollar en los estudiantes actitudes relacionadas con la solidaridad, la iniciativa, la creatividad y la responsabilidad individual y colectiva y, de este modo, lograr una educación científica que colabore a mejorar la humanidad.

Falencias y obstáculos de la incorporación de la historia de la ciencia en la enseñanza

Ciertamente, como hemos señalado, el conocimiento de la historia de la ciencia es útil para docentes y alumnos. Ahora bien, no podemos negar que existen algunos obstáculos para que esa disciplina desempeñe el papel que le corresponde en la enseñanza. En primer lugar, debemos mencionar la falta de formación de los docentes en este aspecto. Por otra parte, es evidente la carencia de material didáctico adecuado. Ciertamente, muchos libros de ciencia introducen información errónea, reforzando mitos como los de los “grandes genios” o los descubrimientos repentinos que ocurren por casualidad. Por consiguiente, la historia de la ciencia que se reduce a nombres, datos y anécdotas se limita a transmitir creencias científicas basadas en la autoridad del profesor o del científico, en lugar de estudiar el contexto de la época, las alternativas posibles y la forma en que fue justificada y aceptada una teoría (Martins, 2006).

Según Quintanilla (2009) entre las causas que explicarían la ausencia de la historia de la ciencia en la enseñanza y en la formación docente podemos destacar la carencia de contenidos que incluyan este aspecto en los planes de enseñanza secundaria y en la formación de científicos y profesores; el desinterés de estos profesionales por analizar y reflexionar sobre hechos históricos; la escasez de publicaciones al respecto; la desvalorización de la historia de la ciencia por parte de la comunidad científica y educativa y la persistencia de la concepción de una

ciencia dogmática y utilitarista.

Estos obstáculos llevan a una introducción inadecuada y deficiente de la historia de la ciencia en la enseñanza cuyas características más salientes repasaremos en esta sección. Whitaker (1979) nos habla de una “cuasihistoria” al referirse a ese material histórico cuyo propósito es brindar un marco a los hechos científicos para que encajen en él y puedan ser recordados con mayor facilidad. De este modo no se transmite historia en forma veraz, dado que ni siquiera se admite que se ha producido una reconstrucción histórica. La cuasihistoria es vista por este autor como una conveniencia en la enseñanza y el aprendizaje que ignora los factores relacionados con la interacción social de los científicos. De hecho, muestra un acuerdo instantáneo con respecto a los descubrimientos y no considera relevantes las controversias del pasado. Tampoco menciona los errores, sólo se preocupa por exponer las ideas aceptadas, instalando el concepto de científicos eminentes y perfectos que no pueden cometer errores. Estas imágenes podrían alejar a los estudiantes que alguna vez soñaron con ingresar al mundo de la ciencia, ya que no se sentirían muy confiados como para intentar unirse al conjunto de los “superhombres” que realizan una actividad despersonalizada, con poca interacción y colaboración entre equipos. Deberíamos estar atentos a estas tendencias de la “cuasihistoria” y tratar de contrarrestarlas.

¿De qué modo se intenta presentar hoy la historia de la ciencia a los estudiantes? ¿Es suficiente iniciar la clase con la presentación de un “genio” al que se le atribuye el gran descubrimiento que vamos a estudiar?

Algunos docentes presentan introducciones a sus clases mencionando determinados detalles sobre la vida de ciertos personajes destacados en ciencia. Esta historia continúa siendo superficial y simplemente ornamental. Se convierte en un envoltorio que embellece la presentación de algunos temas, del cual se puede prescindir para ingresar de una vez en el núcleo duro del tema. De este modo, se justifica la propuesta de formar buenos científicos a partir de los conocimientos actuales sin perder tiempo en historias del pasado (Nieto Galán, 2014).

En coincidencia con Boido (1985) consideramos que la historia de la ciencia es algo más que una colección de biografías de genios que trabajaron en un vacío cultural. Hoy resulta necesario remitirse al tipo de preguntas que podían formular en el contexto de su época, las respuestas que estaban en condiciones de dar, los condicionamientos sociales, políticos o económicos, etc. Así, podremos tener otra visión de las hipótesis equivocadas o de las teorías que hoy nos parecen erróneas.

En este punto entran en juego las equivocaciones, las teorías que no llegaron a buen fin,

las experiencias frustradas. Rescatar los errores que pudieron haber cometido los científicos en la época en que transitaron no sólo les permitirá a los estudiantes tener una imagen más humana de los mismos, también les posibilitará comenzar a ver el error como una fuerza gestadora de un nuevo conocimiento que surge para resolver nuevos problemas ante un constante cambio científico y social, en lugar de ver en él una situación cuyo fin es el lamento y el olvido. Sin embargo, este es un parámetro frecuentemente descartado cuando vemos la presentación de “genios” exitosos que hacían todo bien y consideramos que su mera mención nos hace cumplir con la “cuota” de historia necesaria en la clase de ciencias.

Otro error se produce al presentar la historia como línea recta en la que se transmiten los resultados de mentes brillantes que en forma sucesiva permitieron la evolución de los conocimientos (Gagliardi, 1986). Ignorar las crisis y las remodelaciones profundas otorga una concepción errónea sobre el trabajo científico que se presenta como acumulativo y lineal (Gil Pérez, 1993). Un importante riesgo que puede acarrear una utilización inadecuada de la historia de la ciencia en el aula es que se plantee una visión simplista de la misma, con un progreso de continuo avance y un final siempre feliz. Debe quedar establecido que las ciencias no aseguran este final; como construcciones humanas, no son buenas ni malas, el futuro está por construirse y el presente es su cimiento (Izquierdo, 1994).

Otra falencia importante en la presentación de la historia de la ciencia es la visión individualista de la actividad científica. De este modo, se resta importancia al trabajo colectivo, propio de la construcción de conocimientos científicos, entorpeciendo, de esta forma, la enseñanza. La presentación de los conocimientos como obra de genios aislados o como dominio de memorias especialmente dotadas le imprime, además, un sello elitista a la ciencia (Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz y Praia, 2002; Gil Pérez, 1993). El valor del trabajo en equipo es una fortaleza a desarrollar en los estudiantes, dado que las habilidades y talentos se complementan pudiendo lograr mejores resultados en las tareas que emprendan. Ya en 1660 la Royal Society de Londres promovía el intercambio de ideas y conocimientos para lograr encontrar la verdad en temas científicos.

En síntesis, al incorporar la historia de la ciencia en las clases de una manera inadecuada se corre el riesgo de transmitir las visiones deformadas de la ciencia, ignorar los problemas que dieron origen al conocimiento presentado, presentarla como un progreso lineal ascendente y reforzar la visión de la ciencia como una actividad individualista y elitista (González Galli, 2014).

Ante tantas deformaciones resulta indispensable la capacitación de los docentes para utilizar la historia de la ciencia del modo más efectivo posible. En este sentido coincidimos con

Izquierdo, Martínez, Quintanilla y Adúriz (2016) en que el hecho de que los profesores de ciencias utilicen la historia de las ciencias no los convierte en historiadores; es más, deberían respetar lo que los especialistas consideran que es una “buena historia de las ciencias”. Lo cierto es que muchas veces resulta difícil llegar a acuerdos entre la historiografía y la didáctica. Según Lombardi (1997) resultaría imposible transmitir a los alumnos una historia completa, dado que el pasado es una fuente inagotable de información y no permitiría avanzar con los contenidos siguientes. De este modo, surge la inquietud acerca del criterio que debería utilizarse para recortar los hechos del pasado. Surge así el problema de la reconstrucción de la historia.

Los historiadores critican dos situaciones que podrían complicar a muchos docentes: el anacronismo y la hagiografía. El anacronismo implica considerar y juzgar los aportes, por ejemplo, de la Antigüedad como si se produjeran en el entorno científico actual. Con este criterio, por tomar un ejemplo, los aportes de Paracelso (s. XVI) con respecto a los síntomas de las enfermedades y las propiedades de los remedios, serían considerados absolutamente tontos, sin visualizar la importancia de su labor al haber introducido las bases del método experimental. Por su parte, la hagiografía considera a personajes selectos como modelos ejemplares y héroes de la ciencia, sin tener en cuenta la presencia de la comunidad científica que contribuye con el aporte de preguntas, conocimientos y sugerencias para plasmar los logros científicos de una época. Si bien es cierto que los docentes debemos consultar “buenas historias” de la ciencia y evitar tanto los anacronismos como la hagiografía, ¿es esta historia motivadora para los alumnos? ¿les resulta significativa? En muchas ocasiones la historia que se relaciona con el momento presente resulta más estimulante para los estudiantes que la historia de pasados más remotos (Izquierdo, Martínez, Quintanilla y Adúriz, 2016).

En línea con lo que hemos señalado en el capítulo anterior, coincidimos con Lombardi (1997) en que hoy en día no existe una única manera correcta de relatar la historia. Siempre se requiere una interpretación y puede haber más de una. La historia es construida y no solamente narrada. Una posición intermedia entre el anacronismo y el diacronismo (whig-antiwhig) estrictos que permita adoptar distintos enfoques en distintos casos es la propuesta predominante de la historiografía actual. La absoluta imparcialidad en la historia constituye un mito. Los mismos acontecimientos fueron narrados de manera diferente a través del tiempo. Esta multiplicidad de relatos históricos no constituye un error; por el contrario, contribuye a desarrollar en los estudiantes el pensamiento crítico. El docente puede presentar su propia interpretación del pasado, siempre y cuando no la haga inobjetable. De este modo la historia constituirá para los alumnos un estímulo para la reflexión y no simplemente una narración. La realidad es que aún queda un largo camino por recorrer en este sentido.

Capítulo 3

Historia de la ciencia e imagen de la ciencia

En este capítulo reflexionaremos acerca de la imagen de ciencia que aún hoy se transmite a los estudiantes a través de la enseñanza tradicional y de aquella “nueva” imagen flexible y cambiante que quisiéramos comunicar, para que puedan vislumbrar la complejidad de la actividad científica e involucrarse activamente en las decisiones relacionadas con dicha actividad que se imponen en nuestro siglo. También analizaremos la influencia de la historia de la ciencia en la producción de esas imágenes y las propuestas de mejoras para que dicho objetivo se pueda cumplir mediante el trabajo continuo y conjunto en el aula.

¿Qué imagen de ciencia estamos transmitiendo y queremos transmitir a los estudiantes?

En numerosas ocasiones, aún hoy, tal como lo expresara Boido (1985), se presenta al estudiante una versión de la ciencia desligada del contexto histórico, social y cultural en el que estuvo inmerso el investigador. De este modo se fomenta una separación entre el mundo de las “ciencias” y el de las “humanidades”. Esta constituye una deficiencia importante en la formación cultural de los miembros de una sociedad democrática, ya que su participación plena en las decisiones comunitarias requiere el conocimiento y la experiencia de ambos mundos.

Frecuentemente se restringe a los alumnos la visión histórica de las ciencias, su pasado, así como también se escatima la información acerca de la construcción de los conocimientos, las motivaciones y los ambientes en que se llevó a cabo. Como consecuencia los estudiantes, en muchas ocasiones, no toman conciencia de la importancia de hacer ciencia para ser forjadores del futuro así como de la creatividad que requiere esta apasionante aventura humana, de modo que finalmente terminan perdiendo interés en ella (Izquierdo, 1994).

Mc Comas (1998) señala mitos acerca de la naturaleza de la ciencia, arraigados en el profesorado de ciencias a nivel mundial, que producen consecuencias negativas en la imagen de ciencia que se transmite en la escuela. Entre ellos se encuentran la rigidez y universalidad del método científico, la objetividad absoluta de la ciencia, la validez categórica del conocimiento científico, el progreso de la ciencia por acumulación, el carácter únicamente experimental de la misma y la perspectiva realista ingenua. En coincidencia con estos

conceptos, Gil Pérez (1993) sostiene que la visión rígida se potencia cuando se presenta el “método científico” como un conjunto de etapas a seguir en forma rigurosa, sin tener en cuenta la duda o la creatividad.

Tradicionalmente se ha considerado al método científico como una forma exclusiva y de avanzada para enseñar ciencias y en muchas ocasiones los docentes se diferenciaban -y aún hoy lo hacen- entre los que impartían sólo teorías y los que únicamente realizaban experiencias para que los estudiantes se apropiaran de los conocimientos. De acuerdo con Penagos (1997) consideramos que podemos diferenciar dos imágenes mitificadas de la ciencia que se enseña. Una sobrevalora la observación libre de teorías, con un método científico rígido e inductivo, y la otra es producto de una rigurosa racionalidad, por la acumulación de conceptos y teorías. Por el contrario, los historiadores y epistemólogos modernos muestran un desarrollo de la ciencia que conlleva una visión no acumulativa, en la que no existe un único método.

Considerar que la observación y la experimentación son neutras porque no tienen influencias teóricas es un error, ya que el trabajo del científico es orientado todo el tiempo mediante las teorías disponibles. (Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz y Praia, 2002). Se incide en esta visión ateorica cuando se reduce el aprendizaje de la ciencia al “descubrimiento”, resaltando el papel de la observación y la experimentación, con olvido de los contenidos (Gil Pérez, 1993).

No tenemos dudas de que existen muchas concepciones ingenuas y falsas sobre la naturaleza de la ciencia y su relación con la sociedad. Aún hoy muchos docentes transmiten la idea de la inmutabilidad de la ciencia, sin considerar que es un conocimiento provisorio que tiende a ser perfeccionado y no posee la garantía de llegar a algo definitivo. Como señalan Fernández et al. (2002), presentar un método científico con etapas rígidas implica un error que olvida la importancia de la creatividad y la duda; y eso, aún hoy, ocurre en nuestras aulas.

La enseñanza tradicional de la ciencia, en muchas ocasiones, pone el acento en los descubrimientos y demostraciones como conocimientos infalibles sobre el mundo. Por otra parte, algunos sociólogos y filósofos sostienen que los conocimientos “se construyen socialmente”. La tarea de la enseñanza de la ciencia actual es lograr trabajar críticamente estas posturas. De este modo, sería importante mostrar que el conocimiento adquirido por la ciencia, si bien es válido y útil, es producto del pensamiento humano, y por lo tanto, puede ser sometido a nuevas pruebas que lo modifiquen (Brush, 1991).

Creemos que transmitir conocimientos ya elaborados sin mostrar los problemas que tuvieron que sortear al construirse, su evolución, dificultades, limitaciones y perspectivas futuras, trae como consecuencia la creación de una concepción errónea del trabajo científico,

con una visión aproblemática y ahistórica del mismo (Gil Pérez, 1993); sin embargo, como hemos visto, muchas veces, aunque se considere la visión histórica, se detectan deformaciones de la misma que la descalifican o al menos disminuyen sus beneficios.

Algunas investigaciones demuestran que aún queda un largo camino por recorrer que nos permita aunar las distintas miradas de la historia de la ciencia, integrándolas con el fin de transmitir una imagen de ciencia más cercana a la realidad. Así es que Farías, Molina y Castelló (2013), al analizar el enfoque de la historia y la filosofía de la ciencia en cinco libros de texto de química de nivel universitario, concluyen que cada episodio de la ciencia es tratado enmarcándolo en dos tipos de historia diferente, la externa y la interna, con lo que la imagen de ciencia que estamos enseñando se aleja bastante de la verdadera ciencia en la que las ideas, los principios, el conocimiento y los procedimientos están íntimamente relacionados y son interdependientes del contexto político, social, económico, institucional y afectivo.

La impronta empírico-positivista que adquiere la enseñanza “tradicional” de las Ciencias Naturales se debe, en parte, a la concepción del modelo científico como una réplica de lo real. Redescubrir ideas que llevaron siglos de investigación a la humanidad es una tarea que resultaría muy difícil de llevar a cabo. Sin embargo, estructurar la actividad científica escolar en torno de modelos teóricos que recreen un saber, apropiándose de las herramientas intelectuales necesarias para cada problema, es una propuesta que está siendo origen de reflexión y trabajo en la didáctica de las ciencias (Adúriz e Izquierdo, 2009).

Según Fernández, et al. (2002) las visiones deformadas de la actividad científica se relacionan de tal manera entre sí que forman un esquema integrado. Tan es así que una visión individualista de la ciencia apoya la idea de “descubrimiento” y conduce a la presentación socialmente neutra de la actividad científica, de igual manera que una visión rígida de la ciencia conduce a una interpretación acumulativa y lineal del desarrollo científico. Dichas concepciones resultan ser la expresión de una imagen ingenua de la ciencia y la realidad nos muestra que las concepciones docentes sobre la ciencia no difieren de las adquiridas por la sociedad en general. Por ello, resulta de fundamental importancia que los educadores puedan distanciarse de dichas visiones deformadas, realizando un trabajo de reflexión crítica que les posibilite lograr dicho objetivo.

¿Cómo influye la historia de la ciencia en la imagen de ciencia?

La particularidad del acercamiento histórico de la ciencia consiste en mostrar cómo se

llegó a las conclusiones obtenidas por los científicos a lo largo de los años. Para ello es fundamental trabajar, al igual que lo hace la ciencia, con amplias preguntas filosóficas cuyas respuestas no son verdades inmutables, sino simplemente hipótesis de trabajo sobre las que se basan futuras investigaciones. Los historiadores de la ciencia demandan el derecho a ser útiles en la educación mediante la reflexión del conocimiento actual -a la luz de la comprensión de la historia recorrida- y no simplemente como recuerdo de lo perimido y arcaico (Brush,1991).

Varias investigaciones revelan el convencimiento de los docentes acerca de la importancia de introducir la historia de la ciencia como facilitadora de la formación de una imagen de ciencia cercana a la realidad. Un estudio registrado en González y Gatica (2009) revela que los profesores entienden que la historia y la filosofía de la ciencia contribuyen a la comprensión de la actividad científica dado que permiten entender sus problemáticas, dilemas y metodologías. También Camacho y Quintanilla (2009), mediante un estudio realizado en el profesorado, sostiene que en este ámbito se considera que un conocimiento de la historia y naturaleza de la ciencia favorece la comprensión contextual y conceptual de la actividad científica.

Esta idea ya era presentada en la década de los 80, en el currículo nacional británico y en el proyecto estadounidense AAAS 2061 (American Association for the Advancement of Science). Ambos coincidían en la necesidad de contextualizar las ciencias en la educación primaria y secundaria para que estas sean más históricas y más filosóficas o reflexivas. Con esto, pretendían que los niños captaran los aspectos intelectuales en juego y pensarán en las posibles respuestas y en las evidencias que pueden respaldarlas (Matthews, 1994).

Coincidimos con Martins (2006) en que un análisis detallado de algunos episodios históricos permite, en principio, que el estudiante forme una concepción adecuada sobre la naturaleza de la ciencia y facilita el aprendizaje de los contenidos científicos, ya que la revisión de ejemplos históricos lo preparará para realizar un proceso semejante con sus propias nociones y le posibilitará percibir que en la historia siempre hubo discusiones e ideas que fueron sustituidas por otras más adecuadas. Además, este tipo de análisis de sucesos producidos a lo largo de la historia permitirá mostrar que la ciencia, lejos de estar aislada, forma parte de una cultura, no es atemporal ni está separada del resto de las actividades humanas. Por el contrario, el proceso de construcción del conocimiento es social, gradual, no surge de la cabeza de “grandes genios”, no es el resultado de una secuencia de etapas o de la aplicación de un “método científico” que permite llegar a la verdad; en cambio, es un proceso mucho más complejo que no tiene una fórmula infalible.

Son muchos los autores que resaltan los beneficios obtenidos en una formación de la

imagen de ciencia adecuada, al incorporar contenidos históricos en las clases de ciencias. González Galli (2014) marca la importancia de incorporar elementos de historia de la ciencia en las clases, a fin de atenuar el dogmatismo con que se presentó la ciencia tradicionalmente. Peña (2015) destaca que el uso de la historia y filosofía de la ciencia podría colaborar a superar las concepciones inductivistas y positivistas, al derribar las ideas del conocimiento como verdades preestablecidas que los científicos han podido describir utilizando el método científico. De hecho, tal como afirman Izquierdo, Martínez, Quintanilla y Adúriz (2016), una de las consecuencias de enseñar ciencias desde una perspectiva histórica es otorgar un concepto de ciencia en el que no hay verdades absolutas y definitivas, considerando que en el futuro pueden surgir preguntas más adecuadas y mejores criterios para identificar las respuestas. La historia de la ciencia colabora con la tarea del profesor dado que genera contextos a la enseñanza de la ciencia. Ayuda a reconocer los diferentes ambientes en los que se ha construido la ciencia y la dimensión docente que tuvo en todas las épocas, situación que permitió seleccionar y organizar los conocimientos para que perduren a través del tiempo y de las generaciones.

La ciencia es una actividad humana y, como tal, realizada por hombres con sus creencias religiosas, ideas políticas y estatus económico, insertos en un determinado contexto social del que no podemos despojarlos. Coincidimos con Vergara (2014) en que así como los hombres tienen su historia, la ciencia debe tenerla, y de ese modo podremos desmitificar su imagen y ver a los grandes científicos como lo que son, personas inteligentes y creativas pero también cargadas de miedos, obsesiones, problemas y enfrentamientos. Esta visión contribuirá a mejorar la imagen que tienen sobre la ciencia los docentes, alumnos y el público en general, y a adquirir actitudes favorables hacia ella, superando las visiones erróneas que aún circulan por nuestra sociedad.

¿Cómo transmitir la imagen de ciencia que queremos comunicar?

El desarrollo de una imagen correcta sobre la naturaleza de las ciencias y los procesos de producción del conocimiento científico influye en la cultura general de los estudiantes pero, además, y especialmente, en las decisiones de aquellos jóvenes que continuarán sus estudios en carreras científicas y tecnológicas (Penagos, 1997). Es por ello, que coincidimos con Peña (2015) en que resulta ineludible presentar la naturaleza dinámica y cambiante de la ciencia, a través de la historia. Los cambios en la forma de concebir un conocimiento, es decir, los

cambios de paradigma, nos muestran el verdadero progreso científico.

Incorporar una visión contextualizada de la historia y filosofía de la ciencia es necesario para evitar que los estudiantes incorporen una imagen distorsionada sobre la naturaleza del conocimiento científico, sus formas de producción y de validación. Para ello --tal como proponen Guridi y Arriasecq (2004)- debería promoverse desde los currículos de los profesorados una visión de ciencia que sostenga que la observación puede ser falible, dado que está mediada por percepciones sensoriales y depende de la teoría, que en muchos casos es anterior a ella. Con respecto a los conceptos y teorías debe destacarse que son creaciones que surgen a través de la abstracción y no de la generalización de observaciones, y que pueden evolucionar, modificarse o rechazarse. Además, deberían evitarse los métodos de aprendizaje por descubrimiento que generan una imagen inadecuada de la ciencia dado que presentan a la inducción como parte fundamental del método científico y dejan la idea de ciencia como una actividad neutral, sin relación con las cuestiones sociales, políticas o económicas y de los científicos como personas infalibles que determinan “la verdad”.

Por lo dicho anteriormente es que estamos convencidos de que la incorporación de la historia y la filosofía de la ciencia en la educación surge de la necesidad de acercar imágenes más realistas acerca del quehacer científico y generar en los alumnos actitudes más positivas hacia la ciencia, así como el desarrollo del pensamiento crítico necesario para actuar en los tiempos que corren, a fin de tomar decisiones acerca de temas científicos y tecnológicos importantes.

Para poder cumplir con dicho objetivo resulta imprescindible tener en cuenta la naturaleza de la ciencia como conjunto de contenidos metacientíficos con el fin de entregar una visión de ciencia dinámica y humana, alejada de los enfoques dogmáticos, elitistas y triunfalistas propios de las concepciones de ciencia tradicionales.

Cabe destacar que nuestros conocimientos sobre la naturaleza de la ciencia surgen de las reflexiones interdisciplinarias realizadas por especialistas en filosofía, sociología e historia de la ciencia, así como por expertos en didáctica de las ciencias (Acevedo, 2008). Estos estudios se incorporan en algunos de los currículos actuales como contrapartida a la tradicional enseñanza de las ciencias que se limitaba a presentar los productos terminados de la misma. De este modo, surge la pregunta metacientífica de cómo hemos llegado a saber lo que sabemos y la necesidad de aprender sobre la ciencia (Izquierdo, et al. 2016). Esta postura toma impulso a partir de que surge la noción de alfabetización científica como una fusión entre saber ciencias y saber sobre ciencias y nos deja claro que los ciudadanos deberían construir una noción de ciencia, de sus cambios a lo largo del tiempo y de sus relaciones con la sociedad. Así advertimos

que, en esta construcción, la historia de la ciencia puede ser muy valiosa para contextualizar y hacer más significativa la naturaleza de la ciencia (Adúriz, 2009; Adúriz y Ariza, 2013).

Desde hace más de veinte años la enseñanza de las ciencias incluye, además de las teorías de las disciplinas, los modos de elaboración del conocimiento científico, los cambios en el tiempo y las relaciones con la sociedad. Si bien es cierto que de la propuesta teórica a la práctica en el aula hay un largo camino por recorrer, al menos es un comienzo para iniciar un arduo trabajo en la formación docente. Como lo expresan Adúriz y Ariza (2013), contemplar estos aspectos metacientíficos contribuye a la conformación de una imagen de ciencia y de científico más valiosa por parte de los estudiantes; una imagen alejada de dos ingenuidades peligrosas, como lo son la posición relativista extrema -que rechaza a la ciencia como un fraude causante de todos los males de la humanidad- y la posición científicista extrema que la considera como un conjunto de verdades dogmáticas. Estas imágenes de ciencia aún permanecen instaladas desde el nivel primario en adelante. Una investigación de la naturaleza de la ciencia adecuada y valiosa debería ser una reflexión ambientada en la historia de la ciencia, alejada del relativismo y del triunfalismo, posibilitando la reconsideración crítica y la reformulación de las imágenes de ciencia y de científico “tradicionales” predominantes en las aulas. Así, podríamos pensar en imágenes más ajustadas a la finalidad de la educación científica de calidad para todos.

La naturaleza de la ciencia pretende crear imágenes de ciencia y de científico distantes de la versión neopositivista ingenua, razonando que estas “nuevas” imágenes son más poderosas para el desenvolvimiento de los ciudadanos en el actual mundo científico-tecnológico. No debería limitarse a reproducir posturas filosóficas famosas, por el contrario, sería de mucha utilidad que se usara de forma flexible y significativa sobre el saber científico que va surgiendo en cada etapa (Adúriz, 2008).

En la construcción de estas “nuevas” imágenes está implícita la aceptación del carácter social del conocimiento científico que, como lo expresan Izquierdo, et al. (2016), es puesto de relieve gracias al estudio histórico de la práctica científica, echando por tierra la concepción de una ciencia objetiva, estricta y reservada para pocos. De este modo se reconoce la puja de valores, poderes e intereses económicos que impregnó gran parte de la actividad de la comunidad científica a lo largo de los tiempos. El análisis filosófico de episodios históricos hace que puedan confrontarse diversas problemáticas de la actividad científica desde una visión teórica no ingenua. Por otro lado, la sociología de la ciencia aporta un tipo de pensamiento que considera a las ciencias como creaciones humanas en su contexto social amplio y, por ende, con errores, limitaciones, intereses, arrogancia y otros males inherentes a la actividad del

hombre.

Las investigaciones señalan que la ciencia es el producto de una actividad social; no quedan dudas de eso. Sin embargo, debemos tener en cuenta que revisar la historia de los científicos y sus épocas no resulta nada fácil, si se quiere encontrar el sentido a la evolución del conocimiento (Quintanilla, 2009). El profesor debería motivar a sus alumnos para que puedan buscar y comprender la forma en que se produce y desarrolla el conocimiento científico. Vale la pena el esfuerzo, dado que cuando se enseña la ciencia desde una perspectiva social, resulta más enriquecedora y menos distante (Peña, 2015).

Es de fundamental importancia introducir la dimensión temporal en la ciencia que se enseña en los diferentes niveles educativos. Esto no implica que cada tema deba iniciarse necesariamente con el relato de la evolución histórica del mismo, sino que apunta a superar la falta de perspectiva futura mediante el trabajo con las preguntas imprevistas que podrían surgir en los tiempos venideros aún desconocidos, tomando como ejemplo los interrogantes que han surgido en la historia de la ciencia. (Izquierdo, et al. 2016.). Al mostrar el desarrollo de la ciencia en términos de polémicas, el docente ayuda a los estudiantes a desechar la imagen que tienen de ella como una producción de expertos en la que se deja de lado toda discusión (Peña, 2015).

Resulta conveniente que la naturaleza de la ciencia se aborde de forma explícita y reflexiva, en determinados contextos como la historia y filosofía de la ciencia, entre otros. De este modo, se hacen más comprensibles las principales características de este metaconocimiento, ya que los estudiantes pueden reflexionar acerca de las diferentes formas de diseñar las investigaciones, discutir hipótesis, debatir sobre las influencias de la cultura, la política y la sociedad sobre la ciencia, así como sobre las consecuencias a nivel social del conocimiento que se produce (Acevedo, 2009; Adúriz y Ariza, 2013).

Nuestra tarea como docentes es acompañar a los estudiantes en la creación de una imagen de ciencia que tenga dinamismo, que muestre cambios y haga entrever, al menos un poco, la complejidad de la actividad científica.

Propuestas para establecer mejoras

Sin lugar a dudas, la formación de los docentes es clave para producir un cambio significativo y permanente en la imagen de ciencia que construirán los estudiantes de los distintos niveles de enseñanza. Los profesores deben ser educados en ciencias y no solamente

formados en ciencias, es decir deben ser capaces de reflexionar sobre la naturaleza de la ciencia que van a enseñar (García e Izquierdo, 2014).

Quintanilla, Izquierdo y Adúriz (2005) proponen contribuir a mejorar la calidad de la formación de los profesores de ciencias naturales incluyendo las metaciencias. Estas permiten relacionar el conocimiento científico que se construye en cada momento de la historia con los problemas que se intentan solucionar, las finalidades que se persiguen, las herramientas, la cultura y los valores vigentes en ese momento. De este modo, se pretende favorecer un estilo más reflexivo y autorregulado de incorporar las ciencias.

Coincidimos con Camacho y Quintanilla (2008) en que la formación histórica-epistemológica de los docentes es fundamental dado que, sin ser historiadores, los docentes deben familiarizarse con los orígenes de la ciencia, saber seleccionar las temáticas relevantes y significativas para los alumnos y proponer actividades que les permitan construir conocimientos científicos a partir de las teorías que se proponen. Esta formación les permitirá producir una enseñanza mejor, pero fundamentalmente -según Matthews (1994)- este conocimiento crítico de su asignatura los enriquecerá, independientemente de que sea utilizado pedagógicamente. Morales (2015) afirma que permitirá a los docentes mutar la visión tradicional, reduccionista y absoluta de la ciencia hacia una imagen flexible y cambiante, producto de la construcción humana.

Adúriz, Izquierdo y Estany (2002) proponen embestir contra los mitos que hemos señalado anteriormente y edificar una visión más compleja de la ciencia que favorezca a su enseñanza. Para ello proponen la introducción de contenidos de filosofía de la ciencia en el profesorado, conectándolos con los contenidos propios de las ciencias y con los de la didáctica específica. También Mellado y Carracedo (1993) afirman que la filosofía de las ciencias, entre otras herramientas, auxilia a los profesores para que puedan estructurar, explicitar y comunicar sus ideas acerca de la naturaleza de la ciencia. Aseveran que la imagen de la ciencia ha sido frecuentemente simplificada y distorsionada al no considerarse los aspectos históricos y filosóficos de la misma.

Hidalgo y Lorencini Junior (2014) consideran esencial la incorporación de la historia y filosofía de la ciencia en la formación de los profesores. Para ello proponen comenzar con experimentos simples que les permitan a los estudiantes desequilibrar y cuestionar las certezas absolutas. De este modo, encontrando paralelos entre el pensamiento científico y el pensamiento de los estudiantes, podremos identificar los obstáculos epistemológicos. Es necesario tener en cuenta los momentos históricos y culturales en que fueron construidos los conceptos, considerar los contextos y el análisis de las implicaciones epistemológicas de la

construcción de los mismos. Debemos evitar considerar las ideas de los estudiantes como equivalentes a las de los científicos abordados en la clase. Para establecer las diferencias podríamos citar, por ejemplo, confusiones que surgen a partir de la expresión “El origen de las especies” acuñado por Darwin en 1859, que es interpretado por muchos como la creación primera de todas las especies, cuando en realidad hace referencia a los procesos de diferenciación de las especies. Por otro lado, los autores proponen considerar el abordaje de la historia y filosofía de la ciencia basándonos en la reflexión acerca de las influencias que llevaron a cierto conocimiento a establecerse como científico, es decir presentando a este conocimiento científico como un factor sociocultural.

El reto es, al menos en una primera etapa, cómo introducir la historia de la ciencia a los profesores y divulgadores en su formación metodológica e intelectual. Una vez que estos se hayan replanteado su concepción de ciencias y hayan tomado conciencia de la herencia positivista que recibieron en su formación, podrán internalizar una imagen renovada de la ciencia y usar su libertad intelectual y sus propias convicciones para transmitir a sus alumnos o al público en general, una visión de ciencia con una mirada crítica hacia el pasado que nos devolverá sugerentes ideas para transitar nuestro siglo (Nieto Galán, 2014).

Consideramos, basándonos en Adúriz (2010), que los profesores de ciencias debemos realizar un análisis histórico-epistemológico de algunos conceptos clave del currículo. La epistemología, por su nivel de abstracción y generalidad, necesita de la historia de la ciencia para ambientar los constructos que la primera provee en el marco de episodios específicos. Ambas, sinérgicamente combinadas, nos permiten tener una visión del contenido científico desde distintas perspectivas: el análisis de los hechos en el tiempo, de patrones de evolución en la historia de la ciencia, de la evolución conceptual sobre algún campo del saber, de las relaciones sociales y las condiciones dadas para que sea posible el conocimiento científico. También debemos tener en cuenta los beneficios del uso de la historia de la ciencia para ambientar la discusión epistemológica que implica cuestionarse cómo se ha llegado a constituir un determinado campo conceptual, qué dificultades ha tenido que sortear y cómo influye esto en la enseñanza del mismo en un determinado nivel educativo.

Rengifo (2010) propone trabajar con los maestros de ciencias en el análisis de materiales históricos originales. Presenta como ejemplo el análisis del trabajo de Gregorio Mendel, identificando determinadas características de la actividad científica que difieren de las concepciones clásicas que aún se encuentran presentes en algunos docentes. Dicho análisis denota que Mendel responde a problemáticas generales de la sociedad de su tiempo; realiza una interpretación de los hechos que difiere de la de otros científicos de su época; construye un

modelo matemático para interpretar sus observaciones y valida su conocimiento con sus pares. Este tipo de estudio contribuye a la reflexión acerca de las concepciones tradicionales-que presentan una visión rígida del método científico universal, la experiencia como única fuente del conocimiento científico y la observación aislada de la teoría- posibilitando tener una visión de la ciencia menos dogmática, más humana, social y contextual.

Penagos (1997) afirma que investigar las creencias sobre la naturaleza de las ciencias que forman parte de los modelos didácticos de los docentes y que se establecen dentro de un marco de influencias ideológicas, políticas y sociales, es necesario para considerar un posible cambio de la imagen de las ciencias.

Consideramos que la introducción de ejemplos concretos de la historia de la ciencia en los libros de texto y en el desarrollo de las clases de ciencias podrán ayudar a minimizar las visiones deformadas de la ciencia que enuncian Fernández, et al. (2002). De este modo, tal como expresa Vergara (2014) dicha dinámica nos permitirá:

- eliminar la visión de la ciencia netamente empirista que ignora los factores de tipo social, económico, cultural y político.
- alejarnos de la rigidez que propone al método científico como único procedimiento utilizado por los investigadores, destacando, en cambio, el valor de la intuición, la imaginación y el error.
- comenzar a presentar el trabajo científico de manera que evidencie cómo se han construido y cómo han evolucionado los conceptos científicos, evitando así la visión aporética y ahistórica de la ciencia.
- resaltar los esfuerzos de unificación y de creación de cuerpos de conocimientos coherentes a lo largo de la historia, así como la complejidad de los procesos para llegar a teorías, muchas veces rivales entre sí y en continua evolución, alejándonos de la concepción acumulativa del desarrollo científico.
- considerar -lejos de una concepción individualista y elitista de la ciencia- que el esfuerzo de muchos es lo que produce el progreso de la ciencia, a pesar de que sólo algunos serán los reconocidos y recordados por diversas circunstancias.
- evitar una visión sesgada y descontextualizada de la ciencia, contribuyendo a eliminar progresivamente las deformaciones en la visión de la misma que hoy son fácilmente comprobables.

Una propuesta interesante es la que realiza Rodrigues (2010) quien sugiere una variación a la forma tradicional de enseñanza -en este caso puntualmente con respecto a la enseñanza de la sistemática- que contribuiría a tener una visión de ciencia alejada de

dogmatismos y de la consideración de la misma como un producto final inalterable. Para ello nos invita a solicitar a los alumnos a realizar su propia clasificación de animales. Como consecuencia, los estudiantes deberán profundizar sus conocimientos sobre las características de los animales que les servirán de base para agruparlos, estimulando de este modo su creatividad y curiosidad. Así los alumnos podrían percibir que no existe una clasificación correcta o incorrecta, sino diferentes clasificaciones de acuerdo con los criterios que fueron adoptados. Además, eso los llevaría a considerar que existían otras clasificaciones anteriores a la de Linneo. Al aplicar de este modo la historia de la ciencia, el profesor puede ayudar a los alumnos a tener una visión más crítica de la construcción del conocimiento científico y a percibir que la ciencia no es fija sino que está en constante transformación. Consideramos que esta propuesta podría trasladarse a otros contenidos.

Ante la falta de materiales didácticos para la enseñanza de la historia de la ciencia, Alvarez Lires (2005) propone su elaboración, utilizando textos originales y adaptados, así como de divulgación, de ciencia-ficción, de prensa etc. El autor considera que esta elaboración del saber puede contribuir a la adquisición de un vocabulario preciso, la selección de argumentos, su contrastación y la escritura y comunicación del propio pensamiento del alumno, motivándolo a buscar los caminos de la construcción del conocimiento científico.

Beltrán, Rodrigues y Ortíz (2011) sostienen que la incorporación de la historia de la ciencia en el aula se convertirá en una experiencia positiva si el docente utiliza materiales que despierten la curiosidad de los alumnos. Proponen incorporar la proyección de películas y la realización de experiencias, las cuales pueden ser recursos válidos siempre que se acompañen de reflexiones y debates posteriores acerca de la construcción de la ciencia.

Solbes y Traver (2001) han realizado investigaciones que demuestran que con la introducción de la historia de la ciencia en la enseñanza -mediante la elaboración de materiales como biografías contextualizadas que muestren las controversias históricas e integren textos originales de los autores- se puede influir en los alumnos para que formen una imagen de la ciencia más próxima a la realidad. Prueba de ello es que la mayoría de los estudiantes que ha trabajado con dichos materiales, deja de considerar a la ciencia como un descubrimiento, evita atribuir un papel crucial a los experimentos, no considera al formalismo matemático como objetivo prioritario, considera las crisis y controversias en la evolución de la ciencia disminuyendo considerablemente la visión acumulativa de la misma, percibe el carácter colectivo de la actividad científica, y presenta mayor interés por conocer el proceso de creación de la ciencia, la biografía de los científicos y las relaciones ciencia-tecnología-sociedad. Esto contribuye a aumentar la participación de los estudiantes y crear un buen clima de trabajo en el

aula. La imagen de ciencia se vuelve más cercana a la realidad del trabajo de los científicos y al contexto en que este se desarrolla.

Hernández González y Prieto Pérez (2000) proponen utilizar la historia de la ciencia bajo la convicción de que el aprendizaje significativo implica la incorporación de la evolución de los conceptos científicos de acuerdo con las necesidades sociales y las posibilidades del hombre. Un enfoque historicista implica la convivencia de la filosofía, la física, la matemática, la química o la biología, mostrando un enfoque interdisciplinar y un tratamiento global de los desarrollos científicos, ayudando así a los alumnos a analizar y valorar críticamente las realidades del mundo contemporáneo y los antecedentes y factores que influyen en él.

Furman (2018) nos muestra la riqueza que tiene el hecho de trabajar con conocimientos referentes a historia de la ciencia, dado que de este modo podremos percibir que el conocimiento proviene de alguien que alguna vez se hizo una pregunta y es el resultado de una búsqueda en la que adquiere relevancia el contexto personal, profesional y social del científico, sus valores éticos, creencias, la tecnología y las conexiones con otros conceptos. De este modo se piensa a la ciencia como una actividad humana y no sólo como saberes acumulados en la historia. La autora nos propone que vayamos más allá de la anécdota o la biografía y que nos planteemos qué preguntas se hizo ese científico o grupo de científicos, qué hicieron para responderlas, qué metodologías se aplicaron, qué obstáculos tuvieron, cómo los resolvieron, qué contexto político y social reinaba en ese momento y cuál fue la importancia de esa investigación en los mismos. De este modo, al involucrarse en los debates que se generaron en torno a un conocimiento científico, el alumno podrá comprender su proceso de producción y desarrollar el pensamiento científico.

No cabe duda, como ya lo decía Matthews (1991), que se requiere una mayor colaboración entre historiadores, filósofos y educadores científicos en el análisis de programas y libros de texto, la preparación de material escolar, así como en la formación de los docentes. Sin embargo, sabemos que los conocimientos actuales permiten analizar los conocimientos históricos y realizar reconstrucciones de gran valor para la enseñanza de las ciencias. De este modo, la confluencia entre la historia de la ciencia y la didáctica de la ciencia abre una nueva línea de investigación que resultará muy valiosa en la transmisión de la imagen de ciencia que queremos comunicar a los estudiantes.

Capítulo 4

La historia de la ciencia en los libros de texto

En este capítulo nos ocuparemos de la historia de la ciencia en los libros de texto. Para ello, en la primera parte expondremos consideraciones generales sobre libros de texto, para luego, en la segunda parte, abocarnos específicamente a la inclusión de la historia de la ciencia en ellos.

La importancia de los libros de texto en la escuela

Consideramos que los libros de texto constituyen importantes instrumentos de socialización y no están exentos de portar ideologías. Por cierto, en todo libro publicado no podemos dejar de valorar el trabajo de los autores y editores que, insertos en un contexto social, económico y político, y atravesando por distintas etapas de desarrollo tecnológico, debieron realizar sus producciones teniendo como condición respetar las políticas educativas vigentes es, tarea que no resulta nada sencilla.

El crecimiento de la matrícula de la escuela secundaria en Argentina entre las décadas de 1940 y 1960 impulsó a la industria editorial a ofrecer los libros de texto específicos que intenten cubrir las necesidades del nivel. Hasta los años 80 los autores tenían un papel preponderante y destacado en su elaboración. En las últimas décadas su figura ha sido desplazada a un segundo plano; esto podría deberse a que el grupo de autores sustituyó al autor único y a que la complejidad de la producción hizo que sea necesario un equipo editorial con un coordinador que se encargue de empalmar los aportes de diferentes autores (Tosi, 2012). Nos preguntamos si tal diversidad contribuye a la cohesión de los contenidos de un texto, o si, por el contrario, los despersonaliza. Consideramos que puede verse debilitada la autonomía del autor ante la participación de muchos profesionales, la aceptación del enfoque didáctico ya determinado por el equipo editorial y la escasa valoración que se da a su figura; prueba de ello es la ausencia de los nombres de los autores en la tapa de la mayoría de los libros así como del prólogo o dedicatoria firmada por los autores, a diferencia de lo que ocurría en textos de épocas precedentes. ¿Creerán los autores que el libro y el capítulo escrito es pertinente? ¿Quedarán conformes con la totalidad de la obra en la que participaron? ¿Dialogarán y establecerán consensos con los otros autores, editores, diseñadores, correctores, ilustradores, etc.? Al

respecto Tosi, (2012) señala que el tiempo limitado con el que cuenta el editor hace que, en numerosas ocasiones, adquiera la facultad de modificar textos sin consultarle al autor. No obstante, aún en estas condiciones, los libros de texto continúan teniendo un importante papel en la escuela.

Los libros escolares son considerados por algunos estudiosos como materiales de extraordinario poder que constituyen la tecnología educacional más efectiva inventada hasta el momento (Heyneman, 2006) y por otros como un formato anticuado e inalterado desde la Edad Media que reproduce un saber empaquetado y previamente definido (Martínez Bonafé, 2006). Entre estas posiciones extremas se encuentra nuestra postura que considera que este material de vital importancia y protagonista, sin dudas, de la mayoría de los contextos escolares, debería modificar algunas cuestiones que hacen a la comunicación efectiva de conocimientos y valores culturales, dado que comúnmente se presenta con varios defectos de fondo, más allá de la cautivadora forma que han adquirido las últimas versiones. Un libro atractivo, con buenas ilustraciones, puede facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje, aunque no lo garantiza, como afirman De Pro, Sánchez y Valcárcel (2008). Teniendo en cuenta que es fuente de ejercicios, tareas, preguntas y evaluación, y en coincidencia con lo que exponen Campanario (2001) y Bonafé (2008), creemos que el libro de texto es utilizado por la gran mayoría de los docentes para organizar sus actividades y constituye una importante decisión curricular. Para muchos resulta una ayuda significativa en el momento de planificar la tarea y numerosas veces sustituye al currículo oficial cuando deben seleccionar los contenidos a tratar. Esta confianza ciega en el texto, a nuestro criterio, no siempre es beneficiosa, dado que este puede tener errores en la interpretación del currículo oficial o simplemente no coincidir con el proyecto institucional planteado por el colegio en el que se utiliza.

El riesgo que implica una apuesta poderosa a los libros de texto, tal como lo plantea Bonafé (2008), es que al secuenciar los objetivos y contenidos, sugerir actividades de docentes y alumnos, y aportar evaluaciones, podrían sustraer al docente de la planificación de sus tareas y anular la necesaria interacción con sus colegas. Queda así librado al criterio del profesional si va a considerar el libro como un recurso más, no por ello menos importante, que colabora con lo planificado y consensuado en el marco de acuerdos institucionales con el sello particular de cada docente, o si va a considerarlo como el actor principal que guía su tarea, como si él mismo no estuviera capacitado para organizar su propio proyecto áulico.

Acordamos con Fernández Reiris (2005) en que los libros de texto muchas veces son considerados garantes de las prescripciones oficiales y los docentes le confieren la autoridad suficiente como para no sugerir la utilización de otros medios. Pareciera que, de este modo,

ellos pueden desentenderse de la exploración del currículo y concentrar sus energías en el desarrollo y la evaluación de los aprendizajes. Creemos que no debiera abandonarse la revisión constante del libro de texto, y mucho menos considerarlo como el creador exclusivo de la secuencia didáctica, dado el riesgo frecuente de que los textos propicien que el rol del alumno quede en una posición pasiva, sin posibilidad de que participen en la configuración de propuestas, debiendo sujetarse a un formato estandarizado que no atiende a la diversidad.

Para el estudiante, el texto escolar resulta un apoyo, a nuestro criterio, más confiable que la toma de apuntes o las anotaciones de lo que se escribe en la pizarra. Si el estudiante se distrajo en el aula, el libro constituye un material fiable para retomar lo visto.

Coincidimos con Pellicer (2006) en que en todo libro de texto hay una propuesta de alfabetización, es decir, se propone al alumno una manera particular de leer y escribir, de usar el lenguaje para construir el conocimiento. Así es que, muchas veces, los libros incluyen en sus páginas fragmentos extraídos de revistas científicas o libros diversos que pueden encontrarse descontextualizados y de este modo limitar la posibilidad del estudiante de incursionar en el mundo de la cultura escrita. Por esta razón sería fundamental considerar el papel que cumple el lenguaje en los libros de texto como un indicador para evaluar su calidad.

Tomando algunas de las variables que influyen en el aprendizaje de un texto de ciencias, presentadas por Solaz-Portolés y Moreno Cabo (2009), consideramos que deberían reconocerse como imprescindibles algunos aspectos que pretendemos localizar en el análisis de los textos correspondientes a esta tesis, tales como la secuencia de ideas o conceptos adecuada para el estudiante, las expresiones que dirijan su atención y le permitan interconectar mejor los conceptos, la presentación de preguntas y problemas abiertos, la introducción de trabajos prácticos como actividades completamente integradas con las demás y la oferta de actividades de carácter metacognitivo. Nos preguntamos si esta coherencia y cohesión textual queda demostrada en la introducción de conceptos referentes a la historia de la ciencia y la construcción del conocimiento científico.

Es evidente que cada lector interpreta el texto de acuerdo con sus conocimientos previos. En muchos casos se requiere un trabajo de transposición realizado por los docentes en busca de aspectos y relatos, que como bien señala González Galli (2014), pueden ser muy útiles para

potenciar la riqueza del aprendizaje desde la perspectiva de la naturaleza de la ciencia.

Una decisión pedagógica

En el momento de proponer a nuestros alumnos los libros de texto a utilizar durante el ciclo lectivo correspondiente, consideramos que los materiales que se ofrecen en el mercado en su gran mayoría están elaborados en base a las políticas educacionales del nivel correspondiente, las pautas curriculares y los enfoques pedagógicos que las sustentan. Es necesario entonces tener en cuenta la lecturabilidad² y las situaciones concretas de uso de dichos materiales, entre otros criterios mencionados por Kaufman (2003).

De acuerdo con Nuñez, Ramalho, Silva y Campos (2003) la selección de los libros de texto para la enseñanza de las ciencias es una tarea compleja y profesionalmente exigente para la que los profesores deberían estar preparados y poseer determinados criterios y competencias para realizarla. Nos preguntamos si realmente el profesorado los capacita para seleccionarlos considerando las necesidades y posibilidades según el contexto real de los estudiantes. ¿Los docentes están preparados para distinguir si la forma de presentación de los contenidos conceptuales favorece la construcción de nuevos significados por parte del estudiante? ¿Evalúan el uso adecuado de la historia de la ciencia, el tipo de ejercicios presentados, la aparición de problemas abiertos, entre otras cosas, o sobrevaloran la calidad de las imágenes al momento de seleccionar el libro? Lo que indican los estudios especializados es que la formación docente es deficiente en este respecto. A pesar de la centralidad que tienen como materiales didácticos, el estudio de los libros escolares aún permanece en una posición subordinada en la formación docente, tal como lo expresa Carbone (2003). Sería de fundamental importancia que tanto las instituciones que preparan a los estudiantes para convertirse en docentes como las que atienden las necesidades de los docentes en servicio, desarrollen las estrategias necesarias para que estos puedan ser buenos evaluadores y usuarios de los textos escolares. Solicitar un libro puntual o dejar abierta la posibilidad de que los estudiantes consigan el que puedan, dependerá del contexto en el que estemos trabajando, de la oferta de material disponible para el curso y la asignatura que dictamos, y de la elección de valerse o no de un único material que guiará el

² “Lectorabilidad es la facilidad/dificultad con la que un texto puede ser leído y comprendido. Depende de sus propiedades estructurales, de las habilidades del lector y de la naturaleza de las tareas de comprensión”. Campos, D.; Contreras, P.; Riffo, B.; Vélez, M. y Reyes, A. (2014). Complejidad textual, lecturabilidad y rendimiento lector en una prueba de comprensión en escolares adolescentes. *Universitas Psychologica*, 13(3) 1135-1146.

desarrollo de los núcleos temáticos a desarrollar, o de una variedad de textos que permitirá mayor riqueza de intercambio entre los pares en desmedro de la unificación y el ahorro de tiempo. La elección queda librada a cada docente o, en algunas ocasiones, constituye una decisión, consensuada o no, del equipo directivo del establecimiento en cuestión y/o del departamento de materias afines. Al respecto Kaufman (2003) considera negativa la exclusividad de un libro de texto, considerando que la diversidad es esencial para sumar y no limitar. Asimismo, destaca los beneficios de la expansión de los textos en contraposición a la supresión, selección o resumen.

Del Carmen (2001) asegura que el reto actual sería integrar en la actividad escolar la multitud de recursos existentes en el contexto extraescolar, analizándolos y contrastándolos con otras fuentes de conocimiento. De este modo las tareas áulicas se harán más atractivas y se irá diluyendo poco a poco la resistencia que, según el autor, aún tienen los docentes de España a abandonar el formato del libro de texto que les resulta seguro y sencillo de utilizar.

El hecho es que, más allá de quién tome la decisión de elegir el material a utilizar, este genera expectativas en los alumnos y en los padres, fundamentalmente de los cursos inferiores y con mayor preponderancia en escuelas de gestión privada. Los alumnos consideran que el libro es una ayuda para el estudio y por lo general están habituados a tener un texto para la mayoría de las asignaturas. Para los padres constituye un instrumento de información que los mantiene relacionados con la escuela y al tanto de lo que deberán aprender sus hijos. Los más ansiosos encargarán el texto antes del primer contacto con el docente, guiándose por los testimonios de los alumnos del curso pasado. El primer día de clases llegarán con el flamante libro comprado en la librería o, como se estila ya hace algunos años, con sus hojas algo gastadas por haber pasado de cursos anteriores a los siguientes. El inconveniente se genera si ese año el docente decidió dar un giro y cambiar de material a utilizar. No es menor la cuestión económica que el docente debe evaluar si se inclina por la elección de un texto recién editado, anulando la posibilidad de que lo consigan como material usado, a menor precio. En la actualidad la oferta de textos digitalizados cobra gran importancia debido a la intensificación de la enseñanza online. Muchas editoriales ofrecen el material, parcial o completo, en forma gratuita y otras venden las nuevas ediciones de los textos con la posibilidad de descargar los archivos. Esta es otra de las variables que el docente debe evaluar al recomendar un texto a sus alumnos.

Lamentablemente, es un hecho que cada año los docentes se enfrentan a la decisión pedagógica de seleccionar los libros escolares, contando con escasos conocimientos al respecto recibidos en su formación y en las limitadas ofertas de capacitación sobre el tema. Maturano y Mazzitelli (2018) sostienen que los docentes argentinos que se desempeñan en el ciclo básico

prefieren el uso de textos escolares tradicionales ideados para sistemas educativos anteriores, situación que podría influir en el desinterés de los estudiantes por las disciplinas científicas y en las dificultades asociadas con su aprendizaje. Estos autores consideran importante incluir el abordaje de contenidos relacionados con la naturaleza de la ciencia para que los estudiantes logren una alfabetización científica y se interesen en su estudio, y creen necesario ocuparse de la lectura y escritura en clase cuando se trabaja con los textos escolares para superar algunas dificultades y favorecer el aprendizaje disciplinar. Recordemos que la enseñanza de la Biología en el diseño curricular que es objeto de nuestra investigación se enmarca en la importancia de la alfabetización científica. Las situaciones de lectura y escritura en Biología constituyen una de las orientaciones didácticas propuestas. Los autores mencionados realizan el estudio de los textos más elogiados por cuarenta y dos docentes consultados. Del relevamiento de datos realizado surge que los docentes valoran que un libro de texto tenga contenidos fáciles de comprender, textos cortos y ordenados, actividades interesantes, aplicaciones a la vida cotidiana, prácticas de laboratorio sencillas, abundante cantidad de imágenes, enlaces web y disponibilidad en la biblioteca escolar. En cambio, la falta de claridad en los contenidos, los errores conceptuales y la poca variación en las distintas ediciones de una misma editorial son consignadas como razones suficientes para descartar un texto escolar.

Creemos que el docente debería tener la capacidad de evaluar la viabilidad de los textos en diferentes aspectos. Un libro pedagógicamente eficiente tendría que ser accesible a todos los estudiantes y adecuarse a las preferencias del profesor. La evaluación antes de su uso es una decisión que debe basarse en los juicios más objetivos posibles, como expresa Mejía Botero (2006). La evaluación durante su uso implicaría una serie de preguntas constantes que el docente debiera realizarse con respecto a la utilidad del texto para su tarea y la de los estudiantes. Al complementar las evaluaciones previas y durante su uso con una evaluación de su posterior empleo, se conducirá a un camino que llevará a una mejor selección y utilización de este tipo de libro, que constituye, sin ninguna duda, una alternativa más práctica y eficiente que la elaboración de materiales propios por parte de los docentes que no disponen de tiempo ni de recursos suficientes para ello.

En coincidencia con Quintanilla (2006) queda planteado el mayor desafío: hacer que el libro sea un instrumento mediador entre la ciencia de los científicos y la ciencia que enseñamos a nuestros estudiantes de la escuela secundaria, considerando la diversidad de las aulas, para que elaboren sus propios modelos teóricos acerca de los hechos del mundo real y que estos

puedan evolucionar apropiadamente

La importancia de las imágenes

Desde tiempos muy remotos se ha considerado importante el papel de las ilustraciones en los libros, con la colaboración de artistas que desde el Renacimiento se han ido superando en representar las estructuras cada vez con mayor fidelidad. Hoy, en los tiempos de la fotografía, las ilustraciones aún comparten espacio con ellas. El atractivo y colorido diseño de las imágenes caracteriza a la gran mayoría de los textos escolares actuales, como si tuvieran el propósito de colmar el sistema representacional visual de los estudiantes.

Según Perales y Jiménez (2002), las ilustraciones ocupan alrededor de un 50% de la superficie de los libros de texto de educación primaria y secundaria; sin embargo, en forma general, se les otorga poca importancia en los estudios de análisis y revisión de los textos escolares. Consideramos que esto constituye una omisión inaceptable ya que la dimensión icónica adquiere gran relevancia relacionada tanto con sus propias características como también con el contenido textual. Se espera que las imágenes ayuden a la comprensión del contenido desarrollado y a la construcción del modelo mental del lector que, por cierto, puede realizar una interpretación original y muy distinta a la de sus pares.

No es menor el efecto de atracción hacia los lectores que ejercen las imágenes coloridas, en especial si consideramos a los alumnos adolescentes, y mucho más si su sistema representacional es fundamentalmente visual. No debemos olvidar que la gran mayoría frecuente pantallas e imágenes atractivas desde muy pequeños. Sin embargo, entendemos que la atracción visual no debería ser su única función. Las ilustraciones deberían reforzar la información contenida en el texto y facilitar el aprendizaje.

Los docentes deberíamos ayudar a los estudiantes a leer e interpretar las ilustraciones más complejas que a menudo son observadas superficialmente. Parece ser una actividad poco frecuente en la clase de ciencias el solicitar a los alumnos que las describan con sus propias palabras. Sin dudas, establecer tareas específicas para la lectura de imágenes podría optimizar sus beneficios sobre el aprendizaje, no sólo como una confirmación de las ideas del texto, sino para propiciar la reflexión de los estudiantes. La interpretación de gráficos, la detección de errores en las figuras, la construcción de imágenes a partir del texto escrito y viceversa, podrían ser algunas de las actividades que deberían favorecerse en el aula.

Perales y Jiménez (2002) distinguen las imágenes figurativas y no figurativas teniendo

en cuenta que algunas ilustraciones imitan la realidad y otras se alejan de esta imitación de lo real para favorecer la comprensión. Consideramos que debemos ser conscientes de la importancia de propiciar esta diferenciación por parte de los estudiantes para evitar generar confusión entre ambos planos ya que, de no hacerlo, podrían interpretarlas siempre como analogías del mundo real y de este modo alejarse del aprendizaje esperado. Con el objetivo de que las imágenes ayuden a la formación de las representaciones mentales adecuadas para el aprendizaje del texto, Soláz-Portolés (1996) indica que las ilustraciones deben ser explicadas convenientemente, diferenciando los modelos científicos de sus diagramas o de la observación de la realidad, pero además se deberían explicitar las convenciones que se han empleado en su construcción. Resultaría importante comprender que la imagen debe ser evaluada desde el punto de vista didáctico del mismo modo que el lenguaje verbal, realizando una selección cuidadosa y evitando la función meramente decorativa, tal como lo expresa Perales (2006). Las imágenes sencillas, sin exceso de detalles ni ambigüedades, ejercen un efecto positivo en el aprendizaje, sobre todo si se induce a su exploración mediante etiquetas verbales o tareas que impidan una observación superficial de las mismas y, por el contrario, dirijan a los lectores a extraer la máxima información de ellas.

Consideramos apropiadas las propuestas de los estudiantes, relatadas en el trabajo de investigación de Perales y Vilchez (2015), los cuales sugieren un análisis de imágenes más profundo y frecuente en el aula así como el pedido a las editoriales para que aumenten la calidad de las mismas y su relación con la temática que se trata.

Para resumir y tomando en cuenta las aportaciones de Vasconcelos y Souto (2003), creemos que una imagen adecuada no sólo debe ser comprensible, sino que además debe poseer una leyenda autoexplicativa, estar insertada en el lugar adecuado teniendo relación directa con el texto y, si no es original, contener el nombre del autor y la fuente.

Si bien nuestro trabajo de investigación no se refiere exclusiva ni prioritariamente al análisis de imágenes, dada su importancia, haremos un análisis de ellas al mismo tiempo que examinaremos el contenido textual seleccionado, teniendo en cuenta los criterios de su inserción a lo largo del texto, las características de las imágenes (como su color, su nitidez y su atractivo visual), las etiquetas verbales, la relación con el texto principal y el contenido

científico que las sustenta.

El libro como objeto de investigación

Tradicionalmente el texto escolar ha sido relegado de las investigaciones durante casi todo el siglo XX. Recién a partir de 1990 comienzan a realizarse las primeras investigaciones sistemáticas y pormenorizadas, y a reconocerse la importancia del texto escolar como fuente historiográfica. Dada la relevancia que adquieren los libros dentro del ámbito escolar, es muy productivo considerarlos como objeto de investigación por parte de equipos interdisciplinarios, examinar críticamente sus contenidos y su diseño, y revisar las políticas de aprobación de los textos, así como sus contextos de comercialización y de utilización. Si bien en los últimos años la investigación del libro escolar ha progresado considerablemente, su traslado al campo educativo y al campo editorial no ha sido muy floreciente, como bien lo expresa Galvalisi (2006). El estudio comparativo de libros de texto desempeña un rol muy importante en la historia de la enseñanza de la ciencia y una valiosa herramienta en este aspecto para la formación docente. Del mismo modo que cada conocimiento científico procede de una larga construcción histórica, la enseñanza de las ciencias en la formación docente sigue un patrón similar (Cornejo, 2006).

Algunos investigadores han recopilado varios trabajos que posicionan al libro de texto como objeto de estudio para los investigadores en la didáctica de las ciencias. Solaz-Portolés (2010) realizó una síntesis de dieciocho trabajos de investigación en los que se tratan cuestiones epistemológicas e históricas de la ciencia en los libros de texto de distintos países y niveles académicos, desde 1988 a 2009. Los resultados de dicha síntesis manifiestan varios patrones comunes como: la adopción de un punto de vista empirista, la ausencia de la descripción de dificultades en la construcción del conocimiento, la visión acumulativa de la ciencia, la poca importancia otorgada al desarrollo histórico de los conceptos y a la interacción ciencia-tecnología y sociedad, la imagen individualista del científico, la escasa presencia de mujeres científicas, la presentación del método científico en pasos estereotipados, y la ausencia de interpretaciones alternativas, fundamentos teóricos y contexto. De estos datos se desprende la conclusión de que los libros de texto proporcionan una imagen de ciencia distorsionada, producto del vacío histórico y filosófico que se observa en ellos.

Entre las publicaciones analizadas a las que hacíamos referencia anteriormente, podemos destacar el modelo de comprensión de textos al que hace referencia Solaz-Portolés

(2009), centrando su atención en la integración textual, en la administración de la información en la memoria de trabajo del lector y en el almacenamiento en la memoria a largo plazo. Según el autor, una parte de las proposiciones -conceptos interrelacionados que forman una unidad de significado- que fueron recogidas en la memoria de trabajo, se almacena en la memoria a largo plazo; otra parte -las más recientes e importantes para el lector- se emplea para procesar nuevas proposiciones. Teniendo en cuenta que se consideran importantes las proposiciones que están mejor interconectadas con otras partes leídas del texto, nos preguntamos si los conceptos presentados acerca de la historia de la ciencia en los libros de texto de Biología de educación secundaria, objeto de análisis de esta tesis, se encuentran interconectados con las diversas partes del texto o se presentan como compartimentos estancos totalmente aislados del cuerpo o “parte principal” del mismo. De ser válida la segunda opción, y de acuerdo al modelo presentado, existe una gran posibilidad de que dichas proposiciones se desechen de la memoria del lector.

La historia de la ciencia y la imagen de ciencia en los libros de texto

El consenso entre los investigadores sostiene que por lo general la historia de la ciencia aparece muy poco y/o de manera insatisfactoria en los libros escolares de ciencias (Peña, 2015). Con respecto al ámbito de la Biología en la educación secundaria, creemos que dicha insuficiencia puede evidenciarse simplemente hojeando las páginas de los libros de texto más utilizados en las aulas. Sumado a dicha falencia, consideramos que la historia de la ciencia no forma parte de las prioridades de los docentes de ciencias al momento de transmitir conocimientos, situación que se traduce en una carencia directamente proporcional en el aprendizaje de los estudiantes de nivel secundario.

En numerosas ocasiones los textos omiten presentar el trabajo de los científicos y su relación con los acontecimientos históricos de la época. Sólo muestran los resultados a los que llegaron, como expresa Martins (2006). No se revelan las dificultades por las que transitaron, ni los errores que tuvieron que rectificar. Así queda plasmada en los alumnos la idea de que la ciencia está hecha por grandes genios que descubren eventos importantes en una determinada fecha, aisladamente de los demás; es decir, la ciencia no se muestra como un trabajo colectivo y gradual conectado con otros acontecimientos sociales. Frecuentemente presentan preguntas del tipo “¿Quién descubrió los microbios?” o “¿Quién descubrió la fecundación?”. A continuación, exponen la descripción del “sabio” correspondiente para dar respuesta a esa

pregunta.

En coincidencia con Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz y Praia (2002), creemos que en su gran mayoría los libros de texto transmiten una visión de crecimiento lineal, acumulativo de los conocimientos científicos, haciendo caso omiso de los complejos cambios y confrontaciones entre teorías rivales. Mostrar los conceptos de modo aséptico y neutro, evitar exhibir las creencias ideológicas, motivaciones personales, obstáculos y tentativas fallidas de los científicos, contribuye a formar una imagen desnaturalizada del quehacer científico. Tal como lo expresa Boido (1985), la mera mención de anécdotas o biografías favorece el riesgo de simplificar excesivamente la realidad histórica, tergiversando los hechos y quitándole valor educativo.

Como hemos señalado, la utilización de la historia de la ciencia en la escuela es una herramienta metodológica importante que puede crear la posibilidad de despertar los intereses de los alumnos por aprender ciencias. Ellos podrían percibir los motivos sociales, políticos y económicos que influyeron en el surgimiento de un descubrimiento científico y formar su pensamiento crítico y consciente sobre el rol de los científicos a lo largo de los tiempos (Mota y Cleophas, 2015). Sin embargo, hemos observado, con el transcurrir de los años, numerosos libros de texto que presentan pequeñas introducciones históricas en cada capítulo o escuetas reseñas con motivo de algún aniversario o conmemoración. Coincidimos con Nieto (2014), en que esta historia así presentada, aporoblemática, resulta superficial y distorsionadora de la imagen de ciencia que queremos transmitir. Limitar la historia de la ciencia a una lista de descubridores podría constituir un obstáculo para la enseñanza de las ciencias. Según Muñoz y Bertomeu (2003) los enfoques de los historiadores en los que se destacan las prácticas experimentales, la investigación científica o la influencia de la ciencia en la sociedad generalmente se encuentran ausentes en los libros de texto de ciencias. Existe una gran separación entre la historia y la didáctica de las ciencias y sería indispensable que se promueva, desde las instituciones, el diálogo entre personas de ambas disciplinas, para poder establecer vínculos fructíferos que gradualmente subsanen estas falencias mencionadas. Ocelli y Valeiras (2013) corroboran esta mirada al destacar que las investigaciones realizadas acerca de la imagen de ciencia presentada en los libros de texto concluyen que se transmite una idea de acumulación lineal de conocimientos, sin desarrollar los conflictos que producen los cambios de conceptos ni el contexto histórico y social en el que se originan. Ponen el énfasis en el producto y no en el proceso de la actividad científica. Presentan a la actividad científica como una empresa individual, una actividad rígida en la que no se considera la creatividad, promoviendo una visión

positivista de la ciencia.

Creemos que la mayor parte de la bibliografía que utiliza nuestro alumnado ofrece una visión sesgada del trabajo de los científicos, omitiendo consideraciones de valiosas personalidades y aportes invaluable de individuos que han dedicado su vida al quehacer científico a lo largo de todos los tiempos. La participación de las mujeres en la ciencia se ve poco reflejada, si bien han hecho importantes contribuciones, como lo expresa Brush (1991). Los libros fijan su atención en un par de figuras o separan listas y retratos en sus primeras páginas, sin integrar sus valiosos aportes a lo largo del texto. ¿Cómo se presenta a Darwin frente al alumno que busca con curiosidad en las páginas del texto, para conocer quién es el portador de tan famoso apellido? Como un sujeto excepcional, solitario, que logra imponer la verdad de la evolución. Coincidimos con González Galli (2014), en que en los libros de texto se ignora el rechazo que produjo la teoría de la evolución en parte de la sociedad, como las clases aristocráticas y la jerarquía de la Iglesia, y el beneplácito con que la recibió la incipiente clase de los científicos profesionales. En los textos escolares tampoco se consideran los intercambios de Darwin con otros naturalistas del mundo. De este modo se anula la posibilidad de considerar su actividad como un logro colectivo en lugar de individual. Se sugiere que infirió sus ideas a partir de sus observaciones en el viaje del Beagle, fortaleciendo así las ideas empiristas ingenuas.

Nos preguntamos cuál podría ser la causa de tantas omisiones, tanta pobreza histórica y distorsiones en la divulgación científica. Es evidente que la escasa preparación humanística en los profesionales formados en las ciencias naturales debe ser uno de los factores a considerar. Tal como lo expresa Nieto (2014), los científicos altamente especializados y con poca formación humanística son los que deciden qué contenidos de su propia disciplina e históricos se deben transmitir mediante la educación y la divulgación. Ellos deciden qué imagen damos sobre el pasado de la ciencia. El resultado será una historia decorativa al servicio de determinados intereses profesionales. ¿De qué manera se forma a los profesores de Ciencias y los editores de textos? ¿Se los incentiva a investigar? Según Fernández et al. (2002), se presentan los conocimientos ya elaborados, incluso en el ámbito universitario, sin dar espacio a los estudiantes para incursionar en las actividades propias de la investigación científica. Se transmite una visión descontextualizada de la ciencia; generalmente se ignora la responsabilidad de economistas, políticos, empresarios y trabajadores junto a científicos y tecnólogos en los problemas relacionados con la CTSA (ciencia, tecnología, sociedad y ambiente), presentando a los científicos como seres que trabajan al margen de las contingencias de la vida ordinaria. De este modo no resulta extraño que los libros de texto y los docentes

coincidan con la imagen popular de la ciencia, con su reduccionismo y deformaciones.

La justificación del conocimiento científico en los textos escolares argentinos se hace recaer sobre la experiencia con muy escasas referencias al papel de la comunidad científica y ninguna alusión a factores religiosos o políticos como condicionantes. La mayoría de los textos no brindan el contexto y prevalece una visión inductivista ingenua. Se privilegia la visión del método científico y la observación como inicio de la generación del conocimiento científico. No se considera la creatividad y se simplifica en extremo la metodología científica. Se genera una visión estereotipada y errónea de la actividad científica. Esto alejaría a la propuesta editorial de las recomendaciones curriculares en cuanto a la naturaleza del conocimiento científico (Cutrera, 2003; Cutrera y Dell Oro, 2001, 2003). Para compensar la falencia detectada en los libros de texto nos resulta muy interesante la propuesta de Campanario (2001) que coincidentemente con González Galli (2014), invita a utilizar los aspectos negativos (errores, visiones deformadas de la ciencia, ausencia de algunos aspectos, etc.), para favorecer el aprendizaje de los estudiantes. Buscar errores en el texto, identificar visiones inadecuadas acerca de la construcción del conocimiento científico, desmitificar la imagen de los científicos presentada sólo mediante aspectos positivos en sus biografías, hacer explícitas las preguntas que dan origen al conocimiento, generar debates y desestabilizar concepciones alternativas, identificar contenidos ausentes, son algunas de las múltiples tareas que se pueden realizar con el libro de texto, siempre y cuando este no se tome como un compendio de verdades indiscutibles que hay que memorizar. Un trabajo reflexivo y de creación de conflictos cognitivos constantes posibilitará un continuo aprendizaje metacognitivo de los estudiantes. Leer textos originales, aun cuando resulten difíciles por su formato y lenguaje diferentes, permitirá a los estudiantes acercarse al entorno cultural en el que fueron redactados; reproducir los experimentos e instrumentos manipulados, les hará ver la creatividad, originalidad e imaginación utilizada. Incentivar debates a través del cine o las dramatizaciones, justificar y argumentar, son algunas de las propuestas, ya observadas por González Galli (2014), Morales (2015) e Izquierdo, Martínez, Quintanilla y Adúriz (2016), que nos parecen valiosas para comprender el verdadero espíritu de la construcción del conocimiento científico a lo largo de los tiempos. En definitiva, coincidiendo con Solaz-Portolés (2010), actuar en la formación inicial y permanente del profesorado mediante la preparación de los docentes en epistemología, historia y sociología de la ciencia, es el quehacer necesario para intentar mejorar los contenidos de los libros de texto en cuanto a la naturaleza de las ciencias.

A fin de determinar y ponderar específicamente la forma en que los libros de texto de Biología, comúnmente utilizados en las escuelas de educación secundaria de la provincia de Buenos Aires realizan la incorporación de la historia de la ciencia, en los capítulos siguientes de esta tesis presentaremos el análisis realizado de los textos seleccionados, según los criterios previamente establecidos y expuestos en el relato de la metodología utilizada.

Capítulo 5

Análisis de los libros de Biología para Tercer año de la Educación Secundaria de la provincia de Buenos Aires

El diseño curricular

A partir de la revisión del diseño curricular para la educación secundaria ofrecido por la Dirección General de Cultura y Educación de la provincia de Buenos Aires (2008) evidenciamos la incorporación de la historia de la ciencia en relación a determinados contenidos prescriptos en él. Las propuestas, manifestadas como oportunidades pedagógicas, nos resultan significativas y las consideramos atractivas dado que nos sugieren examinar los experimentos históricos más relevantes a fin de reflexionar acerca del trabajo científico, su rigurosidad, procedimiento y conexiones con las problemáticas de salud, económicas y sociales. Estas líneas de trabajo, si bien no se consideran en la totalidad de los temas presentados, podrían incentivar a los docentes a continuar fomentando la mirada histórica en la construcción de los conocimientos científicos.

Basados en las recomendaciones mencionadas, nos proponemos analizar, en los libros de texto seleccionados, los contenidos del primer momento de la Unidad N°1 para 3° año, referidos a los mecanismos de respuesta en el nivel organismo y los del segundo momento de la Unidad N°2, relacionados con el sistema endocrino. Asimismo, dejamos constancia de que el diseño omite sugerir la inclusión del análisis histórico en el resto de los contenidos del programa.

Por razones de comodidad transcribimos a continuación los contenidos de las unidades y las sugerencias metodológicas relacionadas con la historia de la ciencia, presentes en el diseño curricular.

“Unidad N° 1: La respuesta al medio

Mecanismos de respuesta en el nivel organismo: Percepción: modelo de estímulo, procesamiento y respuesta. Diferentes tipos de estímulos y de receptores, relación entre las características del estímulo y del receptor. Diferentes tipos de respuestas: Respuesta de huida. Respuestas instintivas versus aprendidas. El papel de las señales en los comportamientos. La

comunicación entre sistemas biológicos.

Mecanismos de respuesta a nivel celular: Respuestas celulares al ambiente. La percepción a nivel celular, receptores de membrana. Especificidad señal-receptor, modelo llave-cerradura. Comunicación entre células.

Oportunidades pedagógicas

El estudio de experimentos en animales y plantas brinda la oportunidad de trabajar con los alumnos en torno al análisis de experimentos históricos, analizando las preguntas que los guiaron, los métodos utilizados y las conclusiones a las que llegaron los investigadores.

De los estudios clásicos de respuestas instintivas en animales por parte de Lorenz y Tinbergen surgen interrogantes interesantes a presentar a los alumnos, como qué constituye una señal, y si la capacidad de detectar una señal es innata o adquirida. Este tema ofrece espacio para desarrollar situaciones de enseñanza que giren en torno a la formulación de preguntas y cómo esas preguntas pueden ser abordadas a través de una investigación (...)

La comunicación entre organismos no es el único tipo de comunicación biológica, ya que un órgano o parte de un organismo puede intercambiar señales con otra parte. Existen experimentos históricos para analizar vinculados a este tema, dando oportunidades valiosas no sólo de analizar situaciones de experimentación, sino también de incorporar aspectos históricos a la clase de ciencias. Por ejemplo, Charles Darwin y su hijo Francis realizaron experimentos sobre el fototropismo de plantitas recién germinadas simplemente tapando con una caperuza oscura diferentes partes de la plantita. Mediante este truco (fácilmente reproducible en clase, los Darwin determinaron que la parte del tallo que percibe el estímulo luminoso no es la misma que la parte que responde (curvándose). Este sencillo resultado permite diferenciar entre percepción y respuesta y poner de relieve la comunicación entre diferentes partes de un mismo organismo. El botánico Frits Went usó el mismo sistema que los Darwin y logró aislar la primera hormona vegetal (auxina). Estos experimentos son también fáciles de interpretar y resultan una excelente introducción a la naturaleza química de muchos procesos de comunicación biológica” (Dirección General de Cultura y Educación de la provincia de Buenos Aires, 2008, p.53-54).

“Unidad N° 2: Regulación e integración de funciones

Sistema nervioso. Vías aferentes y eferentes. Sistema nervioso central y periférico. Órganos efectores: músculos y glándulas. Neuronas. Propagación del impulso nervioso. Sinapsis. Neurotransmisores. Sistema nervioso voluntario y autónomo (simpático y parasimpático).

Sistema endócrino. Concepto de glándula, hormona y tejido blanco. Caso A: Rol de las

hormonas en la homeostasis. Regulación de la glucemia: insulina, glucagón y diabetes. Respuesta celular a la acción de la insulina. Caso B: Rol de las hormonas en el desarrollo. Hormonas sexuales. La hipófisis como glándula integradora entre el sistema nervioso y endócrino.

Oportunidades pedagógicas

El tema de la diabetes encierra excelentes oportunidades para todo tipo de proyectos de búsqueda de información con conexiones con problemáticas no sólo de salud, sino económicas y sociales que permiten reflexionar sobre las conexiones entre ciencia, tecnología y sociedad: ¿cómo se trata la diabetes? ¿Qué métodos se han usado para tratarla en el pasado y cómo se trata ahora? (...)

Los experimentos históricos sobre la diabetes son fáciles de entender a este nivel y dan ejemplos claros de riguroso pensamiento y procedimiento científico. Un ejemplo de esto son los experimentos de Joseph Von Mering y Oskar Minkowski, quienes lograron producir perros diabéticos por remoción del páncreas. El análisis de estos experimentos da oportunidades muy valiosas de aprender cómo se investiga en biología, en particular en la rama de la fisiología (...)

El siguiente paso lógico de un experimento de ablación es también una herramienta experimental y conceptual de importancia en la biología: el tratar de remediar el daño por agregado de diferentes subpartes de aquella que se extrajo. Así fue como Frederick Banting fue inyectándole a perros sin páncreas distintas fracciones químicas de homogenato de páncreas hasta que encontró que la insulina revertía el daño causado. Estas dos estrategias fundamentales (remoción de una parte y reintroducción de fracciones de la parte) fueron usadas con enorme éxito por Bernardo Houssay, el gran fisiólogo argentino, quien también estudió aspectos de la regulación de la glucemia y cuya figura puede ser oportuno estudiar en este contexto. Como puede verse, abundan las oportunidades de estudiar facetas históricas, como así también la lógica de la experimentación. En cada una de estas oportunidades, el docente puede también detenerse en situaciones de trabajo con preguntas, hipótesis, discusiones, tejiendo una red de actividades con alto significado para la vida de sus alumnos” (Dirección General de Cultura y Educación de la provincia de Buenos Aires, 2008, p.54-58).

Análisis de libros escolares

Nota aclaratoria: Dado que los distintos libros correspondientes a un mismo año curricular muchas veces presentan los mismos contenidos históricos -puesto que responden al mismo diseño curricular- a lo largo de nuestro análisis evitaremos cuanto sea posible caer en repeticiones innecesarias, salvo cuando resulte imprescindible para dar cuenta del abordaje historiográfico que brindan los textos. Es por ello, que en lo posible no repetiremos la descripción detallada de la misma información histórica cuando aparezca sin modificación alguna en los distintos libros escolares, ni tampoco la información histórica adicional que aportamos en nuestra tesis. En esos casos, haremos una breve mención aludiendo a lo ya expuesto previamente.

- 1) Alvarez, S.; Balbiano, A.; Franco, R.; Godoy, E.; Iglesias, M. y Rodríguez Vida, M. (2010) *Biología. El intercambio de información en los sistemas biológicos: Relación, integración y control*. Bs As: Saberes clave. Santillana (L1)**

Presentación general

Los contenidos que nos proponemos analizar, correspondientes a la Unidad N° 1 del diseño, abarcan los capítulos 1, 2 y 3 del libro. Los indicados en la Unidad N° 2 se encuentran en los capítulos 7 y 8 de dicho texto. Podemos afirmar que en este libro existen contenidos relacionados con la historia de la ciencia que en su mayoría se encuentran en apartados, recuadros destacados o secciones, no incluidos en el relato del desarrollo principal del texto. Las secciones “Leo, luego entiendo” y “El detalle” son algunas que, de manera frecuente, exponen contenidos de historia de la ciencia. Cada capítulo analizado está compuesto por entre 18 y 22 páginas, de las cuales entre 1 y 7 páginas hacen alguna referencia a contenidos históricos. Como balance cuantitativo podemos decir que en el capítulo 1 estas páginas constituyen el 17% del total, en el capítulo 2 el 20%, en el capítulo 3 el 19%, en el capítulo 7 el 32% y en el capítulo 8 el 6%. Valoramos como aspecto positivo la presencia de estos contenidos en todos los capítulos analizados. Sin embargo, consideramos que estos deberían estar integrados en el relato principal de cada tema, mostrando cómo evoluciona la construcción

de los contenidos científicos.

Descripción y análisis de los capítulos seleccionados

Capítulo 1: Los seres vivos y su relación con el medio (pág.8 a 25)

El capítulo comienza con una carátula que abarca dos páginas en las que se destaca una colorida fotografía de una mariposa entre las flores y cuatro recuadros. En el primero se muestran tres imágenes de las etapas de la metamorfosis de dicho insecto; el segundo se titula “Lo que se viene” y en él se resumen en cinco puntos los aprendizajes que se pretenden lograr en el capítulo; en el tercero se presenta un pequeño relato denominado “¿A dónde van las mariposas?”, acompañado de una imagen de mariposas descansando en las ramas de un árbol y el cuarto se titula “Lo que sabes” e incluye cinco preguntas referidas al relato anterior.

Las siete páginas siguientes desarrollan los temas principales que se mencionan a continuación: Los seres vivos como sistemas abiertos; su relación con el ambiente; las respuestas de los animales y de las plantas; la homeostasis; el control de las actividades y el modelo de estímulo-procesamiento-respuesta. En el transcurso de estas carillas se localizan seis recuadros coloreados titulados “Actividades”, cada uno de los cuales posee una o dos consignas para resolver. También se intercalan tres pequeños recuadros, destacados en diferente color, correspondientes a la sección “El detalle” en los que se relatan diferentes curiosidades relacionadas con los temas tratados.

Para finalizar se presentan cuatro secciones destacadas y separadas del desarrollo principal del capítulo, a saber: “Ciencia en tus manos” abarca una página y propone la identificación de un problema científico y diversas actividades al respecto. “Leo, luego entiendo”, abarca dos páginas, una de ellas se refiere al experimento de Ivan Petrovich Pavlov (1849-1936) que analizaremos más adelante y la otra trata de la flor conocida como reina de la noche y su relación con los murciélagos; ambas presentan propuestas de actividades relacionadas con su contenido. Las “Actividades finales” abarcan dos páginas y proponen siete consignas con varios ítems cada una, complementados con imágenes. Se agrega un recuadro que se denomina “No te lo pierdas” el cual indica tres enlaces que conducen a sitios web y videos que complementan la información. Por último, la sección “La Posta” abarca cuatro páginas en las que se publica una entrevista a la doctora en Biología María Fernanda Ceriani, investigadora de los relojes biológicos en las diferentes especies.

A lo largo del capítulo presentado pondremos el foco en los pasajes relacionados con la

historia de la ciencia, los que analizaremos a continuación.

Para comenzar debemos mencionar que en la pág. 12, en la sección “El detalle”, que abarca aproximadamente un cuarto de la carilla, se presenta el siguiente interrogante: “¿Células que ‘comen’ a otras células?” (ver Anexo, fig.7) El texto relata el “descubrimiento” de los macrófagos por parte del microbiólogo ruso Ilya Meshnikov (1845-1916), por el que le fue otorgado el Premio Nobel de Medicina en 1908. Consideramos que en este breve relato se presenta una actividad científica solitaria, de una persona aislada, producto de una “mente brillante” dado que no se hace mención a ningún colaborador o trabajo previo en el que se haya apoyado para llegar a la “verdad” que no parece estar sujeta a discusión.

Teniendo en cuenta que lo narrado en el texto es la experiencia realizada con larvas de estrellas de mar, los estudiantes podrían plantearse el siguiente interrogante: ¿Cómo se relacionó el descubrimiento de la fagocitosis realizada en estas larvas con la de los macrófagos que destruyen a los virus y bacterias? Evidentemente hay un largo camino recorrido que no se menciona en este breve párrafo. El surgimiento de los conocimientos da la idea de ser una cuestión a la que se llegó por arte de magia y casualidad.

El esquema presentado, como expresa su etiqueta verbal, hace referencia a los macrófagos fagocitando bacterias y no a la experiencia realizada por el investigador en cuestión.

A nuestro entender, la figura de Mechnikov merecería una descripción más detallada de su obra. Sus trabajos, junto con los de Paul Ehrlich (1854-1915) -con quien compartió el Nobel de 1908- han sentado las bases de dos disciplinas en constante ascenso, la Inmunología y la Quimioterapia. Si bien Mechnikov, estudiando las larvas de las estrellas de mar, observó la presencia de células móviles y dedujo que podrían servir como parte del sistema defensivo de estos organismos, la realidad es que no se trató de un descubrimiento aislado ya que continuó su trabajo con otras especies y en 1884 propuso una teoría general de la fagocitosis. Es cierto que todavía no tenía conciencia de la importancia decisiva de este descubrimiento para el desarrollo de la inmunología; sin embargo, buscó apoyos experimentales para su teoría fagocítica. En paralelo intentó implantar la vacuna de Louis Pasteur (1822-1895) para el tratamiento de la rabia, situación que generó hostilidad en la población por el hecho de no ser médico y así fue que desistió de su investigación. Sin embargo, Pasteur le ofreció un laboratorio en su instituto donde permanecería hasta el final de su vida con el cargo de subdirector. Ya instalado en el instituto, en cooperación con Emile Roux (1853-1933), médico y bacteriólogo francés y también colaborador de Pasteur, investigó los mecanismos de transmisión de la sífilis y su tratamiento, introduciendo determinadas técnicas que luego serían utilizadas por Ehrlich. Cabe aclarar que además del Premio Nobel recibió importantes distinciones como la Copley

Medal otorgada por la Royal Society y perteneció a las academias más reputadas (Argüelles, 2008).

Consideramos que un relato más detallado y contextualizado que el que se realiza en este libro escolar, podría transmitir una visión de ciencia como una construcción más colaborativa, integrada al contexto social, influenciada por las formas de pensar dominantes y fundamentalmente sujeta a cambios.

En la pág. 18, formando parte de la sección “Leo, luego entiendo”, se presenta el texto “La intriga de los perros babosos” que narra con cierto detalle la experiencia que realizó Pavlov, utilizando perros (ver Anexo, fig.8). En primer lugar, se relata el planteamiento del investigador acerca de si sería posible la salivación de estos animales con algún otro estímulo diferente a los que él ya había observado, como lo son el contacto de la comida con la lengua y el contacto con sus amos. En la parte izquierda inferior de la carilla se encuentra representado con un esquema el diseño experimental realizado, con una etiqueta verbal que así lo indica. El texto relata con detalle los pasos de la experiencia: acostumar al perro a la situación experimental, registrar su respuesta ante la comida, exponerlo a dos estímulos simultáneos durante varios días y luego únicamente al estímulo neutral (el toque de la campana). Se concluye que en el animal se puede producir una asociación entre dos estímulos que antes no existía, es decir una respuesta puede ser aprendida o “condicionada”.

El relato muestra un trabajo solitario, que surge a partir de la curiosidad, la observación y la imaginación, sin apoyarse en ninguna teoría. Otra vez nos queda la imagen de un científico portador de una gran capacidad personal que demuestra una hipótesis que él mismo planteó.

Estimamos que hubiera sido de mucha utilidad mencionar el trabajo de Pavlov en Alemania junto a grandes profesores de fisiología como Karl Ludwig (1816-1895) y Rudolf Heidenhain (1834-1897), de los que sumó una estricta preparación metodológica así como las habilidades en técnicas experimentales y quirúrgicas. De este modo se mostraría una imagen de trabajo colaborativo con apoyatura en los logros de sus antecesores. También resultaría interesante comentar que las investigaciones de Pavlov se pueden agrupar en tres áreas: la fisiología de la circulación de la sangre, el estudio de las glándulas digestivas y el estudio de los reflejos condicionados que luego fue extendido a una teoría de la función cerebral, las bases biológicas de la personalidad y el estudio de la neurosis. De este modo el alumno podría apreciar la amplitud de su trabajo y sus derivaciones, dado que la influencia de Pavlov continúa en la psicología moderna y se extiende a otras áreas como las neurociencias y la biología (Gutierrez, 1999).

Cabe destacar que no se menciona absolutamente nada acerca de los años difíciles que

Pavlov tuvo que atravesar. Durante la revolución rusa de 1917 se instaló el caos, el temor y el desorden. Los tiempos fueron duros para Pavlov así como para sus colaboradores, su laboratorio y también para sus perros experimentales. La mención de estos acontecimientos hubiera dejado una imagen más real de la figura del científico en los estudiantes.

En la parte superior derecha de la carilla se encuentra una imagen -foto en blanco y negro- que muestra a Pavlov con un grupo de personas, supuestamente colaboradores, y un perro. La etiqueta verbal indica que obtuvo el Premio Nobel de Medicina en 1904 por sus investigaciones sobre el tubo digestivo y la acción de los jugos gástricos. Dicha referencia no tiene relación directa con la experiencia relatada en el texto.

En la parte inferior derecha de la página localizamos un recuadro titulado “Actividades”. Allí se enuncian cuatro preguntas, dos de ellas pueden responderse a partir de lo leído en el texto y las otras dos apelan a la opinión del alumno acerca de los problemas científicos que pudo generar esta investigación y lo invitan a averiguar sobre las investigaciones relacionadas con el ser humano que se pudieron desprender de ella. Podemos afirmar que estas últimas preguntas dan idea de continuidad y de construcción del conocimiento científico como trabajo colaborativo; si bien esto no está en concordancia con lo que se vislumbró en el texto. Para esta tarea no se indica bibliografía ni sitio web de consulta.

En la sección de las “Actividades finales”, entre las 19 actividades propuestas, se encuentra una, en la página 20, referida al balance hídrico (ver Anexo, fig.9). Luego de una introducción en la que se destaca el porcentaje del peso de una persona que corresponde al agua y la presentación de la figura de un hombre con los valores de ganancia y pérdida de este líquido, se presentan cuatro consignas. Las tres primeras se refieren a las formas en que se incorpora y se elimina agua del cuerpo, las ganancias y pérdidas y los modos de compensación. La cuarta consigna sugiere analizar una frase del científico Claude Bernard (1813-1878): “Todos los mecanismos vivientes, tan variados como son, tienen un solo objeto: el de preservar constantes las condiciones de la vida en el medio interno”. Consideramos que esta frase aislada no colabora en la construcción de la imagen de ciencia, sino que simplemente es otro de los elementos que nos marca la posición relegada que ocupa la historia de la ciencia en los libros de texto, dado que las actividades finales, que deberían resumir e integrar lo trabajado en el capítulo, apenas mencionan tangencialmente -casi sin ninguna relevancia- una frase relacionada con un científico de épocas pasadas.

Cabe mencionar que Bernard hizo valiosísimos aportes con respecto a la digestión, la acción del jugo pancreático y la función glucogénica del hígado. En relación al tema que se plantea en la actividad, realizó contribuciones acerca del mecanismo vasomotor en la regulación

del flujo sanguíneo, descubriendo que el cuerpo trataba de mantener un “ambiente interno” estable ante condiciones externas cambiantes, lo que posteriormente el fisiólogo Walter Cannon (1871-1945) llamará homeostasis, término que acuñó en 1926. Bernard llegó a ser profesor titular de fisiología general en el Collège de France en 1855. Recibió la Medalla Copley otorgada por la Royal Society de Londres en 1876 entre otros reconocimientos (Bottasso, 2019).

Capítulo 2: La captación de los estímulos (pág. 26 a 45)

El capítulo se inicia con una carátula que abarca las dos primeras carillas. En ella se observa un fondo colorido con fotografías de flores y abejas y tres recuadros destacados: “Lo que se viene” donde se exponen cinco objetivos de aprendizaje del capítulo, “¡Qué bonitos ojos tienes!”, en el que se presenta un breve texto al que luego haremos referencia, y “Lo que sabés” que contiene cuatro consignas a fin de indagar las ideas previas de los estudiantes.

Las próximas nueve páginas abordan el desarrollo de los siguientes temas: La percepción del ambiente; la captación de estímulos luminosos, químicos, mecánicos, sonoros, gravitatorios y otros. En tres de estas páginas, en forma alternada, se encuentran pequeños recuadros con dos o tres actividades propuestas en cada uno. También localizamos tres reducidas secciones, destacadas en color, denominadas “El detalle” que relatan curiosidades referidas a los temas tratados.

A continuación, la sección “Ciencia en tus manos” abarca una página dedicada a “Formulación de hipótesis y predicciones”, con la correspondiente propuesta de actividades. El apartado “Leo, luego entiendo” abarca dos páginas, la primera, cuyo título es “Las cataratas que no dejan ver”, y la segunda titulada “¡Qué rica forma!”, las cuales serán objeto de nuestro análisis más adelante. Al igual que en todos los capítulos, encontramos dos páginas de “Actividades finales” y las últimas cuatro páginas de la sección “La posta” titulada “Veo, veo. ¿Qué ves?” en la que se publica una entrevista a la Dra. Miguelina Guirao, profesora e investigadora acerca de los sentidos.

Para comenzar el análisis detallado de los contenidos históricos debemos mencionar que en la segunda carilla de presentación del capítulo (pág. 27) se encuentra un recuadro coloreado titulado “¡Qué bonitos ojos tienes!” cuyo texto menciona los “grandiosos” trabajos de principios del siglo XX, del zoólogo austriaco Karl von Frisch (1886-1982) los que permitieron “descubrir” un mundo al demostrar que las abejas, al igual que los humanos, tienen visión en colores. Luego el texto hace mención a otro científico llamado Alfred Kühn (1885-1968), quien años después “descubrió” que las abejas eran capaces de detectar y ver la luz ultravioleta (ver

Anexo, fig.10).

En este breve párrafo se pone en evidencia nuevamente un trabajo de tipo individualista, presentado como la obra de grandes genios. Sin establecer si hubo contacto o comunicación entre ellos, parecen descubrir “la verdad” que hasta el momento permanecía oculta. Podríamos inferir que Kühn se basó en las investigaciones previas de von Frisch. Sin embargo, lo cierto es que se los presenta como científicos que trabajaron de forma independiente entre sí.

Consideramos que lo relatado en este sector del texto es demasiado abreviado e imposibilita valorar el trabajo de estos grandes investigadores. Kühn, zoólogo y genetista alemán que utilizó las luces del espectro en lugar de papeles de color en su trabajo con las abejas, y descubrió la percepción del contraste simultáneo de colores que pueden tener estos insectos y von Frish, cuyos trabajos acerca de la percepción química y visual de los peces y las abejas lo llevaron a descubrir el modo en que las abejas melíferas se orientan y se comunican. Este último fue merecedor del Premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1958, el que compartió con Tinbergen y Lorenz, nominados por sus estudios sobre conducta animal. Cabe destacar que las investigaciones de von Frish, Tinbergen y Lorenz se retoman en la pág. 47 de este texto.

En la parte inferior de la pág. 27 se encuentra otro recuadro destacado con el título “Lo que sabés”. En él se plantean cuatro preguntas que indagan los conocimientos de los estudiantes acerca de la diferencia entre la visión de los humanos y la de las abejas, la visión de las aves, la ausencia de ojos en algunas especies y la forma de captar estímulos. Como podemos observar, ninguna de ellas hace referencia a la historia de la construcción de dichos saberes.

Casi al finalizar el capítulo, la sección “Leo, luego entiendo” abarca dos carillas, una de las cuales (pág. 38) se titula “Las cataratas que no dejan ver”. Aquí se cita un texto de Claudine Canetti, en el que se relata un episodio de la vida del pintor francés Claude Monet (1840-1926) quien en 1883 comenzó a cultivar variedades de nenúfares que inspiraron su famosa serie de pinturas al respecto. Monet escribe en 1918 al primer ministro -y amigo personal- George Clemenceau (1841-1929), para ofrecerle como regalo, tras el armisticio ocurrido ese año, dos paneles decorativos al estado, en el día de la victoria. Ocurre que en 1912 pierde la visión del ojo derecho por cataratas y, por temor, se resiste a operarse hasta 1923, cuando ya había disminuido mucho la visión en uno de sus ojos. Así es que, luego de la intervención, dedica los últimos años de su vida a terminar la serie nenúfares, aunque no llega a ver la inauguración de su museo en mayo de 1927 (ver Anexo, fig.11).

La propuesta que se realiza a los alumnos en la sección “Actividades” (detallada más adelante) con la finalidad de que investiguen el contexto histórico, compensa la ausencia de

información al respecto en el desarrollo del contenido que se presenta. Cabe señalar que en ningún momento se aclara que el armisticio fue un tratado firmado el 11 de noviembre de 1918 en el norte de París, por el cual los alemanes reconocieron su derrota y se pone fin a los cuatro años de lucha de la Primera Guerra Mundial que mató a casi diez millones de personas. En París cientos de personas aplaudieron al jefe de gobierno francés Georges Clemenceau y esto despertó en Monet, quien vivía en Giverny -pequeño pueblo francés ubicado a 75 km de París- las ganas de obsequiarle los paneles decorativos a Clemenceau a quien lo unía una sólida amistad desde su juventud. Consideramos que la presentación de esta información, entre otros datos, permitiría una mayor comprensión de los hechos por parte de los estudiantes incentivando una integración de disciplinas (el arte, la historia y la biología) que favorecería la visión de ciencia que queremos transmitir.

En la parte inferior de la página podemos observar dos imágenes de las pinturas del puente japonés en Giverny, realizadas por Monet, una realizada en 1899, antes de su alteración en la visión y otra realizada luego de su afección, entre 1918 y 1924, observándose una clara diferencia entre ellas.

La pág. 38 finaliza con un recuadro denominado “Actividades” en el que se proponen 4 consignas. La primera interroga acerca del contexto en el que desarrolla esta etapa de la vida de Monet, la localización de Giverny y las circunstancias históricas del armisticio. Las siguientes instrucciones apuntan a reconocer el objetivo de Monet al realizar sus obras y el obstáculo que se interpuso al momento de hacerlo, las diferencias entre ambos cuadros presentados en esta carilla y la invitación a proponer una explicación que justifique los cambios de percepción del pintor. Consideramos muy importantes las vinculaciones propuestas entre el contenido histórico y el contenido científico.

Si bien esta sección no hace mención a la construcción del conocimiento científico a lo largo de la historia, creemos que vale la pena rescatar la indicación de investigar el contexto, situación que consideramos muy positiva para poder tener una mirada consciente de las diferencias en los comportamientos de las personas de acuerdo a la época y a los factores que atraviesan. Además, da cuenta de la conexión de la ciencia con la sociedad en general y con el arte. Se considera la necesidad del artista de participar en la alegría colectiva por la victoria; la importancia y el valor del arte y los miedos a la cirugía, dado el incipiente desarrollo de las técnicas de la época. Valoramos la presencia de esta tríada historia-arte-ciencia, quizá con escaso desarrollo y algunas falencias, pero al fin puesta a consideración de los lectores.

La pág. 39 de la sección “Leo, luego entiendo”, bajo el título “¡Qué rica forma!”, hace referencia al acercamiento de la ciencia a la sinestesia en 1880 cuando Francis Galton (1822-

1911), primo de Charles Darwin (1809-1882), publicó un artículo sobre esta en la revista *Nature*. Sin embargo, quienes se siguieron ocupando del fenómeno, lo minusvaloraron por considerarlo una consecuencia del abuso de drogas o una rareza singular, hasta que, a comienzos de este siglo, se retoma la investigación y se identifica más claramente la habilidad de los sinestésicos para realizar asociaciones con los sentidos. Para hacer referencia a esta última investigación se cita el texto de los científicos Vilayanur Ramachandran (n. 1951), neurólogo indio y Edward Hubbard, magister en psicología experimental (ver Anexo, fig.12).

Al final de la página se encuentra un recuadro de “Actividades” que contiene cinco preguntas. En las primeras se interroga acerca de la causa del título del texto “Qué rica forma”, las hipótesis que se formularon en relación a este fenómeno y el ensayo de segregación visual realizado por este equipo. En la cuarta pregunta se sondea acerca de los resultados de las experiencias de “estos investigadores” (consideramos que se refiere a Ramachandran y Hubbard, los que firman este artículo) que rechazan las hipótesis anteriores. Estas hipótesis no son relatadas en el texto ya que sólo se menciona el rechazo a la postura de Galton y el escaso valor dado al tema de la sinestesia. Finalmente se propone conversar con un compañero para determinar de qué modo podría explicarse la sinestesia.

Consideramos que sería de mucha importancia que se planteara el contexto que llevó a desestimar las revelaciones publicadas por Francis Galton. ¿A qué se debe esa fractura en la construcción del conocimiento? La escasez del contenido presentado nos impide comprender la forma en que se construyó y luego se rechazó dicha hipótesis, para finalmente retomarse las investigaciones en la actualidad. De todos modos, destacamos el valor de la presentación del proceso de construcción de la teoría a lo largo del tiempo, el trabajo en equipo, la noción de hipótesis y el valor del error. Consideramos que estos elementos podrían ser recuperados por el docente para poder profundizarlos en el abordaje de todos los contenidos propuestos.

Las imágenes presentadas al final de la página son dos esquemas que muestran una tarjeta presentada a personas con sinestesia y la forma como la perciben. En la parte superior derecha se encuentra la imagen de una paleta de colores, sin ninguna etiqueta verbal, consideramos que sus fines son simplemente decorativos ya que no se da ninguna explicación en el texto acerca de su función.

La sección “Actividades finales” (pág. 40 y 41) hace referencia a los contenidos de todo el capítulo. En la segunda carilla, se encuentra un recuadro coloreado con un enunciado que indica leer el texto y responder (ver Anexo, fig.13). En dicho texto se menciona al naturalista italiano del siglo XVIII, Lazzaro Spallanzani (1729-1799) y sus descubrimientos acerca de la orientación y detección de presas por parte de los murciélagos. Sin embargo, se indica que sus

conclusiones no fueron aceptadas. También se menciona la construcción de sonares en 1912, luego de la tragedia del Titanic, con el objetivo de detectar objetos en el mar tal como estos animales lo hacían en la oscuridad y el descubrimiento de la ecolocación en 1938 por dos estudiantes de la Universidad de Harvard.

A partir de este texto nos surgen muchos interrogantes ¿Por qué no fueron aceptadas las conclusiones de Spallanzani? ¿Quiénes las rechazaron? ¿Quiénes son los estudiantes que descubren la ecolocación? ¿En qué se basan para iniciar la investigación? ¿Por qué esta vez parece no ser rechazado el concepto? Estos interrogantes quedan sin respuesta. Consideramos que, de este modo, a los estudiantes les resultaría difícil comprender los caminos de la construcción del conocimiento científico. Sin embargo, destacamos el enfoque externalista que se manifiesta al relatar que una catástrofe como la que sucedió con el Titanic fue la que desencadenó la investigación científica. También resaltamos como positiva la presentación de un trabajo no tan solitario, basándose en conclusiones anteriores, mostrando tangencialmente la evolución del proceso de construcción del conocimiento científico a lo largo de la historia.

Consideramos que sería importante hacer un relato más completo de estas investigaciones a fin de que los estudiantes puedan comprender el trabajo colaborativo que implicó, en primer lugar entre el naturalista italiano Lazzaro Spallanzani y el cirujano y naturalista suizo Louis Jurine (1751-1819), quienes fueron complementando y perfeccionando las experiencias realizadas, y las revisiones de los estudiantes de Harvard a los que hace referencia, el neurocientífico estadounidense Robert Galambos (1914-2010) y el biofísico estadounidense Donald Griffin (1915-1968), quienes a finales de la década de 1930 trabajaron en estudios de ecolocación utilizando la tecnología de captura de sonido desarrollada por el físico estadounidense George Washington Pierce (1872-1956), entre muchos otros científicos que aportaron sus experiencias y conclusiones. Este trabajo condujo a lograr un gran avance, no solo en zoología sino en el desarrollo de sistemas de radar y sonar para llegar en la actualidad a considerarse la ecolocación como un campo que involucra enfoques diversos que incluyen la fisiología comparada, la neurociencia, la robótica, computación y bioacústica (Griffin, 2001).

Las dos preguntas que se plantean en la actividad no hacen referencia a la manera en que se construyeron los conceptos, sino al mecanismo de ecolocación tal como se conoce en la actualidad. La primera propone definir en qué consiste el proceso y la segunda establecer las semejanzas y diferencias del mecanismo de orientación de los murciélagos con los de otros

animales.

Capítulo 3: Las respuestas a los estímulos (pág.46 a 69)

El capítulo se inicia con una carátula que consta de dos páginas en las que se destaca una fotografía de un panal con abejas que abarca ambas carillas. Otra imagen de menor tamaño, en la primera carilla, muestra a un ave construyendo su nido. Debajo de esta última se encuentra un recuadro titulado “Lo que se viene” en el que se enuncian siete objetivos de aprendizaje. En la segunda carilla localizamos dos recuadros, el que está ubicado en la parte superior, titulado “¡Uno para todos y todos para uno!” al que haremos referencia más adelante y el que está ubicado en la parte inferior, titulado “Lo que sabés” en el que se plantean cuatro preguntas. La primera de ellas apunta a razonar acerca de lo detallado en el cuadro de la parte superior, las otras tres, apuntan a detectar saberes previos y estimular el razonamiento de los estudiantes con respecto a las respuestas de los animales y los vegetales frente a los estímulos.

Las siguientes trece páginas del desarrollo central del capítulo tratan los temas principales que enunciamos a continuación: Los seres vivos responden; las respuestas en las bacterias; respuestas de las plantas a los estímulos lumínicos, mecánicos y gravitatorios; las respuestas de los animales: el comportamiento; el comportamiento humano; la comunicación en los animales; la comunicación química en las plantas. Se presentan, a lo largo de dichas páginas, diez recuadros con una a cuatro actividades propuestas en cada uno. Además, localizamos tres secciones “El detalle” que relatan diversas curiosidades, una de las cuales analizaremos más adelante.

A continuación, la sección “Ciencia en tus manos” abarca una página que se titula “Diseño y realización de experimentos” en la que se proponen los pasos a seguir para realizar una experiencia con una planta, una caja y papeles celofán rojo y azul. Esta propuesta está planteada como una receta, situación que no deja lugar a que sea el estudiante el que proponga un diseño sencillo.

En la sección “Leo, luego entiendo” que abarca dos páginas, tituladas “Homenaje biológico a Mickey Mouse” y “El mejor amigo del hombre”, se citan extractos de dos textos que no serán objeto de nuestro análisis.

Las siguientes dos páginas abarcan las “Actividades finales” que deberían integrar todo lo trabajado en el capítulo. Sin embargo, no detectamos ninguna que se refiera a los contenidos que analizaremos en detalle.

Para finalizar el capítulo, la sección “La Posta” abarca cuatro páginas en las que se

publica una entrevista al Dr. Adolfo Rafael de Roodt, especialista en toxicología, que bajo el título “Bichos venenosos” relata cuáles son las especies peligrosas, sus causas, consecuencias y prevención.

Para comenzar el análisis que queremos realizar debemos mencionar que en la segunda página de presentación del capítulo (pág.47) se encuentra un recuadro coloreado titulado “¡Uno para todos y todos para uno!” En él se cita un fragmento del libro *Karl von Frish. El Señor de las abejas*, de Fedro Carlos Guillén en el que se relata brevemente el comportamiento de las abejas de una colmena, como muestra de las investigaciones realizadas por el alemán von Frish. A continuación, se hace mención al austríaco Konrad Lorenz y el holandés Niko Tinbergen quienes sumaron sus investigaciones a las del alemán, siendo galardonados los tres con el Premio Nobel de Medicina en 1973 (ver Anexo, fig.14). De este modo se instala la idea de un trabajo colaborativo, aunque no se detalla la forma en que fueron construyendo el conocimiento científico. Cabe mencionar que von Frish, Tinbergen y Lorenz ya habían sido nombrados en el capítulo 2.

El diseño curricular propone generar situaciones de enseñanza a partir de los estudios de respuestas instintivas en animales por parte de Lorenz y Tinbergen. Consideramos que la información que otorga el texto es extremadamente escasa como para cumplimentar dicha sugerencia.

En la pág. 50, bajo el título “Fototropismo y heliotropismo” se menciona el libro publicado en 1880 por Charles Darwin y su hijo Francis Darwin (1848-1925), *The Power of Movement in Plants*, resaltando el interés que tenían padre e hijo en las respuestas de las plantas frente a un estímulo lumínico lateral. El relato continúa diciendo que llevaron a cabo experimentos sencillos, cubriendo diferentes secciones del tallo de plántulas de gramíneas y realizando observaciones de su curvatura hacia la luz. De este modo demostraron que los ápices son las partes encargadas de captar la luz, pero la respuesta de curvatura ocurre más abajo. A continuación, se hace mención al conocimiento actual acerca de los fotorreceptores específicos (ver Anexo, fig.15).

En la parte inferior de la página se encuentra un pequeño esquema de tres plántulas expuestas a la luz desde la misma dirección, dos de ellas con distintos sectores cubiertos. La etiqueta verbal indica que si se cubren diferentes secciones del tallo puede estudiarse la respuesta fototrópica de las plantas, haciendo referencia a la experiencia que llevaron a cabo los Darwin.

Nos preguntamos cómo se transitó desde aquellas primeras investigaciones de Darwin

y su hijo a las actuales. El interrogante queda sin respuesta.

El diseño curricular propone analizar este experimento histórico y afirma que es fácilmente reproducible en clase. Sin embargo, en el texto se evidencia un análisis muy acotado del mismo, la imagen que lo acompaña es poco atractiva y no existe ninguna sugerencia para que los estudiantes puedan replicar esta experiencia en el aula.

En la pág. 51, bajo el título “Respuestas de las plantas a los estímulos mecánicos”, se cita nuevamente a Charles y Francis Darwin, esta vez por sus observaciones de raíces que penetran en el suelo y se topan con un obstáculo (ver Anexo, fig.16). Se indica que a través de sencillos experimentos demostraron que la caliptra (cobertura que rodea el ápice de la raíz) es el sitio encargado de captar el estímulo mecánico y que, además las raíces estimuladas por el contacto físico ignoran el estímulo de la gravedad y se alejan de él. Este relato se complementa con un pequeño esquema, en la parte inferior de la página, de dos semillas germinadas con sus raíces orientadas hacia diferentes lugares. La etiqueta verbal nos dice que el esquema representa a las experiencias de Darwin con semillas de arvejas a las que se les colocaba cuadrados de papel pegados a los costados del ápice para que actúen como estímulos mecánicos y en 24 hs. las raíces realizarían el giro correspondiente, 90 grados o hacia arriba. Nos preguntamos de qué dependerá uno u otro comportamiento ya que el papel parece estar colocado en el mismo lugar en los dos ápices. El esquema resulta tener poca claridad y proporciona muy escasos datos. ¿Cómo habrá sido el procedimiento que realizaron los Darwin hasta obtener este resultado? ¿En qué contenidos o experiencias anteriores sentaron sus bases?

La actividad que se propone en la parte inferior de la página no presenta relación con la experiencia descrita. El texto no propone ninguna bibliografía o página web de consulta para ampliar esta información acerca de las experiencias históricas que el diseño curricular vigente propone analizar.

Creemos necesario recordar que los textos de Biología para segundo año de educación secundaria de la provincia de Buenos Aires presentan la figura de Charles Darwin relacionada con sus viajes alrededor del mundo y la teoría de la evolución. Consideramos que sería importante retomar esa mirada con los estudiantes de tercer año y relacionar el trabajo con las plantas, realizado por Charles Darwin, con su famosa incorporación en el Beagle (1831-1836), barco de la armada real británica cuya misión era cartografiar y documentar los recursos hidrológicos y geológicos de América del Sur y que, de modo colateral, le proporcionó gran experiencia en el conocimiento de las especies vegetales de los territorios que visitaba. En la última década de su vida, asistido por su hijo Francis, estudió el comportamiento vegetal y enfocó su interés en la biología de la raíz, hasta entonces ignorada por los botánicos. Nos

preguntamos el motivo por el cual las contribuciones de Darwin en este aspecto fueron casi olvidadas por un largo tiempo. Probablemente las causas hayan sido múltiples: la enorme publicidad alcanzada por *The Origin of Species*, el desconocimiento de su trabajo con las plantas o su descalificación por los botánicos renombrados de la época que consideraban a los Darwin como amateurs en este campo. Aun cuando sus trabajos se hicieron públicos, sus polémicas opiniones acerca de las plantas como organismos sensibles, adaptables, eficientes, con movimiento autónomo y comportamiento inteligente, lo dejaron fuera del campo de la botánica experimental durante más de un siglo. Recién en la primera década del siglo XXI se redescubren las ideas de Darwin y se replantea la tesis de que las plantas actúan como organismos inteligentes. Sin dudas, todavía queda mucho por saber acerca de este reino, sus diferencias con los humanos y sus capacidades para percibir distintas cosas como, por ejemplo, los encantos de la música (López Bucio, 2017).

En la pág. 55, bajo el título “La orientación”, luego de hacer referencia a escorpiones y murciélagos, se pone nuevamente como ejemplo a von Frisch y su descubrimiento acerca de las abejas, esta vez haciendo mención a las propiedades de sus ojos compuestos como mecanismo de orientación (ver Anexo, fig.17).

En la parte inferior de la página, en la sección “Actividades” se propone un interrogante para conversar con un compañero acerca de qué le permitió a von Frisch, en el siglo XX, llegar a una explicación detallada sobre el comportamiento de las abejas, cuando desde hacía mucho tiempo los apicultores ya habían notado dicho comportamiento. Sugiere relacionarlo con el proceso de investigación científica. Nos preguntamos si los estudiantes podrán deducir la causa de dicho logro, dado que hasta el momento no han tenido ningún relato completo de la evolución de las experiencias y del surgimiento del conocimiento científico con la correspondiente influencia del contexto en las diferentes etapas de su construcción.

Ocupando toda la mitad derecha de la página se encuentra la sección “El detalle”, resaltada con color, titulada “¿Las abejas bailan?”. En ella se hace un relato de “la danza de las abejas” y en la parte inferior se encuentra un esquema colorido cuya etiqueta verbal señala que representa el experimento de von Frisch y su observación de las distintas danzas de las abejas en semicírculos, para la ubicación del alimento, en tres posiciones estratégicas.

Consideramos que la escasa información hace que resulte difícil entender la construcción de este conocimiento. ¿Fue por casualidad? ¿Resultó ser fruto de la observación, libre de teorías? Son interrogantes que podrían plantearse los estudiantes y que, otra vez, quedan sin respuesta, o lo que es peor, podrían formar su propia versión libre de los acontecimientos

fijando una imagen de ciencia y de científico muy alejada de la que queremos transmitir.

Creemos que se podría construir una imagen más real de la figura del científico si se presentara a von Frish como un apasionado por las ciencias naturales que, desde su época de estudiante de zoología, desmontó muchas creencias erróneas acerca de cómo los animales percibían el mundo. Su vida transcurrió por tiempos duros cuando los nazis subieron al poder, dado que su abuelo era judío, pero, aun así, por su conocimiento sobre las abejas pudo salvarse, ya que un terrible parásito azotaba a los apicultores alemanes; por ello el ministro de agricultura solicitó a las autoridades que von Frish se pudiera quedar en su puesto para trabajar en una solución. Fue así que durante la guerra intentó ayudar a otros científicos menos afortunados que habían acabado en la cárcel. Sus estudios de un lenguaje simbólico de las abejas en principio no fueron reconocidos y hasta generaron burlas hacia él. Con el tiempo otros científicos hicieron nuevos estudios de la danza de las abejas concluyendo que las propuestas del zoólogo vienés eran correctas (Negro, 2019).

Capítulo 7: El control endocrino (pág.130 a 151)

El capítulo comienza con una carátula que abarca dos páginas en las que se destacan cuatro imágenes de adolescentes en grupo, cantando y riendo. Además, en la primera carilla localizamos otra imagen, más pequeña, de la publicidad de una película llamada “My Giant” con Billy Crystal. Debajo de esta se encuentra un recuadro titulado “Lo que se viene”, en el que se plantean ocho objetivos de aprendizaje. En la segunda carilla, en otro recuadro titulado “La famosa edad del pavo”, se relatan algunos cambios que se producen en la adolescencia. Debajo, en el sector denominado “Lo que sabés”, destacado en otro color, se enuncian cinco preguntas. La primera de ellas está en relación con el texto mencionado acerca de la “edad del pavo”. La segunda, solicita relacionar la foto de la película My Giant con los temas del capítulo. Las siguientes tres, son preguntas que apuntan a detectar los conocimientos previos y relacionar los conceptos.

Las sucesivas once páginas del desarrollo del capítulo abordan los siguientes temas principales: Los mensajeros químicos; las hormonas en la historia; las glándulas endocrinas; los receptores hormonales; las hormonas y la homeostasis: el control de la glucemia; el eje hipotálamo-hipofisario; las hormonas y el desarrollo; las hormonas y el comportamiento: el estrés; algunas hormonas y sus efectos y el control neuroendocrino. A lo largo de estas páginas se localizan tres recuadros en los que se proponen dos a tres actividades en cada uno. Además, observamos cuatro secciones “El detalle” con diversos datos accesorios, de las cuales una de

ellas será objeto de nuestro análisis.

A continuación, la sección “Ciencia en tus manos” abarca una página que aborda el uso de modelos en el aprendizaje de las ciencias. Propone trabajar, a partir de una lectura, con el objetivo de entender el modelo de regulación hormonal a partir del análisis del modelo de regulación del termostato de una estufa.

La siguiente sección “Leo, luego entiendo” comprende dos páginas, la primera titulada “Los famosos castrati” que analizaremos más adelante y la segunda “Los hijos de Gulliver en el cine” que trata de las características especiales relacionadas con el mal funcionamiento de la glándula hipófisis, a partir de los personajes de algunas películas.

Las “Actividades finales” abarcan dos páginas con nueve consignas, de las cuales analizaremos una de ellas, dado que integra algunos contenidos históricos.

Finalmente, la sección “La Posta” publica una entrevista de cuatro páginas, a la Dra. María Lidia Ruiz Morosini, acerca de la diabetes y su prevención.

Al comenzar el análisis detallado del capítulo localizamos que en la pág. 132, bajo el título “Los mensajeros químicos”, subtítulo “El concepto de hormona”, se menciona el trabajo de los fisiólogos ingleses William Bayliss (1860-1924) y Ernest Starling (1866-1927), a comienzos del siglo XX, acerca del funcionamiento del páncreas y su acción en la digestión (ver Anexo, fig.18). En principio creían que el sistema nervioso era el responsable de la liberación de los jugos pancreáticos, basándose en las ideas postuladas por el ruso Ivan Pavlov, quien explicaba la secreción del jugo gástrico por acción del nervio vago, al poner un trozo de carne en la boca de un perro. Para probar esta teoría, Bayliss y Starling, denervaron el páncreas del animal y observaron, con sorpresa, que seguía secretando su jugo. Continuaron investigando en busca de otro sistema de comunicación y finalmente identificaron una sustancia a la que dieron el nombre de secretina y plantearon que esos mensajeros químicos podían actuar “a distancia” sobre otros órganos. Los llamaron hormonas. Hoy se sabe que la molécula de secretina es una pequeña molécula de proteína.

Valoramos como un aspecto positivo la consideración de las experiencias anteriores en las que se basaron estos investigadores así como el relato un poco más detallado, que en las otras páginas analizadas, de la construcción del conocimiento, abarcando casi toda la carilla. De todos modos, aunque queda claro por qué descartaron la influencia del sistema nervioso en la secreción pancreática, el texto deja espacios en blanco acerca del descubrimiento de la secretina y del concepto de hormona ¿Cuáles fueron las experiencias o investigaciones que les permitieron identificarlas? ¿Cómo se llegó a reconocer, hoy en día, a la secretina como una molécula de proteína? ¿Qué áreas de investigación se han abierto desde que se acuñó el

concepto de hormona? No debemos olvidar que este concepto ha despertado un inmenso interés en una amplia variedad de áreas que van desde la química, bioquímica y biología molecular, al campo de la epidemiología.

En la parte superior izquierda se encuentra el retrato en blanco y negro de Ernest Starling y debajo otra imagen en blanco y negro que muestra a un grupo de personas observando una demostración de un científico. La resolución de la fotografía es de baja calidad; sin embargo, da una idea de la forma de trabajo de la época ayudando a contextualizar lo relatado en el texto. La etiqueta verbal aclara que se trata de William Baylis realizando la denervación del páncreas de un perro y menciona la controversia que generó este tipo de estudios con el uso de animales en las investigaciones científicas.

En la página contigua, 133, bajo el título “Las hormonas en la historia”, comienza destacándose la utilización del término “hormona” a partir de 1902 (ver Anexo, fig.19). A continuación, se relata cómo se fue gestando este concepto y en qué contexto. Se hace referencia al transporte de líquidos que planteaban los egipcios, luego a Hipócrates quien en la antigua Grecia (s. V a.C.) postulaba el concepto de humores (sangre, flema, bilis amarilla y bilis negra) y su desequilibrio como causa de enfermedades. También se menciona la relación que se planteaba de dichos humores con las estaciones del año, así como la vinculación con los temperamentos y el concepto de armonía al poseer una buena “mezcla” de humores. A continuación, se destacan las cuestiones planteadas en el Imperio Romano acerca de las hormonas y sus efectos. Se menciona a Sorano de Éfeso (s. II d. C.) quien fue considerado el gran “ginecólogo de la Antigüedad”, del que se conserva parte de su obra relacionada con la reproducción que incluye el concepto de menstruación. Luego se hace referencia a Galeno (129-216) y su idea del equilibrio entre la sangre y los humores para mantener la salud.

El texto concluye afirmando que, aunque estas concepciones prevalecieron durante siglos, hasta bien entrada la Edad Media no existía la idea de que hubiera humores especiales transportados por la sangre, dado que el concepto de circulación sanguínea sería planteado recién en 1628 por William Harvey (1578-1657).

En la parte inferior de la página, ocupando aproximadamente un cuarto de la misma, se encuentran dos imágenes, una en la que se observa un retrato antiguo en colores en el que se encuentran dos personas que parecen conversar. Su etiqueta verbal aclara que se trata de Hipócrates y Galeno, las dos figuras médicas más importantes de la Antigüedad. Consideramos que podría prestarse a confusión esta representación de un aparente diálogo cuando sabemos que no fueron contemporáneos. La imagen que se encuentra a la derecha muestra cuatro máscaras con diferentes gestos. En su etiqueta verbal podemos advertir que se trata de una

representación del carácter en relación con la teoría de los cuatro humores: colérico, melancólico, flemático y sanguíneo.

Consideramos muy positivo el hecho de que los contenidos referidos a historia de la ciencia ocupen -por primera vez- una página completa dentro del cuerpo central de desarrollo de contenidos y expresen un relato coherente de la construcción del concepto de hormona tal como se lo conoce en la actualidad.

De igual modo no podemos dejar de observar la escasez de información con respecto al contexto, situación que dificulta entender por qué recién en 1628 pudo establecerse que las hormonas circulan por el torrente sanguíneo o por qué se relacionaban con las estaciones o los temperamentos, situación bastante alejada del concepto actual de dichas sustancias químicas.

En la pág. 134, bajo el título “Las investigaciones en los siglos XIX y XX”, el texto, que ocupa media carilla, comienza citando a Aristóteles (s. IV a.C.) quien había descripto las consecuencias de la castración en la conducta de los gallos. Luego menciona que, recién 2000 años después, el médico alemán Arnold Adolph Berthold (1803-1861) corroboró sus ideas mediante las experiencias realizadas en 1849 (ver Anexo, fig.20).

Nos preguntamos qué situación llevó a que pasaran tantos años hasta comprobar las afirmaciones de Aristóteles. No hay ninguna referencia al contexto que nos permita comprenderlo.

Luego se hace referencia a los “antiguos médicos” que ya habían utilizado la “organoterapia” dado que creían que un órgano enfermo podía ser curado mediante la ingesta del mismo órgano sano. Queda el interrogante acerca de la época en la que actuaban los “antiguos médicos” y las causas por las que realizaban una afirmación que hoy resulta tan extraña.

A continuación, se menciona a Paracelso (1493-1541) quien aseguraba que la mejor cura para un órgano enfermo era administrar o implantar un órgano similar. Se ubica a este científico en el s. XVI; sin embargo, no queda claro si se incluye dentro de los “antiguos médicos”. La duda se genera porque, si bien se mencionan en el mismo párrafo, se utiliza la conjunción “y” para separarlos, como se transcribe a continuación: “Ya los antiguos médicos (...). Y en el s. XVI, Paracelso (...)”. De este modo podríamos deducir que al hablar de los antiguos médicos no se refiere a Paracelso.

El texto continúa con la mención del médico Thomas Addison (1793-1860), quien confirmó la relación entre una lesión en las glándulas suprarrenales y la enfermedad que lleva su nombre. Esto ocurre un año después de los experimentos de Berthold. También se señala que previamente ciertos experimentos habían demostrado que la inyección de un extracto de

estas glándulas podía aumentar la presión sanguínea. Consideramos que en este sentido es escasa la información ya que se debería especificar un poco más acerca de quienes llevaron a cabo esos experimentos, en qué época y de qué modo. Sin embargo, queremos destacar que la sola mención de antecedentes es un aspecto positivo para la imagen de ciencia que queremos construir.

El texto concluye mencionando al químico japonés Jokichi Takamine (1854-1922) quien en 1901 identificó y purificó la adrenalina y a los científicos Bayliss y Starling quienes presentaron en sociedad a su secretina. Se menciona que muchos otros estudios se realizaron antes y después del “hallazgo” de esta primera hormona. Nos queda la duda de cuántos fueron y en qué consistieron. Cabe destacar que el médico inglés George Oliver (1841-1915) y el fisiólogo inglés Edward Sharpley-Schäfer (1850-1935) -no mencionados en el texto- ya en 1895 habían demostrado que un extracto de glándulas suprarrenales elevaba la presión sanguínea.

Finalmente se alude a los endocrinólogos pioneros, quienes sostenían que cada glándula producía su propio mensajero químico con un determinado efecto y se indica que las nuevas investigaciones fueron ampliando los conocimientos con respecto a la interrelación entre las glándulas y las consecuencias de la deficiencia o el exceso de hormonas. Sin dudas nuevamente resulta escasa la información. ¿Cuáles fueron esas “nuevas investigaciones” que ampliaron los conocimientos?

Nos parece importante relacionar las investigaciones con la tecnología desarrollada, vínculo que permanece ausente en el texto. Por ejemplo, el surgimiento del radioinmunoanálisis, técnica presentada en 1956 por la física Rosalyn Yalow (1921-2011), luego Nobel de Medicina en 1977 y el médico Solomon Berson (1918-1972), permitió lograr un avance importante al posibilitar medir la cantidad de insulina presente en el suero, enriqueciendo luego el diagnóstico endocrino para otras hormonas e inclusive la investigación con otros elementos no endocrinos como el virus de la hepatitis en el plasma (Jácome-Roca, 2009).

En la parte final del texto se proponen dos actividades en forma de preguntas. Una indica relacionar el concepto de *consensus partium* y la “organoterapia” sin ninguna referencia bibliográfica de consulta. La siguiente propone buscar las diferencias y semejanzas entre los experimentos de Starling y Bayliss. Tampoco se indica dónde se pueden buscar los datos para responder este interrogante.

En la pág. 137, media carilla es dedicada a tratar el tema de la diabetes, aclarando que para saber más se puede leer “La Posta” al final de este capítulo (ver Anexo, fig.21). En la parte inferior derecha de la página se encuentra un recuadro coloreado titulado “Actividades” que

posee tres consignas, la primera de ellas se refiere al significado de la palabra “Diabetes mellitus”, la segunda interroga acerca de los métodos utilizados para diagnosticarla cuando no existían los métodos actuales y la tercera afirma que en la Edad Media a la diabetes se la llamaba “mal de la orina” debido a la gran cantidad de este líquido que producían los pacientes y propone averiguar cuál es la causa.

Si bien los interrogantes presentados tienen que ver con conceptos relacionados con la historia de esta enfermedad, no se otorgan los datos necesarios para responderlos en esta página ni en el anexo “La Posta”, como tampoco se otorgan referencias bibliográficas ni sitios web que puedan contener la información.

En la pág. 140, titulada “Las hormonas en el embarazo, el parto y la lactancia” se encuentra un recuadro coloreado, en el margen izquierdo, correspondiente a la sección “El detalle” que relata la historia de los métodos de detección del embarazo (ver Anexo, fig.22). Comienza citando a los alemanes Bernhard Zondek (1891-1966) y Selmar Achheim (1878-1965) los que, en 1927, detectaron que, si inyectaban orina de una mujer embarazada en ratones, se activaba el celo en estos animales, considerándose así los autores de la primera prueba de embarazo. Años después se utilizaron conejos, a los que había que sacrificar para verificar la ovulación, luego de haberles inyectado la orina. Posteriormente el *test* de la rana y su liberación de espermatozoides luego de la inyección resultó la mejor alternativa durante años dado que no era necesario matar a los animales. Esta técnica se basó en los estudios de los argentinos Carlos Galli Mainini (1914-1961) y Eduardo de Robertis (1913-1988). Finalmente llegaron los *tests* de embarazo actuales que detectan la gonadotrofina coriónica humana en la orina mucho más fácilmente y en pocos minutos.

Debajo del recuadro se encuentra una fotografía de un test de embarazo casero actual. Su etiqueta verbal menciona la hormona producida por la placenta y detectada tanto en métodos caseros como en los de laboratorio. Creemos que sería conveniente incluir imágenes que reflejen la evolución histórica de estos métodos.

Si bien resulta útil el relato que muestra los antecedentes de la prueba de embarazo que se emplea actualmente, consideramos que faltan datos que determinen los períodos de tiempo que transcurrieron a partir de los primeros creadores, en 1927, así como algunos detalles que permitan entender la razón por la que se fueron modificando y la tecnología que permitió la elaboración de las pruebas caseras y de laboratorio actuales.

Consideramos que sería relevante mencionar la figura de Margaret Crane (n. 1939), una inventora y diseñadora gráfica de los Estados Unidos que, trabajando en una línea de cosméticos para Organon Pharmaceuticals y sin tener experiencia previa en ciencias, en 1967 vio la

posibilidad de adaptar la prueba de embarazo que se realizaba en el laboratorio, en una experiencia privada que se realizara en el hogar. Este modelo se vendió en los años 70 y evolucionó hacia un diseño más sencillo y rápido. Valoramos la acción de alguien que, sin ser científico, vio y entendió cómo un proceso científico puede ser acercado al público en general. (Instituto Nacional de propiedad industrial de Chile [INAPI] 2020).

En la pág. 144, en el apartado “Leo, luego entiendo”, con el título “Los famosos *castrati*” se hace un relato histórico de la castración en los seres humanos, practicada durante siglos, en todas las épocas y regiones (ver Anexo, fig.23). Se indica como causa principal de la misma el mantenimiento de la voz aguda en los hombres adultos, cuestión importante para la música durante la Edad Media y siglos posteriores. Se mencionan las 4000 castraciones anuales en niños de entre 8 y 11 años, que se practicaban en el siglo XVIII, para conseguir voces que “glorificaran a Dios” y que el público de la época idolatraba, así como para que las familias de estos niños pudieran tener un buen futuro económico, dado que los ídolos de la época cobraban fortunas en los teatros europeos. Si bien este procedimiento fue prohibido, los *castrati* continuaron cantando en las iglesias italianas hasta comienzos del siglo XX. Se menciona a Carlo Broschi (1705-1782), conocido como Farinelli, a quien el público lo aclamaba al grito de “¡Viva el cuchillo!” y a Alessandro Moreschi (1858-1922), del que se conserva un documento histórico sonoro grabado en El Vaticano en 1902.

Nos preguntamos por qué las personas podrían disfrutar de las consecuencias de una acción que hoy parece tan tremenda, cuál es la razón por la que la Iglesia podría aprobar y estimular dichas prácticas. Evidentemente el texto necesitaría una mayor descripción del contexto e ideas de la época para que el estudiante pueda comprender dichas acciones.

No nos olvidemos que, durante siglos, la historia de la humanidad ha experimentado acontecimientos que limitaron derechos al amparo de ciertas creencias, aunque hoy nos resulte algo fantasioso e inverosímil. Se dice que los primeros en practicar la castración fueron los persas que, junto a los turcos, elegían a los eunucos para la educación de sus hijos. Los que lo hacían en contra de su voluntad adquirían la condición de esclavos. Hasta principios del siglo XX era legal castrar a los niños para los espectáculos musicales; no es extraño ver artistas eunucos en Italia. Hasta mediados del siglo XIX se veía en la puerta de ciertos barberos de Nápoles el cartel “*qui si castrano maravigliosamente i putti*” (“aquí se castran los niños a las mil maravillas”). Estos sorprendentes barberos afeitaban, sacaban muelas e incluso castraban a los niños cuyas familias querían que llegasen a ser músicos del Sumo Pontífice (Díaz Ariza, 2015).

La página presenta tres imágenes, un retrato de Farinelli realizado por el pintor Jacopo

Amigoni (1682-1752) alrededor de 1750, una foto en blanco y negro de Alessandro Moreschi, el último *castrato* y el único de quien se conserva registro de su voz, según se expresa en la etiqueta verbal. Aquí se lo ve parado junto al piano, supuestamente interpretando alguna obra y, por último, una imagen de la promoción de la película Farinelli, “*Il castrato*”, que según se expresa en el pie de imagen, se basa en la vida de Carlo Broschi, quien podía mantener una nota durante un minuto sin respirar. Creemos que las imágenes presentadas son adecuadas y complementan lo expresado en el texto. Las actividades que se presentan al final de la página consisten en siete preguntas de tipo descriptivas que pueden responderse con el contenido presente en el texto.

En la pág. 146 se encuentran las “Actividades finales” (ver Anexo, fig.24). La primera de las seis consignas de esta carilla indica resolver cuatro preguntas referidas a las hormonas en la historia. Estas apelan al criterio del alumno para elegir entre las afirmaciones de distintos científicos, recuperar los conceptos que se han presentado en las distintas culturas y tiempos, relacionarlos con los actuales y elaborar argumentos para refutar ideas que en la actualidad podemos considerar erróneas. Creemos que es un buen ejercicio para integrar y establecer un criterio que les permita a los estudiantes tomar conciencia de la evolución de los conocimientos a lo largo de la historia. En la parte final derecha de la página se localiza una imagen cuya etiqueta verbal indica que se trata de una pintura, realizada en 1631 por José de Ribera, la cual representa a Magdalena Ventura de los Abruzos, una mujer italiana y madre de siete hijos que padecía hirsutismo. La imagen está relacionada con una consigna que resulta ser un subítem de la sexta propuesta de resolución de situaciones de esta página. Luego de hacer referencia a la presentación en los circos de las mujeres barbudas, se interroga acerca de la causa del hirsutismo. Nos parece importante esta presentación de una famosa obra, encargada por el duque de Alcalá, Virrey de Nápoles, al pintor José de Ribera. El artista, quien se dedicó a pintar con crudeza a mendigos y seres deformes, refleja a la mujer junto a su marido y un niño en brazos (Jácome-Roca, 2009).

Teniendo presente que habitualmente no se consideran los contenidos históricos en la elaboración de las actividades finales, creemos que, aunque representen una ínfima parte de las consignas totales, de todos modos, resulta ser un avance para la elaboración de la imagen de ciencia que pretendemos transmitir. Destacamos fundamentalmente la relación que se presenta

entre el arte y la ciencia, dando una mirada amplia y externalista de la misma.

Capítulo 8: El control endocrino en animales y plantas (pág. 152 a 169)

El capítulo comienza con una carátula que abarca dos páginas en las que se destacan las imágenes de diferentes animales. En la parte izquierda de la primera carilla se encuentra el recuadro titulado “Lo que se viene” en el que se enuncian seis objetivos de aprendizaje del capítulo. Cabe destacar que el último de estos hace referencia al análisis de los resultados de experimentos históricos de la ciencia. En la parte derecha de la segunda carilla se encuentra un recuadro superior titulado “¿Animales afrodisíacos?” en el que se relata brevemente la creencia, en determinadas culturas, de las propiedades afrodisíacas del consumo de ciertas partes de algunos animales. El recuadro que se encuentra en la parte inferior de la carilla se titula “Lo que sabés” y contiene cuatro preguntas, las cuales apuntan a la relación de los contenidos, su interpretación, la opinión de los estudiantes y la expresión de sus ideas previas.

A continuación, las siete páginas del desarrollo central del capítulo presentan los siguientes temas principales: Las respuestas hormonales de los seres vivos; la acción hormonal en los invertebrados; las hormonas en los vertebrados; la regulación hormonal en los animales; las hormonas vegetales. En dichas páginas encontramos cuatro recuadros en los que se proponen de una a tres actividades en cada uno de ellos. También localizamos cuatro secciones “El detalle” en las que se relatan curiosidades referidas a los temas planteados.

La sección “Ciencia en tus manos” abarca una página que se titula “Los experimentos: el análisis de los resultados” y será objeto de nuestro estudio posterior. En el apartado “Leo, luego entiendo”, que incluye dos páginas, se tratan los temas del cambio de color y camuflaje en los animales y los mecanismos de competencia en las plantas. Las “Actividades finales” comprenden dos páginas con nueve consignas, de las cuales una se refiere a la experiencia histórica que trataremos más adelante. Finalizan con un recuadro titulado “No te lo pierdas” con referencias bibliográficas y sitios web de consulta. En la sección “La Posta” que ocupa cuatro páginas, bajo el título “Mascotas celosas”, se publica una entrevista al médico veterinario Felipe Berard acerca del celo de los animales y la castración, entre otros temas relacionados.

Para comenzar el análisis de los contenidos debemos expresar que el único tema del capítulo relacionado con la historia de la ciencia es el referente a los experimentos que analizaremos a continuación.

En la pág. 161, en el apartado denominado “Ciencia en tus manos” se trata el análisis de los resultados de los experimentos (ver Anexo, fig.25). El texto comienza expresando que

diversos experimentos realizados a lo largo de la historia de la ciencia fueron aportando evidencias de la existencia de sustancias vegetales que se comportan como hormonas. A continuación, se propone leer tres experiencias y analizar los resultados:

-Experiencias de Charles Darwin y su hijo Francis en el año 1880: Se menciona que estudiaron el fototropismo, iluminando desde distintos ángulos plantas de alpieste. Esto se complementa con tres imágenes en cuya etiqueta verbal se relata lo que realizaron en cada plántula y el resultado obtenido. Recordemos que en la pág. 50 del capítulo 3 ya se había presentado esta experiencia.

-Experiencias de Peter Boysen-Jensen (1883-1960) en el año 1913: Como dato importante comienza diciendo que continuó con las investigaciones de los Darwin y relata brevemente las experiencias. Este relato se complementa con la presentación de dos imágenes cuya etiqueta verbal da mayores detalles de lo realizado en dos plántulas y el resultado obtenido.

-Experiencias de Fritz Went (1903-1990) en el año 1913: Comienza indicando que este investigador avanzó sobre la identificación de las causas de la curvatura de las plantas al ser iluminadas. Luego relata las experiencias realizadas, el resultado obtenido y concluye diciendo que a partir de esta experiencia pudo aislarse e identificarse la sustancia responsable de la curvatura de las plantas, que fue la primera hormona vegetal conocida. No se presenta ninguna imagen alusiva.

El texto se complementa con cuatro preguntas para aplicar lo leído anteriormente. La primera interroga acerca de las conclusiones de las experiencias que realizaron los Darwin. La segunda propone establecer la relación entre las experiencias de Boysen-Jensen y las que hicieron los Darwin. La tercera sugiere determinar la función de la lámina de mica que utilizó Boysen-Jensen y las conclusiones de este. La cuarta, pregunta acerca de la función de la luz.

Consideramos muy positivo el hecho de relatar las experiencias, dejando entrever o expresando abiertamente que cada una se basa en los resultados de las anteriores, así se muestra un trabajo colaborativo de construcción del conocimiento científico, alejado de genios que partiendo de la nada “descubren la verdad”.

En la pág. 165, entre las actividades finales que integran todos los contenidos del capítulo, la última -de nueve consignas propuestas- se refiere a la experiencia realizada por Fritz Went en 1913 (ver Anexo, fig.26). Se presentan cuatro imágenes que representan los pasos de la experiencia, la cual -como habíamos expresado- no presentó ilustraciones en el desarrollo del texto. Luego se observan tres ítems que proponen: responder qué pretendía investigar Went con esta experiencia, qué antecedentes tuvo en cuenta para realizarla y redactar un párrafo para cada uno de los cuatro pasos que se presentan en el esquema. Nos resulta valioso que se retome,

en las actividades finales, el tratamiento de las experiencias históricas ya que esto le da mayor significancia al tema. Además, recordemos que constituye uno de los objetivos de aprendizaje que se encuentran redactados en el inicio del capítulo.

Valoración general

Los capítulos analizados se componen de un total de noventa y nueve páginas, de las cuales aproximadamente el 19% presenta al menos un concepto referido a la historia de la ciencia. En la mayoría de las páginas estos contenidos están ubicados en secciones apartadas, destacadas, separadas del desarrollo general de las temáticas abordadas, excepto en cinco de ellas en las que la historia de la ciencia ocupa una posición central e integrada al relato del contenido tratado.

Creemos que los datos proporcionados resultan escasos para favorecer la comprensión de la construcción del conocimiento científico por parte de los estudiantes. Al explorar en sus relatos detectamos muchos interrogantes que quedan sin respuesta. Sin embargo, queremos destacar, en principio, algunos aspectos positivos que surgen del análisis detallado de las páginas de los capítulos seleccionados:

- La vinculación entre el contenido histórico y científico, al relatar aspectos de la vida de Claude Monet, sus problemas en la visión y su relación con el jefe de gobierno francés. Resulta muy interesante la consideración, en este relato, de la relación ciencia-sociedad-arte y la propuesta para investigar el contexto.
- La presentación de la sinestesia como un conocimiento que se va construyendo a lo largo del tiempo, producto de un trabajo en equipo, considerando las hipótesis planteadas.
- El enfoque externalista que se distingue al relacionar el mecanismo de orientación de los murciélagos con la construcción de sonares, luego de la tragedia del Titanic.
- La consideración de las experiencias previas en las que William Bayliss y Ernest Starling basaron sus trabajos acerca de la secretina.
- La construcción del conocimiento científico referido al origen y la evolución del concepto de hormona, presentado de un modo coherente e integrado al contenido

desarrollado en el cuerpo principal del capítulo.

No podemos dejar de mencionar algunas falencias que hemos detectado en el desarrollo de los contenidos:

- En varias ocasiones se evidencia la falta de contexto en los contenidos abordados, por ejemplo, al hacer referencia a la utilización de la “organoterapia” o a la castración de los seres humanos ¿cómo podría el estudiante comprender estas acciones que resultan tan alejadas de la realidad actual, sin ubicarse en las condiciones culturales y sociales de la época? En forma general predomina la presentación de trabajos aislados, como producto de mentes brillantes. El descubrimiento de “la verdad” triunfa sobre el conocimiento provisional sujeto a cambios.
- Algunas imágenes son poco atractivas o colaboran a la confusión del estudiante al momento de analizar el texto. Otras, que deberían reflejar un diseño experimental relatado, no cumplen su finalidad, es decir no presentan relación con el texto escrito.
- Las actividades de aprendizaje relacionadas con la historia del contenido presentado son escasas, ocupan una posición relegada dentro de las actividades finales de repaso o no existen. En algunas de las páginas analizadas se propone investigar acerca de los temas tratados; sin embargo, no se proporciona ninguna bibliografía de consulta. La sección en la que se destaca un mayor número de actividades en relación a la historia de la ciencia es “Leo, luego entiendo” en la que se presentan de cuatro a siete consignas al respecto.
- Si bien algunas experiencias históricas se presentan como resultados acabados, otras toman en consideración las experiencias anteriores en las que se basaron, dando la idea de un proceso en constante revisión.

Luego del análisis general, concluimos que el texto cumple algunas de las indicaciones del diseño curricular vigente acerca de la presentación de las experiencias históricas. Sin embargo, estas sugerencias no son totalmente acatadas. Por ejemplo ante la propuesta de generar situaciones de enseñanza a partir de los estudios de respuestas instintivas en animales por parte de Lorenz y Tinbergen, el texto sólo ofrece la mención de dichos investigadores; o ante la invitación a examinar la experiencia de Charles y Francis Darwin para poder reproducirla en clase, sólo se relata brevemente la misma sin sugerir su replicación.

Algunos de los experimentos relacionados con el páncreas y la glucemia mencionados

en el diseño no son presentados en el texto, a saber: los experimentos de Joseph Von Mering y Oskar Minkowski, el aporte de Frederick Banting y Bernardo Houssay. Tampoco se presentan situaciones de trabajo con preguntas, hipótesis, discusiones, dando oportunidades, como solicita el currículo, de entender la lógica de la experimentación.

Concluimos que en la mayor parte del texto no es posible comprender la forma en que se construyeron los contenidos presentados dado que parecen surgir por casualidad, como producto de un trabajo individual, por experimentaciones aisladas del contenido teórico y sin mencionar los antecedentes. Esto podría contribuir a formar, en los estudiantes, una imagen de ciencia alejada de la que queremos construir. Sin embargo, valoramos las intervenciones históricas que se realizan y consideramos que queda abierta la posibilidad de extender y potenciar esta incipiente mirada de la ciencia que se presenta en algunas de sus páginas.

- 2) **Liberman, D.; Martínez Filomeno, M.; Collado, C.; Chirino, V. e Irigoyen, P. (2011) *Biología. Flujo de información y funciones de relación, integración y control. ADN, genes y proteínas*. Buenos Aires: Serie conecta 2.0. Ediciones SM. (L 2)**

Presentación general

Los contenidos que nos proponemos analizar, correspondientes a la Unidad N° 1 del diseño curricular, se encuentran comprendidos en los capítulos 1, 2 y 3 del texto. Los indicados en la Unidad N° 2 del diseño, se localizan en el capítulo 6 del texto.

Podemos afirmar que este libro contiene temas relacionados con la historia de la ciencia. Si bien resultaría conveniente desarrollarlos con mayor profundidad, consideramos de mucha importancia el hecho de que la mayor parte de dichos contenidos se encuentren localizados dentro del desarrollo central del capítulo e integrados al relato principal del mismo, mediante imágenes con etiquetas verbales, textos escritos o ambas cosas. Sólo en tres ocasiones observamos la presencia de datos históricos en las pequeñas secciones, resaltadas y apartadas, denominadas “Conecta más” y en una oportunidad se presenta una experiencia histórica en el apartado titulado “Experiencias”. Sólo en uno de los capítulos se hace referencia a la historia de la ciencia dentro de las “Actividades de integración y repaso”. Los capítulos analizados cuentan con un mínimo de 16 y un máximo de 24 páginas, de las cuales entre 3 y 5 páginas de cada uno presentan al menos algún contenido de historia de la ciencia. Haciendo un balance cuantitativo podemos decir que en el capítulo 1 estas páginas constituyen el 31% del total; en el capítulo 2 el 17%; en el capítulo 3 el 21% y en el capítulo 6 el 25%. Valoramos la presencia

de contenidos afines a la historia de la ciencia en todos los capítulos analizados, así como su ubicación integrada al desarrollo de los temas, en lugar de la presentación, habitual en muchos textos, como compartimentos separados del resto de los contenidos o simplemente como introducción del capítulo.

Descripción y análisis de los capítulos seleccionados

Capítulo 1: Relación y control en los seres vivos (pág. 6 a 21)

El capítulo comienza con una carátula que abarca dos carillas, en la que se destaca la fotografía de un ave. En la parte inferior de ambas páginas, bajo el título “Organizador previo”, se encuentra un mapa conceptual que refleja el modelo estímulo-respuesta como causante del equilibrio interno. En la parte derecha de la segunda carilla se localiza un breve texto al respecto. Por debajo, destacado en color, en un recuadro que se titula “Para conversar antes de empezar” se plantean tres preguntas a fin de indagar las ideas previas de los estudiantes.

En la tercera carilla del capítulo (pág. 8), el apartado “Ciencia en contexto”, bajo el título “La percepción de la realidad”, presenta una adaptación del artículo “Percepción: ¿realidad o ficción?”, de Juan Carlos Dávila, profesor de Genética de la Universidad de Málaga, España. Al final del extracto se indica el sitio web del cual se extrajo el artículo. En la parte inferior de la carilla se localizan tres preguntas, tituladas “Para charlar y pensar”, que invitan a discutir e intercambiar ideas acerca del tema en cuestión.

Las siguientes once páginas constituyen el desarrollo central del capítulo y constan de los títulos principales que se mencionan a continuación: Los seres vivos se relacionan con el medio externo. Los seres vivos son sistemas abiertos. El modelo estímulo-procesamiento-respuesta: un patrón en común. La percepción de los estímulos: ni todos, ni igual. La comunicación: una cuestión de supervivencia. Respuestas que se saben, respuestas que se aprenden. Las respuestas de los seres vivos, la selección natural y la herencia. Mecanismos de elaboración de respuestas en los organismos. Las células también se comunican. Los seres vivos como un cúmulo de información.

A lo largo de estas páginas se encuentran nueve recuadros con una a tres actividades propuestas en cada uno. También se presentan cuatro recuadros destacados en color, titulados “Conecta más”, en los que se completa la información. Una sección “Conecta 2.0” indica un sitio web para acceder a un video. Tres apartados “Conecta significados” indican las

definiciones de una o dos palabras correspondientes al vocabulario científico utilizado.

La página que se presenta a continuación del desarrollo de las temáticas mencionadas corresponde a la sección “Experiencias”. En ella se propone trabajar “El experimento de los Darwin” que será objeto de nuestro análisis posterior. El capítulo concluye con las “Actividades de integración y repaso” que exponen cuatro consignas generales con algunos ítems para responder. En la parte final de esta página se destaca una autoevaluación que propone responder diez ítems acerca de los temas vistos.

Para comenzar el análisis histórico de los temas desarrollados en este capítulo debemos remitirnos a la pág. 15 en la que, bajo el título “Respuestas que se saben, respuestas que se aprenden”, se hace referencia a los instintos y las señales (ver Anexo, fig.28). Luego se presenta una imagen al respecto, a mitad de página, que abarca aproximadamente un cuarto de carilla. La etiqueta verbal expresa que se trata de la experiencia realizada en 1937 por Tinbergen, un clásico ejemplo de estímulo-señal. El esquema presenta la imagen del pez espinoso macho con el vientre rojo, acompañado de un recuadro colorido con el relato de la observación. Luego se presentan los modelos que Tinbergen colocó junto al pez macho para verificar en qué circunstancias existía un comportamiento agresivo territorial y finalmente la conclusión, en otro recuadro colorido, expresa que un patrón de acción fija no se manifiesta hasta que el organismo se encuentra con el estímulo-señal.

En el margen derecho, en la parte inferior de la carilla, se encuentra un recuadro denominado “Actividades” que contiene tres preguntas. La primera propone analizar el caso de las lagartijas presentado en una página anterior. La segunda solicita identificar el patrón de acción fijo en los machos y en las hembras en el caso del pez espinoso. El tercer punto interroga acerca de la causa por la que el pez espinoso macho no ataca al modelo similar sin el vientre rojo y la posibilidad de que atacara a cualquier otra especie que tuviera el vientre rojo.

Consideramos que la presentación de estas actividades favorece la lectura del esquema presentado y las reflexiones acerca del mismo, dado que en el desarrollo del texto no se retoma en ningún momento esta experiencia, a fin de relacionarla con el contenido teórico expuesto. Si bien es una experiencia válida como ejemplo de estímulos o señales, no se muestra como proceso sino como un resultado acabado que surgió de la nada, dado que se presenta aislada de otros datos que indiquen el camino que realizó Tinbergen, las preguntas que se hizo, los objetivos que tenía y las consecuencias que produjo.

Resultaría de utilidad mencionar algunos antecedentes de Tinbergen para poner en contexto la breve experiencia relatada. Fue un gran naturalista del siglo XX, considerado uno de los fundadores de la etología, la cual comenzó a consolidarse como una rama de la Biología

en la década de 1930, antes de la Segunda Guerra Mundial. Junto con Konrad Lorenz fue uno de los mayores exponentes europeos en el área. Lorenz trabajaba con un enfoque más observacional e interpretativo, mientras que Tinbergen era más verificativo y experimental. Otorgó un valor significativo a la etología al enfatizar la importancia de formular una pregunta de investigación clara y mostró la significación de comprender los “pequeños” problemas de la naturaleza para entender los “grandes” problemas del universo (Montoya y Gutiérrez, 2007).

En la pág. 16, bajo el título “Las respuestas de los seres vivos, la selección natural y la herencia”, se cita la teoría de la evolución por selección natural postulada por Charles Darwin, afirmando que esta puede aplicarse para explicar la existencia de las estructuras necesarias para captar los estímulos, los mecanismos para procesarlos y los comportamientos de los animales (ver Anexo, fig.29).

Si bien podría resultar escaso el desarrollo del contenido de la teoría de Darwin, consideramos que, al ser un tema propuesto para segundo año, los estudiantes deberían tener incorporados los contenidos mínimos necesarios para realizar su interpretación. De hecho, uno de los bloques de contenidos prescriptos por el diseño curricular de la Dirección General de Cultura y Educación de la provincia de Buenos Aires para segundo año de educación secundaria, incluye la teoría de la selección natural, su origen histórico y la comparación de las ideas de Darwin y Lamarck, entre otros temas.

En la parte inferior izquierda de la página, en la sección denominada “Actividades”, se propone aplicar la teoría evolutiva de Darwin en una discusión en pequeños grupos acerca del comportamiento de la zarigüeya frente al ataque de sus depredadores. Este comportamiento se describe en la etiqueta verbal que se encuentra debajo de la fotografía del animal, la cual ocupa la parte inferior de la carilla. Consideramos que es válida la estrategia de aplicar el conocimiento adquirido a una nueva situación propuesta.

En la pág.18, se presenta el tema “Las células también se comunican” (ver Anexo, fig.30). En la sección “Conecta más”, ubicada en un recuadro destacado y coloreado en el margen izquierdo de esta carilla, se relata brevemente la demostración de las enfermedades autoinmunes. En principio se hace mención al inmunólogo alemán Paul Ehrlich quien, hace más de cien años, propuso que el sistema inmune no atacaba a células propias del cuerpo. Luego se menciona al médico austríaco Karl Landsteiner (1868-1943) quien, dos años después (en 1904), demostró lo contrario al descubrir la primera enfermedad autoinmune.

Resaltamos la importancia de mencionar un antecedente científico, en este caso contrario a la demostración final. Sin embargo, quedan varios interrogantes sin responder, ¿Cómo llegó Ehrlich a la conclusión expuesta en el texto? ¿Por qué Landsteiner sólo dos años

después del trabajo de Ehrlich arriba a una conclusión opuesta? ¿Eran realmente opuestas sus posturas? ¿Qué fue lo que cambió? ¿Qué preguntas llevaron a Landsteiner a continuar investigando a pesar de la afirmación emitida poco antes por su colega alemán? La construcción del conocimiento queda truncada en gran medida por la brevedad del texto en cuestión. Los estudiantes podrían formarse la idea de que se ha llegado finalmente a la “verdad”, contrariamente a la noción de conocimiento provisional que queremos transmitir.

Consideramos importante aportar algunos datos que permitan comprender lo relatado en el texto. En 1901 Ehrlich empleó la expresión *horror autotoxicus* para referirse a la formación de autotoxinas nocivas para el propio individuo. Pensaba que, como algunos anticuerpos dirigidos contra los antígenos de los propios tejidos pueden causar lesiones o una acción tóxica (de acuerdo a la terminología de la época), el organismo debería disponer de mecanismos que evitasen la formación de anticuerpos contra sus propios componentes para que no se alterase el estado de salud. Es decir, Ehrlich ya había sugerido la necesidad de pensar en posibles fallos de la regulación interna de la respuesta inmunitaria para poder explicar algunas patologías. En 1904 Landsteiner (Premio Nobel de Medicina en 1930) y Julius Donath (1870-1950) encontraron que en una rara enfermedad (hemoglobinuria paroxística nocturna) el sistema inmune generaba una respuesta contra sus propias células. De este modo Landsteiner demostró que el concepto de *horror autotoxicus* debía replantearse y que, en algunos casos, las respuestas autoinmunes podían generar enfermedades. Debemos decir que, en los comienzos del siglo XX, el lenguaje de Ehrlich acerca de la inmunología no era aceptado por otros investigadores como Landsteiner, quien se caracterizó por sus estudios de laboratorio y la precisión con la que escribía sus artículos. A lo largo del siglo XX, el término propuesto por Ehrlich ha sido empleado frecuentemente para enunciar la idea de que la producción de anticuerpos contra los propios componentes estaría prohibida. Quizá la interpretación de esas palabras no coincidía en forma precisa con la de su autor. No olvidemos que este ya había sugerido la necesidad de pensar en posibles errores de la regulación de la respuesta inmunitaria para poder explicar algunas patologías (Ortíz Maslloréns, 2000; Jácome Roca, et al. 2009).

La pág. 19 lleva como título “Los seres vivos como un cúmulo de información” (ver Anexo, fig. 31). En ella se hace un breve relato acerca de la información genética que portan los individuos, su expresión y la capacidad de los humanos de elegir sus propios fines y comportamientos. En la parte inferior de la carilla se encuentran dos fotografías en blanco y negro. La primera muestra un hombre de frente con una especie de casco de hierro en la cabeza y la segunda lo muestra de perfil. En la etiqueta verbal se cita a Cesare Lombroso (1835-1909), médico y criminalista italiano, y se mencionan sus afirmaciones acerca de la influencia de la

herencia y la presencia de ciertos rasgos físicos en la condición de los criminales. Luego se afirma que los científicos actuales no acuerdan con esta idea. En forma paralela a las imágenes existe un recuadro con “Actividades” que contiene tres puntos a resolver. Los dos primeros apuntan a interpretar los conceptos mencionados en el texto y el último de ellos propone que los alumnos opinen acerca de la teoría de Lombroso y argumenten sus ideas.

Consideramos que la sola presentación de una imagen, con su breve etiqueta verbal, resulta insuficiente para que los alumnos puedan comprender las razones de semejante afirmación refutada en la actualidad. ¿En qué se basó Lombroso? ¿Cuál era el contexto social? ¿Resultaba válido estigmatizar a una persona por sus rasgos físicos? ¿Existían los derechos humanos? Al proponer en las actividades la argumentación de ideas de los alumnos, sin mencionar bibliografía complementaria, es posible que estos carezcan de los fundamentos necesarios para poder elaborar un criterio válido.

Sería conveniente recordar que Lombroso buscó los orígenes biológicos del crimen y su mayor descubrimiento fue la pequeña cavidad de la parte occipital del cráneo del bandido calabrés Villella, realizado durante la autopsia. Si bien este descubrimiento posteriormente fue desmentido por los científicos actuales, no podemos dejar de mencionar que las teorías de Lombroso han tenido influencia a nivel práctico y policial, dando paso al concepto de peligrosidad social. Otra huella muy fuerte que ha dejado Lombroso fue el estudio de las identificaciones criminales. Tan es así que muchos continuaron su obra para distinguir los criminales inmediatamente después del arresto. Por lo tanto, se hacían medidas antropométricas completadas con las huellas digitales, fotografías policiales y en tiempos más recientes también el ADN. Lombroso tuvo muchísimos adversarios y enemigos. La oposición venía no sólo por parte de los penalistas sino también de la Iglesia que afirmaba que sus teorías llevaban a un determinismo del derecho penal, negando el concepto del libre albedrío, uno de los puntos en que se basa la doctrina de la Iglesia. Podemos decir que hoy en día, si bien nadie afirma la existencia de una cavidad en el cráneo que pueda determinar la autoría de un crimen, hay un cierto determinismo biológico en la neurociencia y en la genética molecular a partir de las que se define la neurocriminología (Musumeci, 2014).

La anteúltima carilla (pág.20), destacada con fondo de color se titula “Experiencias” (ver Anexo, fig.32). En ella se propone recrear el experimento histórico de Charles Darwin y su hijo Francis Darwin acerca del fototropismo, al que ya nos hemos referido en la descripción de L1. En primer lugar, se menciona que estos naturalistas se preguntaron en qué parte de la planta estarían los receptores que captan la luz. A continuación, se proponen los materiales y el procedimiento para llevar a cabo la experiencia. Se otorga una serie de pasos detallados para su

realización, sin dejar espacio al estudiante para elegir los materiales o la forma en que desea recrear el experimento histórico, situación que a nuestro entender hubiera proporcionado mucho más riqueza al aprendizaje de diseños experimentales. En ningún momento se transcribe la experiencia original de Darwin. La única frase que relaciona la propuesta con la experiencia histórica se encuentra en la parte de “análisis y conclusiones”, donde una de las cuatro consignas planteadas indica discutir si la afirmación que se transcribe a continuación es verdadera o falsa: “Charles Darwin y su hijo concluyeron que algún factor se transmitía desde la punta de la planta hacia las regiones inferiores, causando su curvatura”. Se propone fundamentar la respuesta de acuerdo con sus observaciones. Las otras consignas se refieren a la localización de los fotorreceptores, la curvatura del tallo y la realización del informe de laboratorio.

En la parte superior derecha se encuentra una fotografía de una plántula con su ápice cubierto con papel aluminio. La misma no tiene etiqueta verbal pero se encuentra relacionada a uno de los pasos propuestos en la experiencia. En la parte inferior derecha se muestra una imagen de un cuadro de doble entrada. Si bien no presenta etiqueta verbal, en el paso 5 del procedimiento se indica que deberán completarlo con el registro de las observaciones de las plantas cada dos días.

Consideramos que así planteada la experiencia poco tiene de histórica, dado que simplemente se da una receta para cumplimentarla, sin detallar la forma en que Darwin la planteó, en qué contexto, por qué eligió esos materiales para trabajar, qué avances logró y en qué datos se apoyó para iniciar su investigación. Creemos que el recorrido de ese camino haría mucho más productiva la propuesta de recreación de esta experiencia histórica.

Capítulo 2: Estímulos y respuestas en las plantas (pág. 23 a 39)

El capítulo se inicia con una carátula que abarca dos páginas, en las que se destaca una imagen de un pastizal con muchas margaritas. En la parte inferior, abarcando las dos carillas, se encuentra el “Organizador previo” que consiste en un mapa conceptual, el cual presenta los temas a trabajar. En la parte derecha de la segunda carilla, debajo del título principal, un breve texto relata el cambio que hubo, a lo largo de los siglos, desde el concepto de plantas como seres inmóviles hasta el de seres que perciben estímulos, procesan información y elaboran respuestas. Por debajo de dicho texto, bajo el título “Para conversar antes de empezar” se encuentran cinco consignas que indagan acerca de las ideas previas de los alumnos con respecto al movimiento de las plantas, la comunicación de las mismas, la captación de los estímulos y

sus respuestas.

El apartado “Ciencia en contexto” abarca toda la pág. 24 y relata el argumento de la película “La pequeña tienda de los horrores”, filmada en 1960, que trata de una planta carnívora muy especial, producto de la imaginación humana, que no se parece en nada a las reales. El texto culmina relatando que, aunque las plantas puedan parecernos seres simples y estáticos, son realmente muy complejas, pueden comunicarse y hasta elaborar estrategias de defensa. En la parte inferior de la página se destaca un recuadro que se titula “Para charlar y pensar”. El mismo contiene tres consignas, la primera cuestiona acerca de la validez de aceptar lo que en cualquier forma de arte se expresa acerca de la naturaleza o de los científicos, la segunda invita a recordar alguna película que muestre estas características y pensar si es así en realidad. La tercera consigna cita la imagen del científico que se muestra en la película “Volver al futuro” e invita a pensar si es real y también a entrevistar a algún investigador.

Las siguientes trece páginas constituyen el desarrollo central del capítulo y abarcan los títulos principales que se mencionan a continuación: La percepción de las plantas. Percibir y responder a los estímulos en una vida sedentaria. Responder a la luz. Responder a la gravedad. Responder a los estímulos mecánicos. Responder a otros estímulos. Defenderse de los herbívoros. Defenderse de los patógenos. Las plantas se comunican. A lo largo de dichas páginas se localizan diez recuadros de “Actividades” que contienen de una a tres consignas cada uno. También se destacan en distinto color tres recuadros que se titulan “Conecta más” en los que se relatan diversas curiosidades complementarias al texto principal.

La anteúltima página del capítulo pertenece a la sección “Experiencias” que en este caso propone realizar un estudio del gravitropismo. Finalmente en la sección “Actividades de integración y repaso”, con la que finaliza el capítulo, se indican cuatro consignas generales - una de las cuales analizaremos más adelante- y una sección de “Autoevaluación” que propone responder preguntas y compararlas con las contestadas al inicio del capítulo y, por otro lado, registrar las dificultades que tuvieron, sus causas y posibilidades de mejora.

Para comenzar con el análisis de los contenidos históricos del capítulo nos remitimos a la pág. 25, dentro del cuerpo principal, en la que se presenta el tema “La percepción de las plantas” (ver Anexo, fig.33). A lo largo de toda la página se mencionan los postulados y conclusiones del biólogo austriaco Raoul Heinrich Francé (1874-1943), quien a principios del siglo XX se refirió a la capacidad de las plantas de percibir estímulos y reaccionar ante ellos. El texto termina con preguntas acerca de la certeza de las afirmaciones de Francé, los estímulos que pueden percibir las plantas, las estructuras que utilizan para ello y las respuestas que son capaces de elaborar. Si bien parecen plantearse como preguntas retóricas, en la parte inferior de

la carilla se proponen dos “Actividades”, una de las cuales invita a responder estas preguntas de acuerdo con las ideas de los estudiantes y menciona que volverán a contestarlas al final del capítulo.

Localizamos dos imágenes, una en la parte central y media de la carilla en la que se observa la fotografía, en color, de dos tablas con plantas trepadoras y obstáculos que se interponen. La etiqueta verbal relata el concepto de Francé acerca de que una planta trepadora crece hacia el puntal más cercano y si este se retira, altera su curso y toma otra dirección. Si bien la imagen refleja esta afirmación, debemos decir que, por su fondo oscuro, resulta difícil apreciar con nitidez tanto las plantas como los puntales. En la parte superior derecha de la carilla se encuentra una fotografía, en blanco y negro, de una persona con una lupa observando una pequeña planta. La etiqueta verbal indica que se trata de Raoul Francé, respetado investigador científico, uno de los fundadores de la Biónica ya que intentaba aplicar las características de las plantas observadas a problemas técnicos. Cabe aclarar que debajo se transcribe el significado de “biónica”, el que podría resultar desconocido para los alumnos. La segunda actividad planteada en la parte inferior de la carilla propone leer el epígrafe de esta figura y responder, con la correspondiente justificación, acerca de las características relacionadas con la evolución que estaría analizando Francé. También en el margen derecho se ofrece un enlace para observar un video, ya no disponible en la web, supuestamente relacionado con la identificación del estímulo y la respuesta en una planta.

Consideramos importante el tratamiento, en una página completa, del análisis de los postulados de un investigador de principios del siglo XX. De todos modos, creemos que el texto transmite la idea de un científico solitario, un “genio” que mediante un trabajo individual elaboró sus conclusiones. No se evidencian trabajos previos que haya tomado como punto de partida. Debemos destacar que la referencia que se hace a la polémica que causaron algunas de sus contribuciones y la propuesta a los estudiantes para opinar si Francé estaría en lo cierto, dan una idea de provisionalidad del conocimiento científico. Esto se reafirma en el final de la pág. 37 (“Las plantas se comunican”) donde vuelve a mencionarse a este científico resaltando que supo darle importancia a la sensibilidad de las plantas como ningún otro investigador de la época. El texto termina su relato con el concepto de que la búsqueda de nuevos problemas es lo que permite el avance de la ciencia (ver Anexo, fig.34).

En la última página del capítulo se encuentran las actividades de integración y repaso (pág. 39). La primera de las cuatro propuestas invita a escribir una carta, de no más de una carilla de extensión, a Francé, suponiendo que la pudiera leer, para actualizarlo sobre lo que hoy se sabe acerca de la percepción de los estímulos y las respuestas de las plantas (ver Anexo,

fig. 35). Consideramos muy interesante y valoramos este tipo de actividad en la que también se reafirma la idea del conocimiento como provisional.

Creemos importante incorporar algunos antecedentes que permitan comprender mejor la construcción de estos conocimientos. Recordemos que el dogma de Aristóteles de que las plantas tienen alma, pero no sensibilidad, llegó hasta el siglo XVIII, cuando Carl von Linné (1707-1778) aseveró que la carencia de movilidad era lo que diferenciaba a las plantas de los humanos. Este argumento fue refutado por Darwin en el siglo XIX al demostrar que cada zarcillo es capaz de moverse independientemente. Ya a principios del siglo XX, Francé afirmó que la creencia del hombre con respecto a que las plantas no se mueven ni sienten, se debe a que no se toma el tiempo para observarlas, y fue aún más lejos con sus afirmaciones al decir que las plantas son capaces de intención, ya que pueden alargarse o explorar en dirección a lo que quieren y parecen ser capaces de percibir y responder a lo que ocurre a su alrededor con una delicadeza superior a la de los humanos. Estaba convencido de que alguna inteligencia dirigía a la planta, dado que cuando se destruye cualquier parte de ella vuelve a recuperarse y aseguraba que poseían todos los atributos de los seres vivos. Lo que publicó fue ignorado o considerado escandaloso. Se han necesitado los descubrimientos de varias mentes científicas del decenio de 1960 para volver a llamar la atención de la humanidad al mundo de las plantas (Tompkins y Bird, 1994).

Capítulo 3: Estímulos y respuestas en los animales (pág. 40 a 63)

La estructura del capítulo sigue los parámetros detallados en la presentación general del libro. Comienza con una carátula que abarca dos páginas en la que se destaca una imagen de varios insectos alimentándose de las hojas verdes. En la parte inferior de ambas páginas se presenta el organizador previo, mapa conceptual que muestra los temas a tratar. En la parte derecha de la segunda carilla, debajo del título principal, un breve texto hace referencia al comportamiento animal innato y aprendido. En la sección “Para conversar antes de empezar” se enuncian tres consignas a fin de recabar los conocimientos previos acerca de los estímulos, los tipos de comportamientos y su variación a lo largo de la evolución. En la página siguiente, en el apartado “Ciencia en contexto” se presenta un extracto y adaptación del libro *The Human Zoo* de Desmond Morris y luego un comentario acerca de las diferencias y semejanzas entre los humanos y los animales. En las tres consignas que se presentan en la parte inferior de la carilla se propone que los alumnos expongan sus criterios personales y tomen posición acerca de este

tema.

El cuerpo principal del capítulo que consta de diecinueve páginas desarrolla los siguientes temas principales: La percepción, por parte de los animales, de la luz, los estímulos eléctricos y magnéticos; la percepción de las cualidades de los objetos y del ambiente, de los estímulos mecánicos, los gustos y olores y la respuesta a dichos estímulos; el comportamiento animal, los comportamientos fijos, el aprendizaje, el comportamiento de huida, el comportamiento social y el comportamiento humano.

La sección “Experiencias” presenta los materiales y pasos para trabajar con lombrices y comprobar su olfato, con las correspondientes consignas para elaborar las conclusiones. Finalmente, las “Actividades de integración y repaso” enuncian cinco consignas generales sumadas a las correspondientes actividades de autoevaluación. En ninguna de ellas se considera los contenidos históricos trabajados.

Para comenzar el análisis de los contenidos del capítulo relacionados a la historia de la ciencia, debemos destacar que en la pág. 53, bajo el título “Comportamiento animal”, se menciona a los fundadores de la etología, Lorenz, Tinbergen y von Frisch, como los investigadores que, luego de tres años de trabajo, recibieron el Premio Nobel de Medicina y Fisiología en 1973. Como ejemplo de comportamiento animal se destaca la construcción de nidos por parte de las avispas cavadoras, mencionando a los genes como causantes de dichas conductas de anidación. A continuación, se indica que Tinbergen realizó un experimento a fin de probar la orientación de las avispas para encontrar sus nidos a partir de marcas en el terreno. Se indica que este comportamiento puede ser modificado por la experiencia, es decir la avispa puede realizar aprendizajes para diferenciar marcas en el terreno (ver Anexo, fig.36).

En la parte media de la carilla se localizan tres imágenes que reflejan los pasos de esta experiencia. Son coloridas, sencillas y transmiten con claridad lo que se desea comunicar. Además, poseen etiquetas verbales que indican que Tinbergen realizó círculos con piñas alrededor del nido de las avispas y fue cambiándolos de lugar y de forma, a fin de comprobar que estas, además de orientarse por las marcas en el terreno, reconocen las formas de dichas marcas.

Las actividades que se proponen en la parte inferior derecha de la página constan de dos consignas que instan a los alumnos a explicar la acción de la selección natural sobre el comportamiento de los organismos y justificar el hecho de que los animales respondan a los estímulos que perciben mediante su comportamiento. Ambas pueden ser respondidas a partir de los datos aportados en esta carilla.

Consideramos que el texto presentado en esta página muestra una pequeña parte del

trabajo de Tinbergen y lo exhibe totalmente solitario, sin interacción con otros investigadores. Sin embargo, resulta interesante destacar que dicho científico, luego de obtener su título doctoral en 1932, con una breve tesis de 32 páginas acerca del comportamiento de regreso al nido de las avispas cavadoras, comenzó la construcción de un grupo de investigación en torno a su trabajo, conformado por estudiantes de pregrado en principio y posteriormente con alumnos de posgrado. Este grupo permaneció activo hasta que, en 1949, Tinbergen aceptó retirarse de Leiden y dictar cursos en la Universidad de Oxford, Inglaterra, a pesar de la desaprobación de muchos de sus colegas en Leiden (Montoya y Gutiérrez, 2007).

La página siguiente (54) se titula “Comportamientos fijos” (ver Anexo, fig.37). Comienza definiendo las conductas instintivas. Luego se presentan los estudios de Lorenz y Tinbergen sobre la conducta de la gansa gris que hace rodar los huevos cuando los encuentra fuera de su nido. Se indica que estos comportamientos, predecibles y rígidos, se denominan patrones de acción fija y son disparados por lo que estos investigadores denominaron estímulo señal. También se mencionan ejemplos de estos comportamientos en los bebés y en los insectos y se resalta la importancia de la información genética y del ambiente para que se expresen los genes.

La experiencia realizada con la gansa gris se relata a partir de las imágenes que se presentan en la parte media de la carilla. Estas son tres figuras coloridas de la gansa y los huevos, destacando la secuencia de movimientos. La etiqueta verbal menciona la observación de Lorenz, quien expresó que cuando una gansa veía un huevo fuera de su nido realizaba movimientos para que rodase hacia el nido. Por debajo de estas figuras se encuentran dos nuevas imágenes con sus correspondientes etiquetas verbales. La primera muestra que, al retirar el huevo en el proceso de rodamiento, la gansa continúa el comportamiento rodando un huevo inexistente. La segunda imagen muestra un aporte de Tinbergen, el cual observa que la gansa puede ser estimulada con un objeto como una pelota o una lata de bebida para que repita la secuencia del comportamiento.

En el margen izquierdo de la carilla se presentan imágenes de bichos bolita y en su etiqueta verbal se define la cinesis. Por debajo se presentan esquemas de ranas, definiéndose la taxia. Estos son tipos de desplazamientos que también tienen fuertes influencias genéticas. En la parte inferior de las imágenes, en la sección “Actividades”, se ofrecen dos preguntas, una acerca de la definición de comportamientos innatos y la siguiente acerca de las ventajas de los patrones de acción fija para los insectos. Ambas pueden responderse a partir del contenido desarrollado en esta misma carilla.

Nos parece conveniente que los alumnos dispongan de un relato integrado acerca del

estudio del comportamiento de los animales, de modo que las experiencias de Lorenz y Tinbergen no se presenten como compartimentos estancos, totalmente aisladas de otros trabajos similares y complementarios. Sería necesario mencionar que Darwin dio los primeros pasos en este sentido, ya que se interesó especialmente en los procesos de comunicación a los que dedica el libro *The Expression of the Emotions in Man and Animals*, publicado en 1873. El zoólogo estadounidense Charles Otis Whitman (1842-1910) encontró la forma de validar la teoría de Darwin con una meticulosa obra póstuma acerca del comportamiento comparado de distintas especies y razas de insectos y palomas, en la que se demostró que el comportamiento instintivo se desarrollaba en forma acorde con las estructuras morfológicas. Su discípulo y continuador de sus estudios, Wallace Craig (1876-1954) presentó el primer modelo teórico sobre la estructura del comportamiento, según el cual una parte de la conducta sería variable y otra parte sería innata y fija, realizada en respuesta al estímulo hallado. La repercusión de este interesante inicio de los estudios de comportamiento fue muy escasa. En cambio, la investigación comenzada en Europa por Oskar Heinroth (1871-1945) y su discípulo Lorenz marcó el nacimiento de la Etología, término que fue utilizado por Heinroth en su tratado sobre la conducta de patos y gansos, publicado en 1910, demostrando en él la existencia de comportamientos fijos y característicos de cada especie. En este punto debemos destacar que la Etología no nació del seno de una institución científica o universitaria, sino del resultado de una actividad privada, en paralelo con la elaboración de la teoría evolutiva por Darwin. La entusiasta respuesta del joven Lorenz, marca el inicio de diez años de intercambios de ideas y observaciones entre él y Heinroth, con importantes repercusiones científicas (Carranza, 2010). En nuestra opinión mencionar a los científicos que persiguieron objetivos similares dejaría planteada en los estudiantes la idea de un trabajo colaborativo, de una construcción conjunta en la que cada uno se basa en los aportes del otro, situación que se corresponde a la imagen de ciencia que queremos transmitir.

En la pág. 55, bajo el título “El aprendizaje”, se describen cuatro tipos de aprendizajes: Habitación, asociación, impronta e imitación (ver Anexo, fig.38). Cada descripción abarca de 6 a 8 renglones y posee una foto alusiva de tamaño reducido. En el texto sobre “Impronta”- aprendizaje irreversible limitado a un corto período inicial en la vida de un animal- se menciona la acción de Lorenz al separar los huevos de gansos grises en dos grupos, uno de los cuales fue empollado por la madre y el otro, después de haber sido colocado en incubadora, al eclosionar tomó contacto sólo con Lorenz a quien dichos gansos siguieron constantemente. La imagen en blanco y negro (sin etiqueta verbal) muestra, con poca claridad, a una persona que es seguida por una hilera de supuestos gansos. Consideramos que este texto complementa lo ya

mencionado acerca del trabajo de Lorenz, aunque continúa mostrando un trabajo aislado y para nada cooperativo.

En la pág. 56, titulada “Cognición” se menciona el trabajo del profesor emérito de la Universidad de Vermont, Bernd Heinrich (n.1940), y el investigador alemán Thomas Bugnyar (n. 1971) (ver Anexo, fig.39). Estos realizaron una prueba con cuervos, en la cual dichos animales debían obtener alimentos que colgaban de una cuerda. Se presentan cuatro esquemas que muestran la forma en que lo obtuvieron, enrollando la cuerda y sosteniéndola con la pata. Luego se menciona otra prueba que hicieron estos mismos investigadores colocando a los cuervos en un área cerrada con alimentos y trasladándolos luego, en varias oportunidades, a otro lugar en el que no había alimento. Cuando finalmente las aves quedaron libres, trasladaron el alimento a la zona que no lo tenía y lo enterraron allí, dando a entender que planeaban el futuro. A continuación, se mencionan otros estudios y avances con distintos tipos de animales como el chimpancé y el delfín, sin detallar los investigadores que participaron en ellos. En la parte izquierda inferior de la carilla se proponen dos actividades, una solicita relatar la causa por la que es conveniente que un animal realice la impronta con los de su misma especie, en referencia al tema tratado en la carilla anterior. La segunda consigna propone explicar el significado del término cognición y buscar ejemplos de otros comportamientos de alto nivel cognitivo.

Consideramos importante la mención de investigadores contemporáneos como Heinrich, autor e ilustrador de más de cien artículos de investigación y veinte libros sobre la naturaleza. En cuanto a Bugnyar, nos parece importante que los estudiantes conozcan la obra de un joven investigador que recibió su doctorado en Ciencias Biológicas de la Universidad de Viena, en 2001. Actualmente centra su investigación en el comportamiento social y la cognición compleja en las sociedades de aves y ha publicado más de 50 artículos y capítulos de libros.

En la pág. 61, bajo el título “Comportamiento humano” se mencionan los instintos de conservación, reproducción y gregarios y luego se hace un relato acerca del comportamiento humano y sus causas (ver Anexo, fig.40). Se presentan dos imágenes, una en la parte media de la carilla, en la que se muestran cinco rostros con distintas expresiones, cuya etiqueta verbal expresa que muestran emociones que no son consecuencia del aprendizaje, sino genéticas. En la parte superior derecha de la página se encuentra un esquema de un niño y un adulto en el que se encuentran marcadas las proporciones del tamaño de la cabeza y el tronco. En la etiqueta verbal se menciona a Lorenz, quien en 1943 propuso que la proporción entre el tamaño de la cabeza y el tronco del bebé actúa como una señal que dispararía en los adultos el comportamiento afectivo protector. Esto sucedería también en otros mamíferos. En las

actividades que se encuentran en la parte inferior derecha se propone citar ejemplos de comportamientos innatos y aprendidos en el hombre, responder acerca de los tipos de sociedades que conforma e investigar acerca de la sociobiología. Consideramos que la mención del postulado propuesto por Lorenz resulta escasa en su desarrollo, dado que se limita a un pie de imagen.

Creemos que sería importante mencionar que Lorenz propuso que el bebé posee un conjunto de características físicas, como la cabeza grande, la cara redonda, la frente alta y prominente, la nariz y boca pequeñas, los ojos grandes y las extremidades cortas y gruesas, entre otras, que se perciben como agradables y motivan el comportamiento cuidadoso en otras personas, con la función evolutiva de mejorar la supervivencia de la descendencia. De hecho, las industrias de películas, juguetes y publicidades capitalizan el esquema del bebé, con el éxito de figuras de dibujos animados como, por ejemplo, Mickey Mouse de Walt Disney (Glocker, et al., 2009).

Capítulo 6: El control endocrino (pág. 100 a 119)

El capítulo se inicia con la típica carátula de dos páginas, en la que se destaca una fotografía que muestra el rostro de ocho mujeres jóvenes-adolescentes. Debajo de ella el organizador previo presenta el mapa conceptual de los temas a tratar. En la segunda carilla, se presenta una breve introducción acerca de la importancia del sistema endocrino. Por debajo, destacada en color, la sección “Para conversar antes de empezar” ofrece cinco consignas a fin de detectar las ideas previas de los estudiantes. En la siguiente página, el apartado “Ciencia en contexto” se titula “Señales químicas e investigación” y hace referencia a la historia de la ciencia, por lo cual será objeto de nuestro análisis posterior.

El desarrollo central del capítulo consta de 15 páginas que tratan los siguientes temas principales: El avance en el conocimiento de la regulación y el control del organismo; sistema endocrino: estructura y función; las hormonas; función de las hormonas tiroideas; hormonas y desarrollo: la pubertad; el control neuroendocrino; las hormonas y el comportamiento; hormonas en los invertebrados; hormonas vegetales.

En la sección “Experiencias” se propone investigar sobre la diabetes padecida entre los 10 y 20 años de edad y realizar una campaña de concientización en la escuela. Por último, las “Actividades de integración y repaso” presentan cuatro consignas generales y el apartado de “Autoevaluación”, en la parte inferior de la carilla. Ninguna de estas páginas finales hace

referencia a contenidos relacionados con la historia de la ciencia.

Para comenzar el análisis de los contenidos que son objeto de esta tesis, debemos remitirnos a la pág. 102 en la que se encuentra el apartado “Ciencia en contexto” que, en este caso, trata de las señales químicas y la investigación (ver Anexo, fig.41). En primer lugar, se hace referencia al Tour de France, competencia de ciclismo internacional que en los últimos años se vio impregnada de rumores acerca del uso de sustancias prohibidas, por parte de muchos competidores, conocidas como esteroides anabólicos, los cuales permiten aumentar el rendimiento de los atletas. Luego de esta introducción se describe el modo de acción de la testosterona, considerando que los esteroides anabólicos son derivados de ella. A continuación, se menciona a Eduard Brown-Séquard (1817-1894), fisiólogo y neurólogo francés, como el descubridor de las hormonas masculinas, indicando que en 1889 se inyectó a si mismo extractos de testículos de cobayos y perros, experimentando luego mayor rapidez mental y potencia física. Sin embargo, se indica que Ernest Laqueur (1880-1947) fue el que aisló e identificó estas hormonas en testículos de toro y las bautizó, en 1935, con el nombre de testosterona.

Nos parece conveniente resaltar que Brown-Séquard fue básicamente un neurólogo experimental que trabajó extirpando las glándulas suprarrenales en los animales y observando los efectos de su insuficiencia. Ya en su vejez creyó ver que el extracto testicular administrado a los conejos seniles los mejoraba sorprendentemente. Fue así como él y su esposa se lo autoadministraron. Afirmaba que había encontrado la fuente de la eterna juventud e informó de los resultados en la “Sociedad de Biología” de París en 1889. Se produjo una revolución mediática cuando este investigador aseveró haber rejuvenecido 20 años al aplicarse extracto testicular acuoso. La publicación de esta errónea conclusión, en un importante medio científico francés, dio origen al nacimiento de la endocrinología, ya que en medio de la pseudociencia y la charlatanería, los científicos disciplinados empezaron a aportar datos. La bioquímica, al identificar moléculas, dio solidez a la endocrinología. En la década de 1920 se conformaron grupos, en Europa y Estados Unidos, que trabajaron en la búsqueda de los esteroides sexuales. En 1927 Fred Conrad Koch (1876-1948) y sus estudiantes lograron obtener el primer extracto activo de hormonas, extraído de testículos de toro, que al ser inyectados en animales castrados les hacían recuperar sus rasgos machos. En 1937 Ernest Laqueur logró mejorar la técnica de Koch y aislar la hormona androgénica que denominó testosterona. Debemos tener en cuenta que en un principio no se entendía bien cuál era la función concreta de la testosterona, se ignoraba su función en el crecimiento muscular a través de la síntesis de proteínas. Al detectar el fortalecimiento de los músculos se dio origen al uso de anabólicos por parte de los atletas. El punto culminante del uso indiscriminado e ilegal en los gimnastas que competían en juegos

olímpicos fue la pérdida de la medalla otorgada al corredor Ben Johnson en Seúl en 1988 (Jácome-Roca, 2019).

El texto continúa con el relato de la identificación de hormonas mediante el uso de animales. De este modo, la insulina fue aislada por primera vez en 1922, utilizando perros. Ya desde la época de Galeno se realizaban disecciones y vivisecciones de animales. Actualmente cada año se utilizan para experimentaciones entre 50 y 100 millones de vertebrados sólo en los Estados Unidos, muchos de los cuales mueren durante o después de la experiencia. Esto permite el avance de la medicina y la farmacología para poder salvar millones de vidas humanas.

Con respecto a la identificación de la insulina consideramos que sería conveniente aclarar que se retomará el tema en la pág. 108. En cuanto a Galeno, sería importante mencionar que defendía la disección de animales muertos para conocer la posición y características de cada una de sus partes y la de animales vivos para conocer su acción. De todos modos, sostenía que la disección de animales muertos debía preceder a la de animales vivos. Su conocimiento lo obtuvo fundamentalmente de practicar vivisecciones en monos y cerdos y contribuyó enormemente al estudio morfológico sin abrir nunca un cadáver humano. En la antigüedad, antes que Galeno ya se hacían vivisecciones. A partir del Renacimiento esto se convirtió en una práctica cada vez más frecuente en las investigaciones anatómicas. Podemos mencionar a Andrés Vesalio (1514-1564), Mateo Realdo Colombo (1516-1559), William Harvey, Marcelo Malpighi (1628-1694), Claude Bernard, Francois Magendie (1783-1855) y Karl von Frish, como algunos de los que realizaron estos procedimientos que en la actualidad se siguen practicando, aunque de manera menos invasiva, con el propósito de comprender mejor la estructura y la función corporal. (Duque, Barco y Morales, 2014).

En la parte superior izquierda de la pág. 102 se localiza una imagen que muestra un retrato en blanco y negro, sin ninguna etiqueta verbal. El estudiante podría preguntarse a cuál de los científicos mencionados corresponde. En la parte inferior de la carilla se encuentra un sector, resaltado en color, denominado “Para charlar y pensar” en el que se proponen tres consignas: la primera se relaciona con los extractos de Brown-Séguard y sus efectos, la segunda se refiere al efecto de los esteroides anabólicos en las mujeres fisicoculturistas y la tercera propone investigar acerca del uso de los animales en las experimentaciones, las normas éticas al respecto y el *test* de Draize en relación con estas normas.

Cabe destacar que, para estimar el potencial de irritación en el ojo por acción de los productos químicos de uso rutinario, John Draize (1900-1992), llevó a cabo un ensayo en conejos, en 1944, dando lugar a un cuestionado *test*. Las críticas que recibió lo estimularon a la búsqueda de nuevas alternativas basadas fundamentalmente en la reducción del número de

animales a utilizar, el refinamiento de la metodología y el reemplazo por métodos in vitro que, aún hoy, sigue siendo un reto a lograr por parte de los toxicólogos (Vega Montalvo y Álvarez Fong, 2001).

En la pág. 103 bajo el título “El avance en el conocimiento de la regulación y el control del organismo” se trata el tema de la historia de dichos conocimientos (ver Anexo, fig.42). En primer lugar, se hace referencia a los descubrimientos que, a lo largo de la historia de la ciencia, causan poco impacto, pero más adelante sientan las bases para el avance del conocimiento científico. Consideramos positiva esta expresión que deja la idea de continuidad y de trabajo colaborativo para llegar finalmente al conjunto de conocimientos científicos de la actualidad. Se pone como ejemplo de tal situación al experimento con gallos realizado por Berthold en 1849. A continuación, se muestran dos imágenes de gallos y se destaca como referencia que la primera pertenece al grupo 1, al que se le extirparon los testículos y no desarrollaron las crestas, el plumaje, la agresividad, el canto ni el comportamiento sexual del gallo maduro. La segunda imagen pertenece al grupo 2, cuyos gallos fueron castrados y luego reimplantados sus testículos, y al grupo 3 en el cual los gallos no fueron castrados. El resultado de estos dos últimos grupos fue el desarrollo normal de las crestas, el plumaje tupido, el canto, la agresividad y el impulso sexual típico del gallo maduro. En la mitad inferior de la página se hace referencia al descubrimiento de Berthold, varios años después, acerca de la falta de una sustancia producida por los testículos como causa de las diferencias citadas. Se menciona que estos experimentos cambiaron el concepto de regulación y control corporal y se destaca la continuación de las investigaciones con la exposición de Starling y Bayliss acerca de sus trabajos en intestinos de perros ante la sociedad científica, demostrando la acción de los mensajeros químicos, a los que llamaron hormonas. A partir de allí los investigadores comenzaron a ganar interés acerca de los estudios sobre las hormonas; de este modo, en el siglo XX, la medicina gana una nueva rama, la endocrinología.

En el margen derecho de esta página se encuentra el sector destacado “Conecta más” en la que se relata que en Europa del siglo XVIII era frecuente la castración de los niños para que conserven su voz aguda y se conviertan en famosos cantantes. Aunque estas prácticas estaban prohibidas, las familias la llevaban a cabo justificándolas con alguna excusa médica. Finalmente se menciona al cantante italiano Farinelli, como el cantante castrado más famoso de su siglo y se presenta una foto de él. Por debajo de este sector, continuando en el margen derecho, se localiza el significado de Endocrinología y finalmente, en la sección “Actividades”, dos preguntas, una relacionada al experimento de Berthold y la razón por la cual los gallos del grupo 2 se desarrollaron normalmente, y la siguiente recoge los conocimientos previos acerca

de la composición del sistema endocrino y sus alteraciones.

Valoramos que una página completa se refiera a temas relacionados con la historia de la ciencia, situación que no suele ser habitual en los libros de texto. De igual modo, consideramos que sería necesario completar la información, mencionar los antecedentes de la experiencia realizada por Berthold, dado que la castración de gallos ya había sido realizada por Aristóteles en el siglo IV a.C., especificar aún más el aporte de Bayliss y Starling a partir del descubrimiento de la secretina y, por supuesto, contextualizar y ampliar la información referida a los *castrati*. De este modo los estudiantes podrían entender la manera en que se construyen los conocimientos a lo largo del tiempo.

En la pág. 104 se trata el tema “Sistema endocrino: estructura y función” (ver Anexo, fig.43). En la parte izquierda superior de esa carilla, en la sección destacada “Conecta más” se presenta al enanismo hipofisario por deficiencia de la hormona de crecimiento, acompañado por una imagen, cuya etiqueta verbal expresa que corresponde a una parte de la pintura “Las meninas” del pintor español Diego Velázquez que presenta un personaje con enanismo hipofisario. Nos parece importante esta relación que se establece entre el arte, la historia y la ciencia, a través de una simple imagen. Recordemos que las enfermedades endocrinas han estado presentes en el arte desde tiempos remotos, quizá por su rareza o por la dificultad de realizar un diagnóstico certero. De hecho, muchos investigadores médicos como historiadores y artistas han tratado de encontrar dentro del arte pictórico algunos trastornos endocrinológicos que en el momento en que fueron plasmados no se conocían. En “Las meninas” se destaca, además del enanismo, la representación de la exoftalmia y el bocio de la infanta Margarita, así como la acondroplasia de una de sus acompañantes (Ardila, 2020).

En la pág. 108, bajo el título “La insulina y su relación con la diabetes” se menciona a los científicos alemanes Joseph von Mering (1849-1908) y Oskar Minkowski (1858-1931) y su trabajo con perros, en 1889, a los que les extirparon el páncreas para observar sus efectos, compatibles con la diabetes. También se nombra al científico canadiense Frederick Banting (1891-1941) quien realizó un extracto de páncreas y lo inyectó a los perros que no lo poseían. De este modo detectó una sustancia que permitía controlar la glucemia, a la que se llamó insulina. Esta hormona en un primer momento se obtenía de los animales, principalmente de los cerdos, hasta que se logró su producción artificial en 1965 (ver Anexo, fig.44).

Si bien valoramos la mención de algunos de los científicos que construyeron un camino para el aislamiento y utilización de la insulina en las personas diabéticas, consideramos importante mencionar la relevancia de las experiencias de Minkowski y von Mering en el mundo de los investigadores, al relacionar la diabetes con el páncreas. Cabe mencionar que el

uso del microscopio y los métodos de laboratorio permitieron descubrir la estructura histológica del páncreas, lo que constituyó el puntapié inicial para aislar la insulina. Banting junto con Charles Best (1899-1978) fueron los dos investigadores que en el año 1921 lograron aislar la hormona. Sin embargo, ya en 1916 se inicia el camino para su identificación, aislamiento y síntesis, cuando Edward Schaffer afirmó que los islotes pancreáticos segregaban una sustancia capaz de controlar el metabolismo de los hidratos de carbono y sugirió llamarla insulina. Banting y Best, desde el laboratorio de John MacLeod (1876-1935) -profesor de fisiología de la Universidad de Toronto y experto en metabolismo de los hidratos de carbono- comunicaron a la American Society of Physiology su descubrimiento: la insulina (Lifszyc y Fuente, 2012). La mención de antecedentes y un mayor detalle de los acontecimientos que se fueron sucediendo serían herramientas valiosas para presentar el trabajo de los científicos como colaborativo y provisorio, afianzándose y progresando con el uso de las tecnologías y el avance de las ciencias colaboradoras.

El relato histórico abarca aproximadamente media página del texto. En el resto de la carilla se clasifican los tipos de diabetes y los tratamientos correspondientes. En la parte inferior se encuentran dos imágenes de modelos que representan la acción de la insulina en la diabetes tipo I y en la diabetes tipo II. En la parte superior izquierda de la carilla se encuentra representada la curva de concentración de glucosa en sangre y en su etiqueta verbal se relata el procedimiento que se realiza para medir la glucemia en un paciente. En la parte inferior izquierda, en la sección “Actividades”, se localizan tres consignas. Ninguna de ellas hace referencia a los contenidos históricos relatados.

En la pág. 117 se trata el tema de las hormonas vegetales (ver Anexo, fig.45). El texto comienza relatando brevemente el estudio acerca del fototropismo de Darwin y su hijo y el aporte de Boysen-Jensen al demostrar la acción de la auxina, primera hormona vegetal descubierta. A continuación, se presenta un esquema en el que se muestra la secuencia de experiencias realizadas por los Darwin y por Boysen-Jensen, ubicándolas en el tiempo, desde 1880 hasta 1913. La etiqueta verbal indica que Darwin notó la curvatura del tallo al cubrir distintas partes del coleóptilo y Boysen-Jensen cortó coleóptilos y los reimplantó, intercalando en algunos casos un material permeable y en otros un material aislante. Luego se describen las hormonas vegetales más importantes y conocidas, haciendo foco en la función que cumple cada una. En la parte derecha de la carilla se encuentra una imagen que muestra una figura de una planta en la que se señalan las zonas de biosíntesis de las fitohormonas, tal como lo indica su etiqueta verbal. Por debajo, la sección “Actividades” presenta dos consignas, la primera solicita fundamentar si las plantas poseen sistema endocrino y la segunda propone explicar en un breve

texto el motivo por el cual el experimento de Boysen-Jensen comprobó la presencia de la sustancia que habían propuesto los Darwin.

Consideramos que resulta útil la relación que se plantea, a lo largo de los años, entre los investigadores citados. La complementariedad de sus experiencias nos habla de un trabajo colaborativo en el que los científicos construyen conocimientos a partir de las bases que otros sentaron, ya sean erróneas o correctas, dando la idea de un conocimiento científico provisional. Sin embargo, notamos la ausencia de la mención de otros investigadores que fueron complementando las experiencias. No olvidemos que los ensayos de Boysen-Jensen en 1913 fueron complementados por los de Arpád Paál (1889-1943) en 1919 y culminaron con los experimentos de Fritz Went en 1926, quien trabajó con trozos de agar, aplicando la sustancia productora de crecimiento a coleóptilos decapitados, induciendo una curvatura según la posición de la auxina. En realidad, este término fue aplicado pocos años después por Fritz Kögl (1897-1958) y Arie Haagen-Smith (1900-1977) al examinar una sustancia promotora de crecimiento vegetal presente en orina humana, pero de estructura diferente a la hormona vegetal (Jordan y Casaretto, 2006).

Valoración general

Los capítulos analizados abarcan 78 páginas, de las cuales 18 presentan al menos un concepto relacionado a la historia de la ciencia. Esto constituye el 23% del total. Este porcentaje supera el de otros textos estudiados en esta tesis. Sin embargo, los contenidos relacionados con la construcción histórica de los conocimientos no resultan suficientes para comprenderla adecuadamente. De todos modos, resaltamos, con mucho agrado, la integración de estos contenidos al desarrollo principal del texto. Sólo en contadas ocasiones se encuentran ubicados en secciones destacadas y apartadas del relato principal.

La historia presentada, en líneas generales, carece del contexto que nos permita evaluar el trabajo de los científicos de acuerdo a la época y circunstancias en que se desarrollaron. En una sola ocasión podemos considerar la presencia de la historia con carácter externalista, al conectarla con el arte y la ciencia mediante la imagen del cuadro “Las Meninas” de Diego Velázquez, el que muestra un trastorno endócrino como el enanismo hipofisario.

En varias oportunidades se ha señalado la presentación de los trabajos de científicos como Francé, Tinbergen y Lorenz de manera solitaria, aislados, carentes de interacción con otros investigadores, instalando la idea de grandes “genios” en la ciencia. Sin embargo, al tratar

el tema del avance en el conocimiento del control y la regulación del organismo se ofrece la idea de un trabajo continuo y colaborativo de quienes han logrado los progresos en este aspecto. El mismo efecto se produce al presentar la complementariedad de las experiencias de los Darwin con las de Boysen-Jensen, aun cuando sería importante ampliar la información con los aportes de otros investigadores que fueron perfeccionando estas experiencias. Este último relato deja instalada cierta idea de la provisionalidad del conocimiento científico. De todos modos, debemos destacar que, en varias oportunidades, a lo largo del texto, se presentan los conocimientos como resultados acabados, con los que parece haberse alcanzado “la verdad”. Claro ejemplo de ello es la presentación de la experiencia realizada en 1937 por Tinbergen acerca de los estímulos-señales y el relato de los trabajos de Ehrlich y Landsteiner acerca de las enfermedades autoinmunes.

La utilización de imágenes es frecuente y toma una gran importancia, dado que en algunos casos concentra la totalidad de la información recibida acerca de la construcción de un conocimiento. Tal es el caso del postulado de Lorenz acerca de la proporción entre el tamaño de la cabeza y el cuerpo del bebé y su influencia en el comportamiento humano, así como la secuencia de experiencias de los Darwin y Boysen-Jensen, en las que las imágenes, sus referencias y etiquetas verbales proporcionan los únicos datos aportados por el texto. Debemos destacar que, en forma general, las imágenes resultan atractivas, pertinentes, ubicadas correctamente y la mayoría presenta etiqueta verbal. Algunas pocas excepciones, en blanco y negro, sin etiqueta verbal o con escasa nitidez, se mencionan a lo largo del análisis.

En cuanto a la sección final de cada capítulo (las “Actividades de integración y de repaso”), debemos mencionar que sólo en el capítulo 2 se incluye una propuesta relacionada con la historia de la ciencia. Sin embargo, en casi todas las páginas analizadas, con excepción de dos de ellas, se encuentra al menos una actividad parcial de revisión de ese contenido puntual. Varias de ellas incluyen los conceptos históricos trabajados.

Las experiencias históricas presentadas se muestran como resultados acabados, no como procesos. Se omiten los datos, preguntas, objetivos, antecedentes y trabajos similares o complementarios a los del investigador en cuestión. Con respecto a la experiencia de Darwin, que ocupa toda la carilla de la sección “Experiencias” correspondiente al capítulo 1, debemos decir que lejos de transcribirse la experiencia original, sólo se otorga una “receta” para que el alumno siga paso a paso a fin de recrearla.

En algunos casos puntuales se propone ampliar información o investigar acerca de algunos temas, como por ejemplo el *test* de Draize. Sin embargo, no se menciona ninguna

bibliografía o sitio web que el estudiante pueda consultar para tal fin.

Con respecto a la adecuación al diseño curricular y programa vigente podemos hacer varias observaciones. En primer lugar, en cuanto al análisis de experimentos históricos, en ningún caso se mencionan las preguntas que guiaron a los investigadores ni se incentiva a los estudiantes a revisar los métodos que se utilizaron o las conclusiones a las que llegaron, como propone el diseño. Por el contrario, se presentan como recetas con resultados acabados, sin mostrar los antecedentes y los errores que seguramente tuvieron que rectificar para lograr un resultado provisional, sujeto a cambios. Tampoco se abren explícitamente interrogantes a partir de los estudios de Lorenz y Tinbergen, a fin de que los estudiantes puedan vivenciar el abordaje de dichas preguntas mediante una investigación.

Tal como sugiere el diseño, el texto cumple con el planteamiento de la recreación del experimento histórico de Darwin y su hijo acerca del fototropismo. Sin embargo, consideramos que, si se presentara la experiencia original, en lugar de los pasos ya adaptados, se estimularía la creatividad de los estudiantes al determinar la forma de recrearla, con los materiales que se encuentren a disposición en el momento de realizarla. Debemos mencionar que se encuentra ausente en el texto la propuesta de interpretación de las experiencias de Went para el aislamiento de la hormona vegetal auxina, tal como lo sugiere el diseño. Tampoco se menciona a este investigador en ninguna de sus páginas.

Destacamos la mención en el texto de las experiencias de Von Mering y Minkowski con respecto a la diabetes, así como el aporte de Banting, tal como lo solicita la propuesta curricular. Sin embargo, no se nombra a Bernardo Houssay, fisiólogo argentino, incumpliendo la sugerencia del diseño de estudiar su figura en el contexto de su aporte para la regulación de la glucemia.

Consideramos que las propuestas de estudiar las facetas históricas, la lógica de la experimentación, las preguntas, hipótesis, discusiones, así como las conexiones del trabajo científico con las problemáticas de salud, económicas y sociales que sugiere el diseño, quedan libradas a la voluntad y capacidad del docente que desee llevarlas a cabo, ya que el texto apenas introduce al estudiante en estos aspectos.

La visión de ciencia transmitida por este libro de texto fluctúa y puede llegar a confundir al estudiante, dado que por momentos muestra trabajos colaborativos y provisionales, menciona los antecedentes en los que se basaron y los cambios que sufrieron esos resultados, pero en otros momentos apuesta a la imagen de un científico “genio” que en la más absoluta soledad llega a “descubrir la verdad” que parece no estar sujeta a discusión. En casi todos los relatos parece estar ausente el contexto social y económico, los intereses creados, el error como oportunidad

de aprendizaje y la humanización de cada científico presentado.

- 3) **Balbiano, A.; Barderi, M.; Iudica, C.; Méndez, H.; Molinari Leto, N. y Suárez, H. (2012). *Biología 3. Intercambio de información en los sistemas biológicos: relación, integración y control*. Buenos Aires: Santillana. Conocer +. (L 3)**

Presentación general

Los contenidos que nos proponemos analizar, correspondientes a la Unidad N° 1 del diseño, abarcan los capítulos 1, 2 y 3 del libro. Los indicados en la Unidad N° 2 se encuentran en los capítulos 7 y 8 de dicho texto.

Podemos afirmar que en este libro existen contenidos relacionados con la historia de la ciencia, incluidos principalmente en el desarrollo principal del texto, con excepción de un apartado que se presenta en cada capítulo, denominado “Ciencia sin fin” que ocupa una carilla y se dedica exclusivamente al tratamiento de temas de historia de la ciencia. Cada capítulo analizado está compuesto por entre catorce y dieciocho páginas, de las cuales entre dos y cinco páginas hacen alguna referencia a contenidos históricos. Como balance cuantitativo podemos decir que en el capítulo 1 estas páginas constituyen el 21% del total, en el capítulo 2 y 3 el 19%, en el capítulo 7 el 28% y en el capítulo 8 el 14%. Valoramos la presencia de estos contenidos en todos los capítulos, aunque su inclusión dista bastante de la ideal que, a nuestro criterio, implicaría hacer alusión a la forma en que se construyó cada uno de los conceptos presentados, comunicando su historia o al menos haciendo alguna mención que incentive a los estudiantes a su investigación con la orientación del docente.

Descripción y análisis de los capítulos seleccionados

Capítulo 1: Seres vivos y su relación con el medio (pág. 17 a 30)

El capítulo comienza con una carátula que abarca media carilla en la que se incluyen cuatro imágenes. La más grande presenta la fotografía de un colibrí alimentándose de una flor. Las otras tres, de tamaño más reducido, muestran los ojos sobresaltados de un niño, un grupo de plantas de hojas verdes y algunas personas esperando para cruzar la calle por la senda

peatonal. La mitad inferior de la carilla contiene la sección “Punto de partida”. En ella se presenta una situación de la vida cotidiana y luego cinco preguntas que apuntan a identificar la captación de información del medio y la respuesta correspondiente del organismo.

Las próximas diez páginas del cuerpo principal del capítulo desarrollan los siguientes temas principales: Los seres vivos como sistemas. Función de relación. Función de control. Modelo estímulo- procesamiento respuesta. Se destaca un apartado, que ocupa una carilla completa, denominado “Ciencia sin fin” y titulado “Homeostasis y enfermedades”, el cual analizaremos luego. En la primera y tercera página se encuentra una sección pequeña que ocupa aproximadamente la mitad del margen izquierdo, denominada “Conocé +”, en la que se ofrece información adicional. También localizamos, en la novena página, un apartado denominado “Pensar en ciencia” que ocupa aproximadamente un cuarto del espacio disponible en el margen izquierdo y se refiere al uso de modelos en ciencia. Debemos destacar que cinco de las diez páginas centrales presentan en la parte inferior de la carilla una sección que cuenta con una a cuatro consignas, las cuales invitan a los estudiantes a recordar, resolver, relacionar e investigar acerca de los temas tratados.

Las tres últimas carillas del capítulo comprenden dos apartados. El primero se denomina “Puntos de vista” y abarca dos páginas, una titulada “El hábito de madrugar” y la otra “El hábito de trasnochar”. Esta última termina con un sector llamado “Tomo la palabra” que contiene cuatro consignas para responder, relacionadas con los datos suministrados en ella. El capítulo finaliza con las “Actividades finales” que presentan cinco consignas generales, ninguna de las cuales se refiere a los contenidos relacionados a la historia de la ciencia.

Para comenzar el análisis en relación a la construcción del conocimiento científico a lo largo de la historia, debemos remitirnos a la pág.18 (ver Anexo, fig.47). Bajo el título “Los seres vivos como sistemas” se analiza la forma en que se estudia a los seres vivos. Se menciona la mirada analítica que se tenía hasta mediados del siglo XX, por la cual se consideraba que los organismos debían estudiarse por partes, hasta que el biólogo austríaco Ludwig von Bertalanffy (1901-1972) desarrolló la teoría general de sistemas con la que propuso una mirada diferente en la que no tenía en cuenta sólo los componentes aislados de un organismo, sino también las posibles relaciones entre ellos. A partir de este momento se estudió a los seres vivos como sistemas. Tomando como ejemplo al sistema digestivo se puede observar su integración en el funcionamiento general del organismo. A continuación, se definen tres tipos de sistemas y se clasifica a los seres vivos como sistemas abiertos.

En la sección “Conocé +” se mencionan los posibles significados del término ambiente y se establece su acepción en ciencias naturales. Por debajo se presentan dos imágenes, una de

un frasco cerrado con una planta en su interior, cuya etiqueta verbal indica que es un sistema cerrado que sólo intercambia energía en forma de luz y calor con el ambiente y no se podrá mantener de forma indefinida. La otra imagen de un pingüino presenta indicaciones de los intercambios de materia y energía con el ambiente y su etiqueta verbal afirma que esta condición hace que se clasifique como un sistema abierto.

En la pág. 19, cuyo título es “Los niveles de organización”, se vuelve a mencionar a von Bertalanffy y su teoría de sistemas. A través de ella, propuso que el estudio de lo más diminuto hasta lo más enorme y alejado de nosotros sea realizado de manera similar. Esta mirada llevó a reconocer los niveles de organización en la naturaleza. A continuación, se menciona a Aristóteles, quien ya en el siglo IV a. C., sostenía que el todo es más que la suma de las partes, idea que llevó luego a von Bertalanffy a definir las propiedades emergentes de un nivel de organización, adquiridas por la suma de las partes que lo forman. Luego se definen las propiedades trascendentes, comunes a todos los sistemas, que permiten explicar su funcionamiento (ver Anexo, fig.48).

Acompañan el texto dos esquemas, uno representa a cada uno de los niveles de organización y su etiqueta verbal menciona que además se pueden considerar otros como población, comunidad, ecosistema, bioma y biósfera. La siguiente imagen es una fotografía de un grupo de hormigas cargando hojas. En su etiqueta verbal se aclara que son integrantes del nivel de organización llamado comunidad, dado que estos insectos actúan colectivamente para asegurar la supervivencia de la colonia.

En el cuarto inferior de la carilla se destacan las actividades de aprendizaje para recordar, resolver e investigar. La primera apunta a recordar la terminología utilizada en ambas páginas (18 y 19). La segunda invita a resolver una situación problemática referida al mantenimiento en el tiempo de un sistema cerrado. La tercera propone investigar la relación que existe entre los sistemas encargados de la nutrición y justificar a esta función como una propiedad emergente en el nivel de organización de individuo.

Consideramos positivo el hecho de mencionar a Aristóteles como un precursor en este tema. Sería conveniente desarrollar aún más este concepto a fin de evitar ver el trabajo de von Bertalanffy como una tarea aislada que surge de la nada, como un personaje iluminado, sin considerar los antecedentes y el contexto en el que surgió la teoría. Ya en el año 2500 a. C., en la cultura china se sostenía el principio de que “el todo es mayor que cada una de las partes que lo componen”. En el mundo griego, la filosofía presocrática (s. VII- IV a.C.) postulaba teorías relacionadas con este principio. Con Platón y Aristóteles apareció por primera vez el término sistema. Las consideraciones de la filosofía griega en torno a los sistemas fueron recogidas por

von Bertalanffy, quien aportó los fundamentos y desarrollos iniciales ya que luego de defender la diversidad de métodos para las diversas ciencias, consideró necesario identificar las semejanzas de problemas y soluciones que poseían (García Cuadrado, 1995).

En la pág. 25 se encuentra el apartado especial “Ciencia sin fin” titulado “Homeostasis y enfermedades” (ver Anexo, fig.49). En el relato presentado se intercalan consignas para que el estudiante reflexione, discuta y manifieste su opinión acerca de lo expuesto. En primer lugar, se mencionan los pilares de la práctica médica en las civilizaciones más antiguas. Estos son: el uso de remedios obtenidos de la naturaleza y la atribución a los dioses de todo lo que resultaba inexplicable. Aquí aparece la primera consigna a responder acerca de si, en la actualidad, siguen vigentes estos pilares en ciertas prácticas médicas.

A continuación, se menciona a Aristóteles como el precursor de la fisiología y a Galeno como el experimentador que demostró la función de algunos órganos como los riñones. En el caso de este último se hace mención a sus explicaciones acerca de la existencia de ciertos “espíritus” que ponían en funcionamiento a los órganos. Se indica que en los siglos siguientes, innumerables científicos hicieron sus aportes al conocimiento de la fisiología humana, tal como William Harvey quien, en el siglo XVII describió el sistema circulatorio y Lazzaro Spallanzani quien en el siglo XVIII identificó el proceso químico de la digestión de los alimentos. El párrafo cierra con la propuesta de investigación acerca de las dificultades que se les pudieron haber presentado a los científicos de la época de Harvey y Spallanzani y el modo en que estas influyeron en sus avances.

El texto continúa haciendo mención a un médico del siglo XIX, Claude Bernard, de quien se resaltan varios aportes como el carácter experimental que le otorgó a la medicina, el estudio de las enfermedades y sus tratamientos tomando como base la fisiología, la determinación de parámetros como la temperatura y presión arterial, el estudio de la teoría celular (postulada en 1838 por Matthias Schleiden [1804-1881] y Theodor Schwann [1810-1882]) y la consideración de un medio interno con el que interaccionan las células, que debería mantenerse constante para evitar la aparición de enfermedades cuyos tratamientos podrían estar orientados a restaurar este equilibrio. El párrafo concluye con la propuesta de discutir acerca de la importancia de la comunicación de los conocimientos científicos, invitando a reflexionar sobre la relación entre el postulado de la teoría celular y el concepto de medio interno emitido por Bernard.

Finalmente la página termina con la mención del fisiólogo americano Walter Cannon, quien en 1928 acuñó el término homeostasis. Se explica la etimología de dicho término y se plantean dos consignas. La primera propone discutir en grupo las ventajas de conocer el origen

de los términos científicos y la segunda invita a opinar acerca de la vigencia de la idea de Bernard con respecto a la relación entre pérdida de equilibrio homeostático, enfermedad y tratamiento.

Nos parece relevante considerar a la homeostasis como concepto estructurante relacionado con la salud y la enfermedad. Valoramos la extensión de una página completa otorgada a la descripción histórica de la evolución de este concepto. De todos modos, consideramos que debería ampliarse la información para evitar mostrar a los científicos en forma aislada, “descubriendo” distintos aspectos del funcionamiento del organismo humano. Algunas de las preguntas que quisiéramos responder a partir de esta lectura serían ¿Por qué algunos lo pudieron lograr? ¿Cuáles eran las ideas dominantes en ese momento? ¿Contra qué tuvieron que luchar? ¿En qué antecedentes se basaron? ¿Los conocimientos que dieron a conocer son verdades definitivas? Debemos destacar como muy positivas las consignas que se intercalan en el texto. Las mismas conducen al alumno a la reflexión acerca de algunas de estas cuestiones planteadas. Al preguntar si siguen vigentes las prácticas médicas de la antigüedad, qué dificultades tuvieron que afrontar los científicos del siglo XVII y XVIII, cuál es la importancia de la comunicación de los conocimientos científicos, las ventajas de conocer el origen de los términos y la vigencia de las ideas de científicos como Claude Bernard, se dejan planteados los interrogantes que podrán conducir a los estudiantes a formarse la imagen de ciencia que consideramos conveniente transmitir. Esto requerirá de un trabajo intensivo de los docentes y de la ampliación de la bibliografía utilizada, para lo cual no existe ninguna sugerencia. Consideramos que la incorporación de algunas imágenes que remitan a los alumnos a la época mencionada aportarían mucha utilidad. Debemos mencionar que el concepto de homeostasis o equilibrio interno y la descripción de las funciones de nutrición, con las correspondientes representaciones del cuerpo humano a lo largo de la historia, así como el surgimiento de la anatomía y medicina modernas, son contenidos que se abordarán en cuarto año según el diseño curricular vigente, de modo que es posible que se amplíe la información al llegar a dicho nivel de estudios.

Capítulo 2: Estímulos y respuestas en las plantas (pág. 31 a 46)

El capítulo comienza con una carátula en la que se observan tres imágenes. La de mayor tamaño es una fotografía de un paisaje en el que predominan los colores ocre, las otras dos, de menor tamaño, muestran plantas verdes con flores rojas y una mujer observando el jardín. En la mitad inferior de la carilla se encuentra un recuadro titulado “Punto de partida” en el que se

plantea una situación de la vida cotidiana en relación al contacto con las plantas y se enuncian cuatro preguntas para recoger las ideas previas de los estudiantes con respecto a las respuestas de estos organismos.

El desarrollo principal del capítulo consta de doce páginas cuyos temas principales son: Los estímulos lumínicos, mecánicos, gravitatorios, hídricos, químicos y otros. Ocupando la totalidad de una de estas páginas se encuentra el apartado “Ciencia sin fin” al que haremos referencia más adelante. En el margen izquierdo de dos de las carillas localizamos un pequeño recuadro titulado “Conocé +” que ofrece información complementaria. En seis de estas doce páginas se encuentran secciones, con dos a cuatro consignas para recordar, relacionar, resolver, investigar y experimentar, que ocupan el cuarto inferior de cada carilla.

Las tres últimas páginas corresponden a secciones especiales. Una de ellas, “Puntos de vista”, ocupa dos carillas y trata acerca de los bosques naturales, especies autóctonas, bosques plantados y especies exóticas. A continuación de este tema se localiza un recuadro denominado “Tomo la palabra” con dos consignas para responder al respecto. La última página del capítulo presenta las “Actividades finales”, con siete consignas generales para recordar, relacionar, resolver y experimentar. Ninguna de ellas se refiere a los contenidos que analizaremos a continuación.

Para comenzar el análisis de los contenidos relacionados con la historia de la ciencia, debemos remitirnos a la pág. 34 cuyo título es “Los estímulos lumínicos” (ver Anexo, fig.50). En ella se describen el fototropismo, el heliotropismo y la nictinastia. Al explicar el fototropismo se hace referencia a los estudios de los Darwin y sus publicaciones en 1880. Se indica que al tapar diferentes partes del tallo de plántulas de gramíneas determinaron que, cuando se impedía la llegada del estímulo lumínico al ápice, no se producía la curvatura del tallo hacia la luz. Por lo tanto, concluyeron que en esta zona se captaba el estímulo, aunque la respuesta se produjera más abajo. Luego se hace referencia a los nuevos experimentos que se realizaron más adelante y permitieron definir que las longitudes de onda correspondientes a la luz azul son las que estimulan a las plantas para producir los tropismos. Debemos aclarar que los contenidos relatados acerca del heliotropismo y la nictinastia no hacen referencia a las experiencias históricas ni se menciona la evolución de la construcción de estos conocimientos. En el margen izquierdo de la carilla se encuentra, en la parte superior, el sector “Conocé +” que indica la etimología de los términos heliotropismo y fototropismo. En la parte media, una fotografía con etiqueta verbal muestra la curvatura de los tallos debido a la incidencia de la luz lateral. En la parte inferior observamos una imagen de un campo de girasoles, indicándose que

sus hojas y flores se mueven para recibir a pleno la luz del sol durante todo el día.

Destacamos la mención de Charles y Francis Darwin como realizadores de las experimentaciones correspondientes al fototropismo. Sin embargo, consideramos que sería necesario completar la información con datos que revelen cómo fue realizada dicha experiencia, cuáles fueron los antecedentes de padre e hijo en relación a la botánica, de qué modo influyó dicha experiencia en la construcción de los conocimientos y cómo se llegó a determinar que las longitudes de onda correspondientes a la luz azul estimulan los tropismos.

Hemos mencionado ya, al analizar los textos anteriores, los antecedentes de Charles Darwin en la botánica y la necesidad de describir con mayor detalle la experiencia histórica para que los estudiantes puedan replicarla, tal como sugiere el diseño curricular vigente. Consideramos que los alumnos, a partir de los conceptos trabajados en segundo año, tienen conocimiento de Darwin en relación a la teoría de la evolución y puede resultarles extraña su incursión en la botánica.

En la pág. 38 se trata el tema de la gravedad como estímulo (ver Anexo, fig.51). Se comienza relatando el valor de la capacidad de las plantas para responder a la gravedad en beneficio de su supervivencia. Se detalla la posición de los estatolitos (organelas que contienen almidón) como la responsable de la orientación de la raíz y del tallo a favor o en contra de la gravedad. A continuación, se mencionan los experimentos realizados a fines del siglo XIX y principios del siglo XX, para los que se utilizó el clinóstato, un dispositivo donde la planta giraba sobre su eje longitudinal, ideado para eliminar el estímulo gravitatorio. La respuesta era la flexión hacia abajo de las hojas. La explicación que se daba a este comportamiento era que las hojas respondían a una tensión mecánica por el movimiento del clinóstato. Recientemente, al observarse que las plantas desarrolladas en situación de ingravidez en un transbordador espacial también responden flexionando las hojas, se llegó a la conclusión de que la flexión es por falta de gravedad y no por estímulos mecánicos.

Por debajo del texto se encuentra una imagen en la que se presentan dos esquemas de observaciones microscópicas de grupos de células en las que se destacan el núcleo y la posición de los estatolitos. La etiqueta verbal indica que se trata de una raíz en posición vertical y la otra en posición horizontal, cuyos estatolitos cambian de ubicación atraídos por la gravedad. Otra imagen de una pequeña planta completa se encuentra en el margen superior izquierdo de la carilla. Su etiqueta verbal indica que el tallo presenta gravitropismo negativo y la raíz gravitropismo positivo.

En la parte inferior de la carilla se encuentran las consignas para recordar, relacionar y resolver. La primera propone realizar esquemas macro y microscópicos. La segunda sugiere

reflexionar acerca de las ventajas adaptativas del gravitropismo en la raíz y en el tallo. La tercera indica diseñar un experimento para probar qué porción del extremo de la raíz recibe el estímulo gravitrópico; comparar el diseño con el de los compañeros, discutir las ventajas y desventajas y elegir el que parezca más útil para cumplir el objetivo propuesto.

Creemos que resultaría útil un relato más pormenorizado. Sería necesario describir cómo fueron sucediendo los principales acontecimientos hasta llegar a los conceptos que se manejan hoy en día. Se requirieron muchos esfuerzos para llegar a identificar la sustancia que hoy conocemos como auxina. En este sentido, en los últimos años, hubo avances significativos con respecto a la biosíntesis, el transporte y la percepción de la misma.

En la pág. 39 se encuentra el apartado denominado “Ciencia sin fin” cuyo título es “Descubriendo la fotoperiodicidad” (ver Anexo, fig.52). El relato comienza ubicando en el siglo XIX a los primeros estudios sobre el fotoperíodo. Se menciona al botánico inglés Arthur Henfrey (1819-1859) como un precursor en el reconocimiento de la influencia de la duración del día en las plantas. No resultó sencillo que, en 1852, el mundo científico acepte esta idea. Recién en la década de 1910, el científico francés Julien Tournois se dedicó a estudiar la influencia de la cantidad de horas de luz en la floración del lúpulo. En 1914 enunció que cuando estas plantas desde su germinación se exponen a períodos de iluminación muy cortos, se presenta una floración precoz y esto se debe fundamentalmente al alargamiento de las noches. La muerte halló a Tournois combatiendo durante la Primera Guerra Mundial, situación que le impidió continuar con sus estudios. Para terminar este párrafo se presenta una consigna que propone pensar la causa por la que, en aquella época, a los científicos les resultaba tan lejana la relación entre la floración y la duración del día.

A continuación, se menciona al botánico Georg Klebs (1857-1918), quien en la misma época que Tournois, en Alemania, trabajó con plantas de siempreviva y observó que florecían al recibir varios días de luz constante. Klebs relacionó este comportamiento con la nutrición y para comprobarlo comparó los resultados obtenidos aplicando intensidades bajas durante largos tiempos e intensidades altas durante tiempos cortos. Sin embargo, no obtuvo los resultados que esperaba ya que las plantas no se comportaron de igual manera. Esto sugirió que el factor tiempo era importante. En 1920 Wightman Garner (1875-1955) y Harry Allard (1880-1963), quienes trabajaban en los laboratorios del Departamento de Agricultura en Estados Unidos, observaron que las plantas de tabaco, que crecían en el campo, llegaban a una altura de 3 a 5 metros durante los meses de verano pero no florecían. Sin embargo, en el invernadero, durante los meses de invierno, alcanzaban la altura de 1 metro y florecían sin inconvenientes. Terminado el párrafo se presentan dos consignas para el lector. En primer lugar, se solicita la opinión acerca de la

elección de las especies de plantas para estudiar el fotoperíodo y cuáles serían las diferencias, si se eligen unas en lugar de otras. La segunda consigna solicita determinar si Garner y Allard se dedicaban a la ciencia básica o a la ciencia aplicada y justificar la respuesta.

En el siguiente párrafo se aclara que estos dos científicos experimentaron con varios factores ambientales en los campos de verano y en los invernaderos, sin poder llegar a la conclusión de que alguno de ellos afectaba a la floración. Sabían que la duración del día variaba a lo largo de la temporada pero les parecía muy lejana la posibilidad de que ese factor fuera el que controlaba la floración. Seguidamente se plantea la consigna que propone emitir la opinión acerca de lo que sucedería cuando un científico, antes de iniciar su investigación, se encuentra convencido de que un determinado resultado no es posible.

Finalmente se menciona la sorpresa de estos investigadores al obtener sus resultados, probablemente porque no conocían los antecedentes europeos y porque en el pensamiento científico de la época aún no estaba arraigada la idea de que las plantas podían responder a la duración del período de luz y de oscuridad. Debajo de este párrafo se encuentran las dos últimas consignas. La primera interpela acerca de la relación entre la Primera Guerra Mundial y la construcción del conocimiento acerca del fotoperíodo. La segunda lo hace acerca de la relación entre los avances tecnológicos en la comunicación y el desarrollo del conocimiento científico.

Queremos destacar la especial relevancia que adquieren las consignas para la reflexión que se ofrecen en esta página, principalmente las que nos solicitan tener en cuenta el contexto de la época, pensar en la apertura o cierre de posibilidades determinadas por la actitud del científico y en la importancia de la comunicación para el desarrollo del conocimiento científico.

Creemos que sería interesante mencionar que, gracias al trabajo realizado a lo largo de los años por los científicos mencionados, entre otros, se llegó a clasificar a las plantas en aquellas en las que los días cortos promueven la floración, aquellas en las que los días largos la estimulan y aquellas que lo hacen en forma indistinta. En realidad, cada planta florecerá cuando la duración del día caiga por debajo de su fotoperíodo crítico o cuando se eleve por encima de su propio umbral. Por lo tanto, el “día corto” para una planta puede tener la misma longitud que el “día largo” para otra (Kobayashi y Weigel, 2007). Consideramos que hay mucho aún por investigar al respecto. Los estudios genéticos y biomoleculares que se perfeccionan gracias al uso de nuevas tecnologías, permitirán, sin dudas, reafirmar la provisionalidad del conocimiento científico y construir nuevas redes que sustenten innovadoras miradas acerca de la

fotoperiodicidad.

Capítulo 3: Estímulos y respuestas en los animales (pág. 47 a 62)

El capítulo se inicia con una carátula en la que se observan tres imágenes. La de mayor tamaño es una fotografía de dos insectos sobre una hoja verde. Las otras dos, de tamaño menor presentan a un pavo real y un gato. En la mitad inferior de la carilla, la sección “Punto de partida” presenta, como disparador, una situación de la vida cotidiana relacionada con una mascota y propone cuatro consignas, a fin de recabar las ideas previas de los estudiantes acerca de los estímulos y respuestas en los animales.

El cuerpo central del capítulo presenta doce páginas y desarrolla las siguientes temáticas principales: Percepción y respuesta en los animales. Estímulos lumínicos, mecánicos, químicos y otros tipos. El comportamiento. El apartado “Ciencia sin fin” ocupa una carilla completa y será objeto de nuestro análisis más adelante. En la segunda y octava página de este cuerpo se localizan dos pequeños apartados que ocupan parte del margen derecho de cada carilla, titulados “Conocé +”, en los que se amplía la información. En la última página del cuerpo central se encuentra una pequeña sección denominada “Pensar en ciencia”. La misma ocupa la parte media del margen derecho y detalla las condiciones para elegir correctamente las variables a la hora de realizar un experimento. En la parte inferior de cinco de estas páginas, se encuentran consignas (entre dos y cinco) para ser respondidas por el estudiante, con el fin de recordar, relacionar, investigar y experimentar.

Las tres páginas finales del capítulo corresponden a secciones especiales. Dos de ellas pertenecen al apartado “Puntos de vista”. La primera carilla se titula “Perros ‘bien educados’” y la segunda “Perros ‘mal educados’”. En esta última se encuentra la sección “Tomo la palabra” en la que se proponen tres consignas a responder mediante el análisis, la investigación, argumentación y opinión. La última página del capítulo comprende las “Actividades finales”. En ella se proponen cinco consignas, una de las cuales analizaremos más adelante.

Para comenzar el análisis histórico de los contenidos del capítulo nos remitiremos a la sección “Ciencia sin fin”, en la pág. 57, la cual se titula “La visión en colores” (ver Anexo, fig.53). El relato comienza con la mención del físico inglés Isaac Newton (1642-1727). En principio se indica que se hizo famoso, allá por 1666, a nivel mundial e histórico, por emitir hipótesis a la sombra de un manzano. Luego se menciona que también se dedicaba a pensar en la luz y utilizando un prisma, demostró que la luz blanca está compuesta por un espectro de siete colores donde cada componente no puede separarse en otros. Consideró que estos serían

los colores primarios. Sin embargo, los pintores podían demostrar una realidad distinta al lograr toda la paleta de colores mezclando sólo rojo, azul y amarillo. El párrafo concluye con una consigna que propone opinar acerca de lo que ocurre cuando un científico elabora una teoría que se contrapone con un dato de la realidad.

Al analizar este primer párrafo nos surgen algunos interrogantes, ¿Es posible que un científico alcance la fama por hipotetizar debajo de un árbol? ¿Qué mensaje se transmite a los estudiantes con esta información? ¿Un científico se dedica a “pensar” en algo y así surge la construcción de sus conocimientos? Si bien es verdad que el episodio de la caída de la manzana es muy popular, debemos decir que, de tener algo verdadero, simplemente favoreció una serie de asociaciones en la mente de Newton, quien en ese momento ya había leído varias obras de matemática, astronomía y filosofía. A diferencia de lo que habitualmente se presenta en los libros didácticos y de divulgación, el proceso que dicho científico llevó a cabo para construir los conocimientos fue muy complejo. Pasó por cambios conceptuales, metodológicos, errores, frustraciones, etc. (Gómez-Martínez, 2015). Como docentes podemos aprovechar este tipo de anécdotas presentes en libros de texto y otros materiales de lectura, a fin de aportar contraejemplos que nos permitan comparar e identificar los puntos fallidos del episodio de la manzana. De este modo, estimularemos la comparación y discusión de ideas, es decir el pensamiento crítico de nuestros estudiantes (Martins, 2009). Nos parece importante el hecho de destacar la mención de una hipótesis que luego resultó refutada por la experiencia de los pintores. Resaltamos la utilidad de la consigna que invita a reflexionar acerca de la contraposición de los datos de una teoría con los de la realidad cotidiana.

A continuación, se menciona al científico inglés Thomas Young (1773-1829), quien en 1802 enunció la teoría que destaca la percepción del color como resultado de la acción conjunta de tres receptores que se encuentran en la retina humana, cada uno sensible a una determinada longitud de onda (rojo, azul y verde). Luego se indica que el científico alemán Hermann von Helmholtz (1821-1894) corroboró y amplió esta teoría en 1856. Demostró, mediante experiencias, que la mayoría de las sensaciones de colores se podían conseguir superponiendo tres fuentes de luz de los colores primarios. A partir de estos estudios se postuló la teoría tricrómica o de Young-Helmholtz. Al terminar la descripción se presentan dos consignas, una acerca de las características que necesitarán tener estos científicos para desarrollar sus teorías y otra acerca de la relación entre la teoría y la experimentación en la investigación científica de un fenómeno natural.

Nos parece importante el sentido de continuidad que se aprecia al describir los estudios realizados por Young y Helmholtz. También consideramos sumamente relevantes las consignas

presentadas, que invitan a profundizar en las características del científico y relacionar el bagaje teórico necesario para la realización de las experiencias científicas, a fin de que el estudiante se acerque a una imagen más real del científico y de la ciencia.

En el siguiente párrafo se hace referencia al fisiólogo alemán Ewald Hering (1834-1918), quien no estaba totalmente satisfecho con la teoría tricrómica y es así que postuló, en 1882, la teoría de los pares oponentes o procesos opuestos. Para enunciarla se basó en la observación de la imposibilidad de registrar ciertas combinaciones de color. Sugirió que el sistema visual funciona a partir de un sistema de oposición de colores primarios: rojo-verde y azul-amarillo (luego se consideró también blanco-negro). Sólo se puede registrar uno de los colores de cada par a la vez y estas percepciones se combinan para formar los múltiples colores de los objetos que observamos. Por esta razón no se podría percibir un color rojo verdoso o azul amarillento. La consigna que se presenta luego de la descripción de esta teoría se refiere al papel que juega la duda en el trabajo de los científicos.

Consideramos que un investigador que duda se aleja de la imagen de un genio, que por arte de magia descubre la verdad, y se acerca a la visión del conocimiento científico como provisorio. Por ello nos parece muy conveniente interpelar al alumno para que emita su opinión acerca del papel de la duda en el trabajo de los científicos.

Finalmente se presenta la visión actual que integra ambas teorías, dado que la recepción del color a nivel de los fotorreceptores de la retina se entiende gracias a la teoría tricrómica, la cual fue fundamentada fisiológicamente recién en 1965 cuando se hallaron tres clases de conos que absorben luz de una determinada longitud de onda: azul, verde y roja. En cambio, la teoría de los pares oponentes es más útil para comprender, a nivel cerebral, el procesamiento de la sensación de los colores. En estas teorías se sustenta la tecnología relacionada a la reproducción del color en la fotografía, televisión o la impresión gráfica. Las consignas propuestas al final del párrafo proponen analizar si podría haber surgido la teoría de los pares oponentes en el caso de descubrirse la existencia de los conos en el siglo XIX en lugar de en el siglo XX. También invita a investigar acerca de otros desarrollos tecnológicos que se fundamenten en estas teorías.

Consideramos de mucha utilidad mencionar la validez de ambas teorías para explicar las distintas facetas del proceso de la visión de los colores. Esto dejaría la idea de que no existe una única verdad, sino que los conocimientos se van complementando y resultan de un trabajo colaborativo en constante cambio. La pregunta acerca de si hubiera surgido la teoría de los pares oponentes de haberse descubierto antes la existencia de los conos nos lleva a analizar la importancia de los antecedentes registrados en la ciencia y en cierto modo el contexto en el que van surgiendo los conocimientos. La investigación propuesta acerca de los desarrollos

tecnológicos fundamentados en estas teorías, acerca al estudiante a la relación ciencia-tecnología y sociedad de tanta importancia en los tiempos que corren.

En la pág. 58 se trata el tema del comportamiento (ver Anexo, fig.54). Luego de definir este término, se menciona que las investigaciones del comportamiento animal y humano, desde el punto de vista evolutivo y genético, se iniciaron a comienzos del siglo XX.

Consideramos interesante que los alumnos puedan revisar algunos de los descubrimientos previos importantes. Ya en la primera mitad del siglo XVII, Descartes afirmaba que los cuerpos de los animales y de los hombres actúan como máquinas. Durante los siguientes tres siglos el pensamiento científico acerca del comportamiento de los animales fluctuaba entre la visión mecanicista, según la cual se movían sin conciencia, y una visión contraria que asumía a los animales con pensamientos y sentimientos similares a los seres humanos. A partir del *The Origin of Species*, publicado en 1859, se instaló la duda acerca de la visión mecanicista del comportamiento animal. Darwin fue uno de los primeros en ocuparse de la variación en el comportamiento dentro de una misma especie. En *The Descent of Man*, publicado en 1871, concluyó que los rasgos del temperamento de los animales son heredados y que las diferencias del comportamiento humano con el de los animales superiores son de grado pero no de clase (Grandin y Deesing, 1998).

A continuación, bajo el subtítulo “El comportamiento innato”, se menciona Lorenz y Tinbergen como los ganadores del premio Nobel en 1973 y los que introdujeron nuevos conceptos en el campo de la Etología. Se describe la observación que hicieron de la gansa que, al ver un huevo fuera de su nido, lo hacía rodar hasta meterlo en él. Se describen diversos factores que condicionan los comportamientos innatos, como por ejemplo la edad del animal. También se hace referencia a la variedad de estímulos-señales, las semejanzas y diferencias de comportamientos entre las especies y la capacidad o incapacidad de algunas conductas instintivas para ser modificadas por el aprendizaje y la experiencia. En el margen izquierdo de la carilla se encuentran tres imágenes. Dos son fotografías ubicadas en la parte superior, cuya etiqueta verbal hace referencia a la construcción de nidos diferentes en cada especie. La imagen inferior muestra a un ternero mamando y su etiqueta verbal indica que es una conducta innata, indispensable para la supervivencia del recién nacido y para su vida social posterior.

Como hemos mencionado antes, creemos que sería importante que el libro incluya la trayectoria del trabajo de los científicos que derivó en el desarrollo de la etología. Al ampliar el relato se destacaría el trabajo colaborativo de los científicos y los antecedentes que influyeron a la hora de hacer ciencia; se evitaría instalar la imagen de Lorenz y Tinbergen como grandes

genios que sólo por su capacidad y buena suerte llegaron a recibir el Premio Nobel de Medicina.

En la última página del capítulo, en una de las cinco consignas generales que presenta la sección denominada “Actividades finales”, se propone investigar acerca del aprendizaje en el uso de herramientas utilizando cuervos. Se menciona como un referente en ese sentido al biólogo argentino que trabaja en el Reino Unido, Alejandro Kalcenik (n.1946) (ver Anexo, fig.55). Consideramos relevante la indicación de la búsqueda de información acerca de un científico argentino y contemporáneo. La sugerencia de alguna referencia bibliográfica o sitio web de consulta facilitaría la investigación adecuada de los estudiantes.

Capítulo 7: Control endocrino en el ser humano (pág. 113 a 130)

El capítulo comienza con una carátula que muestra tres imágenes. La más grande presenta la fotografía de un juego de dardos. Las otras dos muestran la cara preocupada de un típico adolescente con granitos y una pareja dándose un beso en la boca. En la mitad inferior de la página se encuentra la sección “Punto de partida” en la que se relata una situación de la vida cotidiana acerca de los adolescentes y el acné que los aqueja. A continuación, se enuncian cinco preguntas que pretenden recabar las ideas previas de los estudiantes acerca del tema presentado.

El desarrollo central del capítulo consta de catorce páginas cuyos temas principales son: Las características del sistema endocrino, las glándulas endocrinas y su función, la hipófisis como glándula maestra, los tipos de glándulas, las hormonas en la adolescencia, el páncreas y la regulación de la glucemia, la homeostasis y la osmorregulación, el eje hipotalámico hipofisario: el control neuroendocrino. A lo largo de estas páginas, en la primera y novena carilla del desarrollo, se encuentran dos pequeñas secciones “Conocé +” que proporcionan información complementaria y una sección, en la séptima página, llamada “Pensar en ciencia”, de apenas seis renglones. Alternando página por medio, en la parte inferior de la carilla, localizamos en total siete secciones que proponen de una a cuatro consignas a fin de recordar, relacionar, resolver e investigar. El apartado “Ciencia sin fin” ocupa una página completa y a él nos referiremos más adelante.

Las tres últimas páginas del capítulo comprenden la sección “Puntos de vista” que ocupa dos carillas tituladas “Uso de esteroides anabólicos” y “Abuso de esteroides anabólicos”, que serán objeto de nuestro análisis posterior. La sección “Actividades finales” que ocupa la última carilla, comprende cinco actividades generales, ninguna de las cuales presenta consignas

relacionadas a la historia de la ciencia.

En la pág. 121 se trata el tema de la ovulación, la menstruación, la regulación del ciclo menstrual y los anticonceptivos hormonales (ver Anexo, fig.56). En la parte inferior de la carilla se proponen dos consignas. La segunda de ellas propone investigar a quiénes se denominó *castrati* y qué relación tiene este término con los temas estudiados hasta el momento. Consideramos que podría resultar difícil para el estudiante el hecho de entender las razones por las que se castraba a seres humanos si no se explica suficientemente el contexto de la época. Sería de utilidad proporcionar bibliografía de consulta, confiable y clara.

En la pág. 122 se aborda el tema del páncreas y la regulación de la glucemia (ver Anexo, fig.57). Luego de mencionar las dos hormonas que este órgano produce, se relata el arduo y largo camino que siguió el descubrimiento de la función endocrina del páncreas. El relato comienza mencionando un papiro encontrado en Egipto en el 1500 a.C., como uno de los primeros registros que se conocen sobre la función pancreática. En él se describe “un extraño mal en el cual los enfermos adelgazan, tienen hambre continuamente, orinan en abundancia y se sienten atormentados por una enorme sed”. Diez siglos después, en la India, se encontraron escritos que hablaban de “una enfermedad muy rara, propia de las personas obesas que comen muchos dulces y arroz, y cuya característica más significativa es que su orina tiene un sabor dulce”. Se indica que ambas descripciones refieren a dos tipos diferentes de diabetes, la insípida y la mellitus. Cientos de años después se implementó la técnica de diseccionar animales. La disección de un mono cuya orina era dulce evidenció el deterioro del páncreas. La pregunta planteada fue: ¿Qué relación existe entre el páncreas dañado y la orina dulce? Allí se exponen las investigaciones de von Mering, Minkowski y los aportes de Banting sobre el tema, que ya hemos mencionado en otros textos.

Al finalizar el texto encontramos una imagen que no tiene relación con la evolución histórica de la enfermedad sino con la anatomía del páncreas a nivel macroscópico y microscópico. En la parte inferior izquierda de la carilla se encuentra una fotografía del rostro de Banting, cuya etiqueta verbal hace referencia a su descubrimiento y al premio Nobel recibido. En la parte superior izquierda se localiza la sección “Conocé +” titulada “La enfermedad ‘dulce’” en la que se hace referencia a la etimología de la palabra diabetes mellitus y finaliza diciendo que el hallazgo de la orina dulce como la miel fue descubierto por los médicos recién a fines del siglo XIX.

Consideramos positivo el hecho de que se ocupe toda una carilla con conceptos relacionados a la historia de la ciencia. El mencionar los registros, algunos muy lejanos, de la enfermedad, permite intuir que Banting pudo apoyarse en dichos antecedentes. Sin embargo,

nos llama la atención que se mencione el “descubrimiento” de Banting como un trabajo aparentemente solitario por el que mereció el premio Nobel de Medicina. Si se relataran los acontecimientos que lo condujeron a sacar sus conclusiones, y los que ocurrieron con posterioridad, el estudiante apreciaría el trabajo colaborativo y también la provisionalidad de los conocimientos que van perfeccionándose con ayuda de la tecnología, contribuyendo dichos avances a mejorar la calidad de vida de los pacientes afectados por la diabetes.

En la pág. 125, el apartado “Ciencia sin fin” se titula “La orina y la detección del embarazo” (ver Anexo, fig.58). Comienza con la mención del autor finlandés Mika Waltari (1908-1979), quien en 1945 escribió una novela histórica llamada “Sinuhé, el egipcio”, en la que se relatan algunas prácticas médicas llevadas a cabo en el antiguo Egipto, unos 1350 años a.C. Como ejemplo de ellas se menciona que las mujeres, con motivo de averiguar si estaban embarazadas, debían sembrar semillas de trigo en una maceta, regarlas todos los días con orina y esperar que estas germinaran si es que el embarazo existía. El texto concluye expresando que, aunque parezca fantasía, esta determinación tiene un fundamento científico: la hormona que se encuentra en la orina de la embarazada hace crecer a las semillas. Al terminar el párrafo se localizan dos preguntas, una solicita la opinión personal acerca de si dicha detección del embarazo fue de avanzada para la época y la siguiente propone investigar qué otros aportes hizo la medicina egipcia.

Consideramos muy importante la invitación a reflexionar acerca de la relación entre un procedimiento y la época en la que se realizó. Esto favorecería en los estudiantes la toma de conciencia del contexto en que se propone dicha experiencia, la cual, a los ojos del presente, carecería de fundamento. Sería conveniente enunciar de qué manera han llegado estos conocimientos de la medicina egipcia a manos de escritores como Waltari, entre otros. Los papiros médicos donde se describen los diagnósticos y tratamientos que mezclan los conocimientos médicos con la religión, son una de las principales fuentes. Otras, son los fragmentos de piedra caliza donde se tomaban apuntes, las cartas privadas y también el estudio de las momias y otros restos humanos. La fertilidad era el bien máspreciado y ocupaba el centro de atención de los egipcios. Los médicos con especialidad en ginecología eran muy famosos. Los *test* de embarazo de los que disponían se basaban en analogías y no en evidencias científicas. Consideraban que si un ser vivo se desarrollaba dentro del cuerpo de una mujer, la orina de esta debería poder estimular también el crecimiento de las semillas. Cebada y trigo se colocaban en dos bolsas de tela que se regarían con la orina. Si la cebada germinara en primer lugar sería un niño, si fuera primero el trigo, una niña y si no germinara ninguno no existiría el

embarazo (Ramos y Mata, 2002).

A continuación, se hace referencia a la ansiedad presente en las mujeres por saber si están embarazadas, como una constante en todos los tiempos, y a la variación de las técnicas que se utilizan para comprobarlo. Se hace referencia a la experiencia de Aschheim y Zondek, en el año 1928, en la que se comprobó que la orina de las mujeres con embarazo confirmado, aumentaba el tamaño de los ovarios y folículos de las ratas. Esta práctica fue luego descartada ya que implicaba matar a los animales para examinar sus ovarios. El “misterio” que esconde la orina de las mujeres embarazadas se develó en 1930, cuando un grupo de científicos descubrió que dicha orina contiene gonadotrofina coriónica. Se menciona al médico argentino Carlos Galli Mainini y la publicación de su trabajo “Diagnóstico del embarazo con sapos macho”. Para terminar este párrafo se interroga acerca de las similitudes, si es que las hay, entre el *test* de embarazo actual y los que se hicieron a lo largo de la historia.

Nos parece importante que se mencionen los estudios que fueron llevados a cabo por científicos como Aschheim y Zondek, aunque estas prácticas fueran descartadas luego. Esto nos da la idea de un trabajo colaborativo y provisorio de la ciencia. Resultaría importante mencionar a James Collip y sus colaboradores como esos científicos (el texto no los individualiza) que en 1930 descubrieron la gonadotrofina coriónica en la orina de la embarazada y así dieron lugar a que Galli Mainini encontrara el método de diagnóstico de embarazo utilizado a lo largo de muchos años.

Para responder la pregunta formulada al final del párrafo basta con leer la siguiente oración en la que se menciona el desarrollo de la biotecnología en los años 60 y con ella la llegada al mercado de las tiras reactivas de detección de gonadotrofina coriónica. El procedimiento consiste en mojar con orina la tira y esperar unos minutos. El extremo de la tira tiene anticuerpos contra esa hormona, por lo tanto, si existe la hormona, los anticuerpos se unen firmemente a ella y el resultado es positivo. Al finalizar el último párrafo se encuentra un interrogante abarcativo de todo el contenido ya que propone enunciar las ventajas de las mujeres actuales con respecto a las egipcias, en cuanto a la detección de embarazos y también la influencia del avance de la tecnología.

Creemos de mucha relevancia la relación ciencia-tecnología-sociedad que se deja entrever en este texto. Se muestra el conocimiento científico desarrollándose a lo largo del tiempo, perfeccionándose con ayuda de la biotecnología y brindando utilidad a las demandas sociales de un gran sector de la población.

La sección “Puntos de vista”, que abarca las págs. 128 y 129, trata el tema del uso y abuso de esteroides anabólicos (ver Anexo, fig.59 y 60). En la primera carilla, luego de definir

a estas sustancias sintéticas y mencionar sus efectos y usos médicos, se indica su origen a finales de la década de 1930, con el fin de tratar el hipogonadismo. También se mencionan los efectos negativos de su mala utilización o abuso. En la misma década se descubrió su incidencia en la síntesis proteica y el crecimiento de los músculos. Esto impulsó su uso por parte de los fisicoculturistas y levantadores de pesas y luego por los atletas en otros deportes. En la segunda carilla se hace referencia específicamente al abuso de estos, indicando que en los años 40 fueron incorporados a las prácticas deportivas. En las Olimpiadas de 1952, los rusos obtuvieron todas las medallas en levantamiento de pesas, gracias a su uso. Si bien los médicos comenzaron a notar sus efectos adversos, su uso fue en aumento hasta 1975, año en que fueron prohibidos. Esto produjo algunas consecuencias en las competencias. Se menciona la descalificación de Ben Johnson en los Juegos Olímpicos de Seúl de 1988, quien por esta causa perdió la medalla de oro y el récord mundial. El Comité Olímpico Internacional incluye actualmente entre las listas de sustancias prohibidas para poder competir, 17 clases de anabólicos y compuestos relacionados. También se menciona que durante los años 80, muchos jóvenes comenzaron a utilizar esteroides anabólicos, aunque no eran atletas. Simplemente pretendían aumentar su masa muscular y mejorar su apariencia física y autoestima. El consumo se extendió a las mujeres. El Instituto Nacional sobre el Abuso de Drogas de los Estados Unidos probó que el uso indiscriminado y sin control de esteroides anabólicos produce severos problemas físicos y psíquicos. Los cambios que se presentan pueden ser reversibles o irreversibles. En la Universidad de Harvard se demostró que provocan importantes trastornos psicológicos.

Consideramos importante el hecho de que se describa la evolución en el uso de estas sustancias, desde su origen hasta sus idas y vueltas con respecto a su aprobación o ilegalidad, dejando en claro la provisionalidad de los conocimientos científicos. También creemos positiva la mención de la incidencia del uso de anabólicos en la sociedad así como de las instituciones científicas que se encargan de estudiar sus efectos, tales como el Instituto Nacional sobre el Abuso de Drogas de los Estados Unidos y la Universidad de Harvard.

En la parte inferior de la página, la sección “Tomo la palabra” presenta tres consignas que apelan a expresar la opinión o criterio de los estudiantes respecto de estas sustancias. En ambas carillas se encuentran imágenes que son superposiciones de ilustraciones y fotografías, sin etiqueta verbal. La que se muestra en la pág. 128 lleva superpuesta las palabras “Beneficios” y “Medicina” y sus figuras indicarían las utilidades de las sustancias en cuestión para determinados trastornos físicos. La imagen de la pág. 129 tiene superpuesta la palabra “Popular” y representa un collage de personas haciendo entrenamiento físico o mostrando su fuerza y musculatura, intercalada con la caricatura de un corazón enfermo y un *test* de embarazo

negativo. En el final de la página se indican las fuentes utilizadas. Estas son tres sitios web que los estudiantes podrían consultar para ampliar información, situación que consideramos muy favorable dado que en la mayoría de las páginas analizadas no existen referencias bibliográficas ni sitios web confiables a los que el estudiante pueda recurrir. Debemos mencionar que ninguno de los enlaces citados conduce a información acerca de la historia de los esteroides anabólicos. Simplemente hacen referencia a los efectos en el organismo.

Capítulo 8: Control hormonal en los animales y las plantas (pág. 131 a 144)

En la primera carilla del capítulo se encuentran cuatro imágenes muy coloridas en las que se observan fotografías de hojas secas, árboles frutales, una langosta y manzanas rojas y verdes. En la mitad inferior de esta página se presenta el apartado “Punto de partida” en el que se describe una situación de la vida cotidiana y se enuncian cinco preguntas que apuntan a recuperar saberes previos, relacionar y argumentar.

La parte central del desarrollo del capítulo consta de diez páginas. Los temas principales que se tratan en ellas son: Las hormonas vegetales; las funciones de las fitohormonas y el control hormonal en los invertebrados y en los vertebrados. En la quinta página, ocupando parte del margen izquierdo, se encuentra el apartado “Conocé +” donde se amplía la información. En la parte inferior de tres de estas páginas, se encuentran actividades que proponen de una a tres consignas para relacionar e investigar. Una de las carillas de esta parte central corresponde al apartado “Ciencia sin fin” y será objeto de nuestro análisis posterior.

Las tres últimas páginas del capítulo corresponden a secciones especiales: “Puntos de vista” que ocupa dos páginas referidas a la reproducción y castración de nuestras mascotas y “Actividades finales” con ocho consignas, ninguna de las cuales hace referencia a la historia de la ciencia.

Comenzaremos el análisis de los contenidos referidos a la historia de la ciencia en la pág. 133 titulada “El descubrimiento de las primeras fitohormonas” (ver Anexo, fig.61). En primer lugar, el texto comienza expresando que llevó muchos años de investigación el hecho de asociar las funciones vegetales con la acción de las fitohormonas. Algunos comportamientos, como la orientación de los tallos hacia la luz, llamaban la atención de los científicos. De este modo surgió una pregunta acerca de la causa que produce esta curvatura. Después de varias investigaciones se llegó a la conclusión de la intervención de las auxinas (primeras fitohormonas identificadas) en la regulación del fototropismo.

Valoramos la mención del tiempo que lleva la investigación y las preguntas que surgen

de ella. Se vislumbra un trabajo colaborativo ante la mención de las varias investigaciones que fueron necesarias para elaborar una conclusión. Consideramos que sería importante aclarar que se continúa investigando sobre el tema para evitar el pensamiento de que se ha llegado a “la verdad”. También resultaría positivo enunciar la forma en que se fueron sucediendo en el tiempo las muchas investigaciones a las que se hace referencia y la colaboración de la tecnología para llegar a conclusiones más fehacientes.

A continuación, bajo el subtítulo “Las auxinas”, se menciona a estas hormonas como las responsables de los movimientos de las plantas frente a los estímulos y se plantea el interrogante acerca de cómo lo hacen. La respuesta a dicha pregunta comienza diciendo “Hoy sabemos...” para luego explicar el desplazamiento de estas hormonas de la cara iluminada hacia la no iluminada. Nos parece pertinente comenzar de esta manera la respuesta, dado que instala la idea del conocimiento provisorio, con posibilidad de modificarse a medida que transcurren las investigaciones y se obtienen sus resultados.

En el margen derecho de la carilla se encuentran dos imágenes, una superior y otra inferior. La primera corresponde a una fotografía de una maceta con una planta, cuyos tallos y hojas verdes se encuentran inclinados hacia la luz que penetra por una ventana. Su etiqueta verbal menciona el fototropismo positivo que poseen los tallos y el fototropismo negativo que poseen las raíces. La segunda imagen es un esquema que representa una visión microscópica del ápice que es impactado por la luz y la curvatura que se produce por la migración de las auxinas. En la etiqueta verbal se aclara que su desplazamiento provoca un mayor alargamiento celular en el lado opuesto, de modo que en esta representación se puede observar el doblamiento del tallo que surge como consecuencia. Creemos que las imágenes presentadas son adecuadas y colaboran a la comprensión del texto. De todos modos, podría presentarse una confusión ante la mención del fototropismo negativo en la raíz, ya que esta no toma contacto con la luz debido a que se encuentra en una maceta. También consideramos que debería aclararse que la representación presentada en el esquema inferior es una vista microscópica del ápice.

En el cuarto inferior de la carilla se localizan las actividades de relación que incluyen dos ítems principales. Luego de solicitar la observación de un esquema en el que se representa la experiencia realizada por los Darwin, en el año 1880, para estudiar el comportamiento de las plantas frente a la luz, se indaga acerca del nombre de este comportamiento, la duda o curiosidad que funcionó como punto de partida en esta investigación, la variable estudiada, la hipótesis sometida a prueba, los resultados y las conclusiones obtenidas. Consideramos muy interesante hacer un recorrido de la secuencia lógica de acontecimientos llevados a cabo hasta llegar a plantear esta experiencia y realizarla. Si bien creemos que podría llegar a ser más útil la

reproducción de la experiencia histórica, también es cierto que el análisis de esquemas es una buena opción para iniciar el camino recorrido por los científicos. En el segundo ítem se propone comparar la regulación y coordinación de las fitohormonas con la de las hormonas en el ser humano. Siempre resulta de mucha utilidad establecer relaciones entre temas estudiados en diferentes bloques y favorecer una mirada integral de las funciones de los seres vivos.

En la pág. 137 se encuentra el apartado “Ciencia sin fin” titulado “Fitohormonas sin fronteras” (ver Anexo, fig.62). Comienza mencionando los experimentos de Charles Darwin y su hijo, en 1881, como los que dieron los primeros indicios de sustancias que regulan el crecimiento de las plantas hacia la luz. Cabe mencionar que en la pág. 133 la experiencia de los Darwin se data en 1880. Creemos que en la página actual se hace referencia a la publicación de dicha experiencia en *The Power of Movement in Plants*, el último libro escrito por Charles Darwin antes de fallecer; en cambio en la pág. 133 se indica el año en que se realizó la experiencia.

A continuación, se menciona a Fritz Went como el fisiólogo holandés que en 1926 comprobó la relación entre el comportamiento mencionado y la fitohormona contenida en el ápice de los tallos. Este fue el disparador para nuevos estudios. Ese mismo año en Japón, el científico Eiichi Kurosawa estudiaba la bakanae, una enfermedad de las plantas de arroz que provocaba su crecimiento desproporcionado, entre otros efectos. Descubrió que una sustancia química producida por el hongo *Gibberella fujikuroi* causaba la enfermedad y la denominó giberelina. En el año 1935, otro científico japonés, Teijiro Yabuta (1888-1977) logró aislar la giberelina en cultivos de este hongo. Este hallazgo sólo fue el punto de partida para nuevas investigaciones que intentaron responder nuevas preguntas tales como si la giberelina también es fabricada por plantas no infectadas y si influye en su crecimiento.

Notamos que se presentan los acontecimientos científicos en cadena. Se habla del puntapié inicial para nuevos estudios, del primer paso y del punto de partida para nuevas investigaciones. Esta terminología invita a pensar que los trabajos se van complejizando y van tomando como base a los anteriores, en una especie de gran trabajo colaborativo. Sería importante completar un poco la información a fin de presentar las disidencias, resultados erróneos, rectificaciones, etc. Acompañar el relato con la mención del contexto sería lo ideal. Debido a la Segunda Guerra Mundial estos trabajos pasaron desapercibidos en Occidente hasta muchos años después. Valoramos la pregunta que se localiza al final del párrafo. Esta interpela la opinión de los estudiantes acerca de si el lugar geográfico, la sociedad y la época histórica influyen en las investigaciones de los científicos y cuál de estos aspectos influyó

considerablemente en el descubrimiento de la giberelina.

Recién en 1956 pudo extraerse giberelina de diferentes especies de plantas por diversos métodos fisicoquímicos. Se comenzó a inyectar en plantas enanas y sus tallos se alargaron de manera inusual. El experimento fue un éxito. Las experiencias continuaron y se identificaron distintas variedades de esta hormona. Posteriormente los científicos comprobaron que intervienen en la germinación y floración. En la actualidad se utilizan con fines comerciales, para aumentar el tamaño de las uvas. El párrafo concluye con dos preguntas acerca de si les hubiera gustado ser discípulos de Eiichi Kurosawa y por qué. La segunda se refiere a las sugerencias que podrían haber realizado en sus investigaciones. Creemos que resulta interesante poner a los alumnos en el papel de científicos, invitarlos a sugerir aportes en la investigación y de este modo desarrollar su creatividad. Consideramos que sería importante destacar que esos aportes se ofrecen desde un contexto muy diferente al que vivió el científico y con condiciones y recursos que distan mucho de los disponibles en la década de 1920.

En la pág. 140 se trata el tema del control hormonal en los vertebrados (ver Anexo, fig.63). Luego de una breve introducción, en la que se define a los vertebrados y se presenta a su sistema endocrino como muy semejante al de los seres humanos, se inicia un relato acerca de las hormonas en los mamíferos y en las aves. Se trata el tema de la regulación del celo en las perras, la secreción de insulina en los mamíferos, la regulación hormonal de la lactancia y la función de la testosterona en mamíferos y aves. A continuación, se hace referencia a las primeras experiencias realizadas con gallos en 1849, a fin de interpretar el rol de los testículos. Si bien no se conocía la testosterona, se concluyó que “algo” producido por el testículo y liberado a la sangre era el responsable del crecimiento de la cresta del gallo y no se hallaba en las gallinas. Para comprobar esto se trabajó con dos grupos de tres gallos cada uno. Al primer grupo se le extirparon los testículos. También se realizó este procedimiento con el segundo grupo, pero en este caso se reimplantaron luego en otra zona del cuerpo. Como resultado el primer grupo no desarrolló cresta ni plumaje y perdió su agresividad e impulso sexual. En cambio, las aves del segundo grupo se desarrollaron en forma normal. Esta experiencia demostró el transporte de estas sustancias mediante la sangre y su efecto en otros tejidos del cuerpo.

Resulta útil la mención de una experiencia que permitió transitar un camino hacia el descubrimiento de la forma de transporte y efectos de la que luego se llamaría hormona sexual masculina o testosterona. Sin embargo, consideramos que la información se encuentra extremadamente reducida. ¿Quiénes fueron los autores de esta experiencia? ¿Bastaron seis gallos para entender la acción de dichas sustancias? ¿Qué antecedentes se conocen? ¿Cómo

continuaron estas investigaciones? Estos interrogantes deberían ser puestos en consideración para abrir debate en el aula y convertir estos espacios en foros de intercambio acerca de la forma en que, a lo largo de la historia, se buscó comprender el funcionamiento de los organismos.

En el margen izquierdo de esta última página analizada se encuentran tres imágenes. La superior es una foto de una cría de mamífero mamando. Su etiqueta verbal menciona a la prolactina como la hormona que estimula la producción de leche. En la parte inferior se encuentran dos imágenes que comparten una misma etiqueta verbal. Una es la foto de un gallo y la otra de un león rugiendo. Se menciona a la cresta de los gallos y la melena del león como productos de la testosterona. Creemos que son pertinentes y están en concordancia con el tema tratado.

Valoración general

Al valorar integralmente los capítulos analizados de este texto podemos concluir que poseen contenidos referentes a la historia de la ciencia, aunque en algunas ocasiones resultan escasos y sería conveniente ampliar la información y realizar un relato más pormenorizado para que los estudiantes puedan comprender de manera fehaciente cómo se lleva a cabo la construcción de los conocimientos científicos. Realizando un balance cuantitativo, observamos que los capítulos analizados constan de setenta y ocho páginas, de las cuales diecisiete poseen al menos algún contenido referido a la historia de la ciencia, es decir aproximadamente un 22% del total.

Debemos destacar que estos contenidos se encuentran intercalados en el desarrollo del texto, formando parte del relato principal y también en apartados como el que se titula “Ciencia sin fin” que ocupa una carilla completa en cada capítulo y relata exclusivamente acontecimientos históricos, intercalando preguntas que invitan a la reflexión acerca del pensamiento científico de la época.

Con respecto al tipo de historia incluida, debemos decir que no se mantiene un criterio uniforme ya que en algunas ocasiones la información presentada carece del marco de ideas dominantes de la época y de la mención de los obstáculos que debieron sortear los científicos. Si bien en otros pasajes del texto, se propone a los estudiantes ponerse en el papel de científicos de otra época, no se hace referencia a las diferencias de contexto y de recursos disponibles. Sin embargo, en otras oportunidades se realizan sugerencias acerca de las dificultades presentadas para la aceptación de determinadas ideas por parte del mundo científico (por ejemplo, la idea

de la influencia de la duración del día en las plantas en 1852), se menciona la muerte de un científico como Julien Tournais combatiendo en la Primera Guerra Mundial, se muestra la sorpresa de los científicos de Estados Unidos ante los resultados de las investigaciones, dado que no conocían los antecedentes europeos, manifestando así la ausencia de globalización y se invita a los estudiantes a considerar el contexto en el que surgen los conocimientos.

Debemos destacar que, en varias oportunidades, se considera una historia externalista al hacer referencia a factores como la importancia de la comunicación para el desarrollo del conocimiento científico, la influencia del desarrollo tecnológico, la utilidad de la biotecnología para satisfacer las demandas sociales, la incidencia en la sociedad de la aprobación del uso de determinados derivados hormonales, así como la interpelación al alumno acerca de la influencia del lugar geográfico, la sociedad y la época en las investigaciones de los científicos.

En cuanto a la consideración de trabajos individualistas o colaborativos, debemos mencionar que, si bien en contadas ocasiones se presentan a algunos científicos como personajes iluminados -tal es el caso de von Bertalanffy, Banting, Lorenz y Tinbergen- en muchos otros relatos se vislumbra un trabajo colaborativo, por ejemplo al considerar teorías que se complementan, acontecimientos científicos en cadena, trabajos que se van complejizando tomando como base a los anteriores o la necesidad de varias investigaciones para elaborar una conclusión.

Podemos decir que el texto por momentos deja entrever la provisionalidad del conocimiento científico, al mencionar hipótesis que fueron refutadas con el paso del tiempo, interpelar a los estudiantes acerca del papel de la duda en el trabajo de los científicos, comentar acerca de estudios y prácticas llevadas a cabo y luego descartadas o las idas y vueltas en la aprobación o ilegalidad del uso de determinadas sustancias. También remite a la provisionalidad la sutileza en el lenguaje al comenzar determinadas frases como “Hoy sabemos...”, en referencia al desplazamiento de las auxinas. Sin embargo, en determinados pasajes, se requeriría ampliar la información para evitar que se realicen asociaciones de los conocimientos como verdades definitivas. Consideramos que hacer referencia al interesante futuro que tendrán las investigaciones, con ayuda de la biotecnología, o a la forma en que continuamente se van perfeccionando los ensayos clínicos, serían interesantes modos de instalar la idea de que el conocimiento científico se encuentra en continuo cambio, muy alejado de las verdades definitivas que en ocasiones se enquistan en el imaginario de los principiantes.

En el desarrollo del capítulo se presentan imágenes que son pertinentes, están en concordancia con el tema tratado, son atractivas, coloridas, con etiquetas verbales relacionadas con el texto. Sin embargo, debemos mencionar que sería importante explicitar cuando las

imágenes son representaciones microscópicas. Por otro lado, el apartado “Ciencia sin fin”, que ocupa una carilla en cada capítulo y relata contenidos de historia de la ciencia, no presenta imágenes. Tampoco se encuentran imágenes que remitan a la época histórica mencionada en el desarrollo de los capítulos, excepto una fotografía en blanco y negro de Banting, en la pág. 122. Creemos que sería positivo incluir este tipo de imágenes para colaborar con la comprensión del contexto y las circunstancias de la época mencionada.

Con respecto a las actividades de aprendizaje relacionadas con la historia de la ciencia, debemos mencionar que se presentan muy buenas preguntas para resolver en el apartado “Ciencia sin fin” de cada capítulo. Estas inducen a la reflexión y a la formación de una imagen de la ciencia en concordancia con la que queremos transmitir a los estudiantes. Interpelan en relación al contexto en el que sucedieron los acontecimientos, las actitudes del científico, el proceso de la comunicación, la contraposición de la teoría con la realidad cotidiana, la relación del bagaje teórico con la realización de experiencias, el papel de la duda en el trabajo científico, la importancia de los antecedentes, del desarrollo tecnológico y las demandas de la sociedad, entre otros factores. En cuanto al desarrollo del capítulo, debemos decir que en las actividades que se proponen en la parte inferior de varias de sus carillas, no se presentan propuestas relacionadas a la historia de la ciencia, excepto en dos de las 24 secciones que encontramos en los capítulos analizados. Con respecto a las actividades finales que se encuentran en la última página de los cinco capítulos analizados, sólo en el capítulo 3 se propone una investigación que hace referencia a un biólogo argentino contemporáneo que trabaja en el Reino Unido, situación que podría llevar a ahondar en sus antecedentes y forma de trabajo de los científicos en general.

Las experiencias históricas son presentadas en reiteradas ocasiones como resultados acabados. Es escasa la información con respecto a cómo se realizaron y cuál fue su influencia en la construcción de los conocimientos científicos. Consideramos que, si se dieran mayores detalles, esto podría incitar a los alumnos a replicarlas y de este modo favorecer su entendimiento en el contexto en que fueron realizadas. Algunas experiencias importantes, como las de Went, no son mencionadas. En una ocasión se propone el análisis de esquemas de la experiencia llevada a cabo por los Darwin. Sin embargo, creemos que resultaría de mayor utilidad para los estudiantes la propuesta de reproducir dicha experiencia histórica. Insistimos en que, en los casos en que se mencionan las experiencias, por ejemplo, la que se realizó con gallos y que permitió transitar un camino hacia la identificación de los efectos de la testosterona, su descripción resulta muy escasa, omitiendo información acerca de los antecedentes, la forma en que continuaron estas investigaciones, los autores de la experiencia, etc. El estudiante podría quedarse con la idea de que bastaron seis gallos para entender la acción de las hormonas

sexuales masculinas.

Consideramos que existe una carencia importante, a lo largo de todo el texto analizado, en cuanto a la sugerencia de ampliación de información y propuesta de bibliografía acerca de la historia de la ciencia. Si bien tenemos en cuenta que muchas veces en pos del desarrollo de los temas en profundidad, se limita la información acerca de su origen y construcción, creemos que sugerir sitios web o ampliación de bibliografía al respecto, sería una forma de ofrecer, al menos a los más interesados en ciencias, un camino a recorrer.

Teniendo en cuenta la adaptación al programa y currículo vigente, podemos decir que, si bien hay un intento por incluir conocimientos relacionados a la historia de la ciencia, no se puede apreciar el proceso de construcción de teorías y su evolución en el tiempo, a la luz de nuevas ideas, tal como lo sugiere el diseño curricular. En forma general no se ofrece el contexto en el que se elaboraron las teorías, las preguntas que se buscan responder con ellas o las otras teorías con las que están en discusión. Sólo podemos mencionar al apartado “Ciencia sin fin” como el que ofrece algunos interrogantes que conducen a la investigación y reflexión en este aspecto. Son muy escasas las oportunidades que se brindan a los estudiantes para analizar experimentos históricos y en los casos en los que se hace, resulta una mirada superficial, sin remitirse a las preguntas que los guiaron. Algunas experiencias propuestas en el diseño curricular son directamente omitidas, por ejemplo, las de Went y su aislamiento de la auxina. En cuanto a las propuestas acerca del tema de la diabetes, se tratan escuetamente en una página en la que faltarían detalles acerca de las conexiones ciencia, tecnología y sociedad, así como sobre los experimentos históricos que se mencionan. Se omite citar a Houssay, gran fisiólogo argentino que estudió aspectos de la regulación de la glucemia y cuya figura se propone estudiar en este contexto.

Podemos concluir que la visión de ciencia transmitida tiene algunas falencias derivadas de la escasez del desarrollo de los contenidos históricos. Al escatimar información acerca de la construcción de los conocimientos, queda en manos del docente la tarea de motivar a sus alumnos para que puedan buscar y comprender la forma en que se desarrolla el conocimiento científico. En ocasiones el texto omite la presentación de los obstáculos y del contexto histórico, social y cultural en el que estuvo inmerso el investigador. Esto fortalecería una visión de ciencia netamente empirista que ignora dichos factores, con una visión sesgada y descontextualizada. Sin embargo, las preguntas planteadas en la sección “Ciencia sin fin” muchas veces interpelan con respecto al contexto, el papel de la duda y las demandas de la sociedad. Aquí es donde la habilidad docente deberá acompañar a los estudiantes por el camino de la perspectiva social de la ciencia, que resulta muy enriquecedora y menos distante, alejada de la concepción de una

ciencia objetiva, estricta y reservada para pocos. Queremos destacar que en muchas oportunidades se deja entrever la provisionalidad, el trabajo colaborativo y los factores externos que influyen en la construcción de conocimientos.

- 4) **Alzogaray, R.; de Francesco, V.; Gleiser, M.; Martínez, S.; Molinas, J.; Gellon, G. y Golombek, D. (2018) *Biología. La comunicación y la información en los seres vivos*. Buenos Aires: Estrada. Serie Huellas. (L4)**

Presentación general

La organización de este libro es presentada a continuación del índice, en sus primeras carillas (págs. 8 y 9). Se detalla la siguiente estructura general: “Las páginas de desarrollo” en las que se abordan temas accesibles a los alumnos del nivel, con actividades de comprensión y repaso al finalizar cada uno de ellos. El “Estudio de caso” presentado al comienzo del capítulo como situación disparadora para que los alumnos se planteen preguntas, retomado a lo largo de su desarrollo a fin de que vinculen los saberes previos con los conocimientos que van adquiriendo y, por último, ofrecido en las actividades finales para comprender la situación planteada a la luz de los conceptos vistos. Los “Experimentos en papel” incorporados en cada capítulo en relación a un experimento histórico o ficticio integrado al tema tratado. “Ciencia en la historia” y “Ciencia en la Net” son apartados breves que vinculan las ciencias con su evolución histórica y proponen recursos tecnológicos a fin de profundizar los temas. “Ciencia en acción” consiste en una página especial, en cada capítulo, en la que se vincula el desarrollo de la tecnología, la sociedad y el ambiente. “Taller de ciencias” en el que se proponen experiencias para que los alumnos logren responder determinadas preguntas y sacar conclusiones. “Viajeros del tiempo” es una sección que abarca doble carilla en cada capítulo e incluye reportajes ficcionales a científicos naturalistas y filósofos naturales, es decir se pone en contexto histórico, social y hasta psicológico a personajes relevantes de la historia de la ciencia. Por último, la “Propuesta de actividades” es la sección final, con el fin de integrar, reforzar y reflexionar. Incluye una red conceptual con espacios para completar y preguntas cuyo objetivo es que los alumnos reflexionen acerca de su propio aprendizaje.

Los contenidos que nos proponemos analizar, correspondientes a la Unidad N° 1 del diseño curricular, abarcan los capítulos 1, 2, 3 y 4 del libro. Los indicados en la Unidad N° 2

del currículum se localizan en el capítulo 7 del texto.

Podemos afirmar que en este libro existen contenidos relacionados a la historia de la ciencia. Cada capítulo analizado está compuesto por 20 a 24 páginas, de las cuales entre 2 y 9 carillas hacen alguna referencia a contenidos históricos. En el capítulo 1 esto constituye el 20% de sus páginas. En el capítulo 2 el aporte es en el 10% de su totalidad. En el capítulo 3 y en el capítulo 7 el 25% de las carillas poseen algún contenido relacionado a estos temas. En el capítulo 4 encontramos al menos una referencia a contenidos de historia de la ciencia en el 37% de sus páginas.

Valoramos esta presencia en diferentes secciones y relatos. Si bien algunas páginas sólo hacen referencias escuetas sobre el tema, otras dedican toda su extensión al mismo e integran los contenidos de la historia de la ciencia al desarrollo de los contenidos generales, tal como ocurre con los “Experimentos en papel” que se proponen como parte del tema abordado y no como compartimento separado del relato principal. También debemos destacar la presentación de científicos relevantes, en el marco de reportajes ficcionales que hacen un recorrido motivador de sus vidas, en el contexto en que transcurrieron, a lo largo de dos páginas más que interesantes.

Descripción y análisis de los capítulos seleccionados

Capítulo 1: Los seres vivos y su relación con el medio (pág. 10 a 29)

El capítulo cumple con la estructura mencionada en la presentación general. En la primera página se muestra una fotografía colorida del centro de las flores de girasol, complementada con un esquema de la implantación de los pétalos. La página siguiente presenta el “Estudio de caso” titulado “¿Qué es saber?” en el que se plantean interrogantes acerca de las respuestas de distintos organismos, órganos, tejidos y células con respecto al medio que los rodea.

Las páginas de desarrollo abarcan los siguientes temas: Los seres vivos como sistemas. Niveles de organización. La función de relación. La función de control. La homeostasis. Modelo estímulo-procesamiento-respuesta. El apartado “Ciencia en la historia”, que será objeto de nuestro análisis posterior, se localiza en las págs. 12, 19 y 21. Localizamos una plaqueta “Estudio de caso” y dos denominadas “Ciencia en la Net”. Por otra parte “Ciencia en acción” comprende un recuadro y una página completa. Las “Actividades” presentan entre dos a cinco

consignas y se ubican en la parte inferior de seis de las páginas de este capítulo. El “Taller de ciencias” abarca dos carillas. El capítulo finaliza con las dos páginas de “Propuesta de actividades” que incluyen diez consignas muy variadas, entre ellas se encuentra la sección “Estudio de caso”. Se agregan tres consignas de metacognición y se concluye con una red conceptual en la que se deberán completar algunos espacios.

Para comenzar el análisis que nos compete en esta tesis, debemos remitirnos a la pág. 12 en la que se trata el tema “Los seres vivos como sistemas” (ver Anexo, fig.65). El texto introduce el concepto de sistema, de propiedades emergentes y de niveles de organización. Acompañan el mismo dos imágenes coloridas y atractivas en las que se observan las típicas piezas de encastre que utilizan los niños para construir modelos y un helicóptero armado con las mismas. La etiqueta verbal refiere que en un sistema los componentes se relacionan de manera coordinada generando nuevas propiedades. En la parte inferior derecha de la página se encuentra el recuadro destacado en color, perteneciente a la sección “Ciencia en la historia”, titulado “El enfoque organicista”. En él se relata la mirada fraccionada de los seres vivos que se mantuvo hasta mediados del siglo XX, por la cual se suponía que estudiar el funcionamiento de una célula nos permitía entender el funcionamiento de un ser vivo completo. En ese contexto se presenta la concepción organicista de von Bertalanffy, que ya hemos visto en libros anteriores. Consideramos que el hecho de sintetizar tanto la información puede hacernos perder su riqueza. ¿Fue von Bertalanffy un iluminado al que se le ocurrió la mirada organicista?

La inclusión de la historia de la ciencia continúa en la pág. 19 (ver Anexo, fig.66). En ella se trata el tema del control de actividades en animales. Luego de hacer referencia a las funciones del sistema nervioso y sistema endocrino en dicho control, se presentan dos imágenes coloridas, una fotografía de un ave carroñera alimentándose de su presa, cuya etiqueta verbal expresa las funciones del sistema nervioso en cuanto a los movimientos voluntarios e involuntarios. La siguiente fotografía es la de una mujer corriendo y su etiqueta menciona la regulación de la respiración por parte del sistema nervioso. En la parte superior derecha de la carilla se encuentra la plaqueta, destacada en color, “Ciencia en la historia” titulada “La epinefrina/adrenalina” en la que se menciona la demostración inicial del aumento de presión sanguínea al inyectar extracto de las glándulas suprarrenales en un animal, realizada en 1894. Luego se indica que el fisiólogo John Abel (1857-1938), en 1898 llamó epinefrina a esa sustancia (“arriba del riñón”). A esto se agrega la investigación de Takamine que logró aislar la adrenalina, como hemos mencionado anteriormente.

Surgen varios interrogantes a partir del análisis histórico que se realiza en esta página. En primer lugar, ¿es pertinente incluir datos aislados acerca de la identificación de la adrenalina

cuando aún no se ha estudiado el sistema endocrino? Recordemos que este tema es objeto de estudio en el capítulo 7. En el capítulo 1 sólo se presentan de forma muy general los sistemas de control del organismo. Consideramos que estos datos tan específicos están fuera de contexto. Por otra parte, si se quiere introducir una idea acerca de la forma en que se construyeron los conocimientos a lo largo de la historia, el texto se queda a medio camino. ¿Cómo se llegó al descubrimiento mencionado en 1898? ¿De dónde surgió la iniciativa de John Abel? ¿Cuál fue el motivo para que Takamine le cambie el nombre a esa sustancia unos años después? ¿Trabajaron en forma aislada? ¿Existe relación entre estos acontecimientos? Creemos necesario que el docente complete la información a la hora de analizar estos datos.

Varios investigadores se propusieron aislar esta sustancia en estado puro y es así que se generó cierta controversia acerca de este hecho. John Abel intentó aislar el principio activo de las glándulas suprarrenales de ovejas y, en colaboración, con Albert Crawford (1869-1921) obtuvo un producto que llamó epinefrina en 1897, al que más tarde le dio una fórmula química. En 1901, Takamine, que había estado en el laboratorio de Abel y se dice que “tomó prestadas” ciertas ideas de él, afirmó que había obtenido el principio activo en forma cristalina pura, le dio una fórmula química diferente y la llamó adrenalina. Más tarde, Thomas Bell Aldrich (1861-1939), quien había trabajado en el laboratorio de Abel, utilizando un método levemente diferente al de Takamine, logra una fórmula algo distinta de la adrenalina que luego se demostró que era la correcta. En conclusión, se necesitó el trabajo de Abel y Takamine, para que finalmente Aldrich se lleve el crédito por determinar la fórmula química correcta de la epinefrina (Parascandola, 2010).

Al realizar un relato ampliado dejamos en claro los intereses, las disputas, la comunicación y otras cuestiones indispensables para entender el entramado de la construcción histórica y social de la ciencia. El estudiante podrá apreciar un trabajo colaborativo, no por ello exento de rivalidades y recelos.

La pág. 20 se titula “El control de las plantas” (ver Anexo, fig.67). En ella se menciona que las plantas elaboran ciertas sustancias que funcionan como hormonas y se alude a los experimentos sobre fototropismo realizados por los Darwin. A continuación, se presenta la sección “Experimentos en papel” titulada “¿Qué parte de una planta percibe la luz?” En ella se presenta una hipótesis que enuncia que ciertas sustancias producidas en una parte del organismo provocan respuesta en otra zona. La predicción indica qué ocurriría si los receptores de luz estuvieran en el ápice y relata la posible respuesta de la planta si este recibe o no la luz. El procedimiento relata el trabajo con cuatro plántulas de avena, a las que se les ilumina o tapa el ápice con cilindros metálicos o transparentes. Esto se complementa con el esquema de las cuatro

plántulas mencionadas, sin etiqueta verbal. Los resultados indican los casos en que se produce la curvatura del tallo. La conclusión refiere que el receptor del estímulo lumínico se halla en el ápice y la respuesta se produce más abajo. Por lo tanto, existe una sustancia “mensajera” que comunica el receptor y el efector. Décadas más tarde se descubrió que las responsables eran fitohormonas. Entendemos que esta presentación del experimento deja la idea de un proceso que fue completado años después. Sería importante sugerir la reproducción de esta experiencia por parte de los alumnos, adaptando los materiales necesarios para la misma. De este modo podrían interpretar de manera fehaciente su espíritu y las diferencias en cuanto al contexto y a la época en que se realizó.

El texto continúa presentando algunos conceptos que se conocen en la actualidad, tales como el transporte de las fitohormonas mediante el xilema y floema. Se encabeza con la frase “Tal como anticiparon los Darwin...”, situación que nos da idea de la importancia de los antecedentes en la construcción del conocimiento científico.

En el final de la página se presentan dos actividades que no se relacionan con la historia del contenido que se trata. Hacen referencia a las diferencias entre las funciones de relación y control y a los tipos de controles de respuesta que presentan los animales.

La pág. 21 se titula “La homeostasis” (ver Anexo, fig.68). En primer lugar, el relato hace un paneo acerca de la relación de los seres vivos con el ambiente, la interacción entre los niveles de organización, la detección de estímulos por parte del medio interno y la regulación u homeostasis para mantener el equilibrio.

En la parte derecha de la página se encuentran tres imágenes. La superior es una fotografía de una niña muy abrigada. La etiqueta verbal indica que las contracciones musculares producen calor cuando el cuerpo se enfría. Debajo se muestra la imagen de un pan y se hace referencia a la temperatura que afecta la homeostasis de los microorganismos. Finalmente, la fotografía de un hombre con atuendo típico para montaña, cuya etiqueta verbal indica la posibilidad de “apunarse” en la cordillera de los Andes, para alguien que vive a nivel del mar.

En la parte inferior izquierda de la página se encuentra la plaqueta “Ciencia en la historia”, destacada con color, titulada “Homeostasis en todas partes”. En ella se hace mención a los aportes de Bernard y Cannon que ya hemos considerado en otros textos. El concepto de homeostasis comenzó a expandirse y se usó no sólo en la medicina sino también en las ciencias sociales, haciendo alusión a la democracia como la homeostasis de una sociedad.

Resulta interesante que se mencione a Cannon como creador del concepto de homeostasis, a partir de las investigaciones realizadas por Bernard. Esto destaca la importancia de basarse en antecedentes científicos para continuar con las investigaciones. Como hemos

mencionado en otras oportunidades, creemos que sería necesario completar la información con datos que aporten nociones más acabadas de la forma de trabajo y los tiempos que transcurrieron, ya que cuando se menciona que Cannon retomó la idea de Bernard “unos años más tarde” no estamos hablando de dos o tres años, sino de setenta años después. El tiempo transcurrido entre las investigaciones, sin dudas, las sitúa en diferentes épocas y contextos.

Capítulo 2: Estímulos y respuestas de los animales (pág. 30 a 49)

El capítulo cumple con la estructura detallada en la presentación general. En la primera página se encuentra una fotografía ampliada de una colonia de hormigas con sus huevos. En la siguiente carilla se detalla el “Estudio de caso” titulado “Olor a hormiga” que finaliza con tres preguntas disparadoras, a fin de que los estudiantes puedan explicar fenómenos biológicos simples utilizando sus saberes previos.

Los temas principales que se incluyen en el desarrollo central de este capítulo son: Percepción y respuesta. Estímulos lumínicos, mecánicos, sonoros y químicos. Otros tipos de estímulos. En la pág. 41 encontramos el apartado “Ciencia en la historia” que analizaremos más adelante. En tres carillas se hace referencia al “Estudio de caso” que fue presentado al inicio. A lo largo del capítulo también se encuentra un apartado “Ciencia en acción” sumado a una página completa con dicho título, dos secciones “Ciencia en la Net” y siete plaquetas de “Actividades”, con dos a cinco consignas en cada una. Se proponen dos “Experimentos en papel”, uno de los cuales analizaremos más adelante por estar relacionado con contenidos históricos. Para finalizar el capítulo se destinan dos carillas al “Taller de ciencias” y otras dos a la “Propuesta de actividades”, la cual contiene diez consignas generales (tres de ellas corresponden al estudio de caso), tres de autorreflexión y una red conceptual con espacios para completar.

Comenzaremos el análisis de los temas relacionados con la historia de la ciencia a partir de la pág. 41 (ver Anexo, fig.69). El título de la página es “El olfato”. Luego de una introducción en la que se presenta este sentido en los vertebrados, se trata el tema de las feromonas en los insectos sociales y ciertos mamíferos. Se localizan dos imágenes, una fotografía de una serpiente, cuya etiqueta verbal menciona la captación de los olores por medio de la lengua y el procesamiento mediante el órgano de Jacobson. La otra imagen, al final de la página es de un zorrino. Se menciona que emiten feromonas en situaciones de peligro para defenderse de sus depredadores.

En la parte derecha de la carilla se localizan dos plaquetas, una denominada “Ciencias en la Net”, titulada “Comunicarse mediante el olfato”, sugiere un enlace para presenciar una

charla TEDx acerca de la comunicación a través del olfato en los seres humanos. La otra, “Ciencia en la historia”, titulada “Las primeras investigaciones sobre las feromonas”, menciona un listado de acontecimientos que fueron sucediendo hasta proponer el término feromona. En 1887, Charles Darwin reconoció que los animales secretaban sustancias que provocaban efectos como la atracción sexual. En 1932, el fisiólogo alemán Albrecht Bethe (1872-1954) nombró a estos compuestos ectohormonas. En 1959 el bioquímico alemán Peter Karlson (1918-2001) y el zoólogo suizo Martín Luscher (1917-1979) plantearon reemplazar el término por feromona, dado que ectohormona originaba una contradicción, ya que hormona se define como una sustancia producida por glándulas de secreción interna.

Con respecto a la historia relatada, consideramos que los acontecimientos deberían detallarse más profundamente. ¿Se trató simplemente de cambiar de nombre a una sustancia? Si bien el planteamiento podría instalar la idea de conocimientos provisorios que van ampliándose y también cambiando, la escasez de detalles podría limitar la comprensión del tiempo transcurrido entre los acontecimientos mencionados y dejar entrever que sólo algunos iluminados dan el “gran salto” para adjudicarse un avance y que, habiendo encontrado el término correcto, la construcción del conocimiento llegó a su fin.

En la pág. 45 se realiza una breve referencia a la termorregulación de los seres vivos (ver Anexo, fig.70). Luego, bajo el título “El campo magnético”, se menciona al biólogo estadounidense William Keeton (1933-1980), quien a principios de 1970 demostró cómo influye el campo magnético de la Tierra en la migración de las aves. A continuación, se hace mención al receptor magnético que fue un misterio durante muchos años y que en la actualidad se ha localizado en el cuerpo de ciertos animales. Una imagen muestra la fotografía de una trucha arco iris, cuya etiqueta verbal expresa la conversión de la información del campo magnético que pueden realizar estos peces, generando impulsos que le posibilitan orientarse en largos recorridos. Por debajo de la imagen se encuentran las “Actividades” que presentan tres consignas a fin de investigar otros aspectos de este fenómeno. Ninguna de ellas hace referencia a la historia de la construcción de este conocimiento.

En la parte izquierda de la carilla se presenta la sección “Experimentos en papel” cuyo título es “¿Las palomas perciben el campo magnético terrestre?”. Se menciona la hipótesis, predicción, procedimiento, resultado y conclusiones de la experiencia realizada por Keeton, mediante la cual sujetó pequeños imanes en la cabeza de un grupo de palomas y pequeñas barras de cobre (del mismo peso y forma que los imanes) a otro grupo. Al liberarlas observó la desorientación de las palomas que poseían los imanes, al contrario de las que tenían sujetas las barras de cobre. Concluyó que estas aves poseen un receptor que percibe el campo magnético

terrestre y que utilizan para orientarse en sus vuelos.

Si bien resulta interesante la presentación de la experiencia de Keeton, creemos que favorecería mucho más la comprensión del trabajo de los científicos en general y de este en particular, si se mencionara el contexto en que se realizaron las famosas experiencias en la Universidad de Cornell, la cual puso a disposición del investigador un palomar con capacidad para albergar dos mil palomas. Es evidente que esta experiencia histórica tiene cierta dificultad para poder ser replicada por los estudiantes. Sin embargo, consideramos que podría ser interesante la propuesta de investigación acerca de las palomas mensajeras, su utilidad a lo largo de la historia y la posible visita a algún palomar existente en la zona para entrevistar a los especialistas en la materia.

Capítulo 3: Estímulos y respuestas de las plantas (pág.50 a 69)

El capítulo cuenta con la disposición relatada en la presentación general del texto. Comienza con una microfotografía de arándanos a la que se superponen las imágenes de un campo cultivado con dichas plantas y de sus flores. En la página siguiente se presenta el “Estudio de caso” titulado “Contando horas de frío” que trata acerca de su proceso de floración y termina con tres consignas a fin de describir fenómenos físicos simples utilizando teorías y observaciones personales.

Los principales contenidos desarrollados en la parte central del capítulo son: La captación de los estímulos. Tipos de movimientos en las plantas. Los estímulos lumínicos. La fotoperiodicidad. La temperatura como estímulo. Los estímulos mecánicos. El agua y otras sustancias como estímulos. Los estímulos químicos. La gravedad. El apartado “Ciencia en acción” ocupa una carilla completa y trata el tema “Los ritmos circadianos”. El “Taller de ciencias” ocupa dos páginas y se titula “¿Los fotorreceptores de las plantas captan cualquier tipo de luz?”. Localizamos dos secciones “Ciencia en la historia” que analizaremos luego, tres apartados “Ciencia en acción”, dos de los cuales serán objeto de nuestro análisis, uno “Ciencias en la NET” y dos plaquetas “Estudio de caso”. Se presenta un experimento histórico bajo el título “Experimentos en papel”, al que nos referiremos luego. En cuanto a las “Actividades”, localizamos nueve secciones con dos a seis consignas en cada una, sumadas a la “Propuesta de actividades” final, que abarca las dos últimas carillas y consta de dos consignas acerca del estudio de caso, seis consignas generales-una de las cuales hace referencia a la historia de la ciencia-y tres de reflexión acerca del propio aprendizaje. Una red conceptual con espacios para

completar cierra el capítulo al igual que en los anteriores.

Para comenzar el análisis de los contenidos históricos debemos remitirnos a la pág. 56 titulada “La fotoperiodicidad” (ver Anexo, fig.71). Comienza mencionando que las plantas pueden anticipar ciertos fenómenos relacionados con la estación del año y presenta el interrogante acerca del factor del ambiente que determina estos comportamientos. A continuación, se menciona a los científicos Garner y Allard y su experimento utilizando plantas de soja.

En la sección “Experimentos en papel” bajo el título “¿La floración de la soja depende del momento en que se siembra la semilla?”, se detalla la hipótesis, predicción, procedimiento, resultado y conclusiones del trabajo realizado por Garner y Allard que hemos considerado anteriormente.

En la parte superior derecha de la carilla se encuentra una fotografía de una plantación de soja cuya etiqueta verbal hace referencia a su floración, condicionada por la cantidad de horas de luz. En la parte inferior derecha se localiza el apartado “Ciencia en la historia” titulado “Plantas más complejas de lo pensado”. En este se detalla que las investigaciones acerca de la fotoperiodicidad comenzaron en el siglo XIX. A pesar de las demostraciones relacionadas con el efecto de la duración del día sobre la floración, muchos científicos no lo consideraban posible ya que les resultaba poco probable que organismos considerados tan simples tuvieran esta respuesta.

En cuanto a la experiencia histórica presentada, si bien es poco probable que se pueda replicar, excepto en una escuela agrotécnica que posea los espacios para realizar dicha siembra, resulta de igual modo muy enriquecedor su análisis; en primer lugar, por considerar que la hipótesis y la predicción son falsas y aun así la conclusión resulta significativa y esclarecedora. Por otro lado, se destaca que estos investigadores continuaron sus estudios al respecto. Esto contribuye a abandonar la idea de que una sola experiencia es suficiente para enunciar una teoría. También es destacable la afirmación de que este fenómeno observado permitió despejar otras incógnitas en la naturaleza, dejando entrever en la ciencia una mirada de utilidad social, al colaborar con una eficiente distribución de cultivos en todo el mundo. En el apartado “Ciencia en la historia” se introduce una idea acerca del contexto en que se generaron estos conocimientos y el escepticismo que produjeron debido a las ideas que se consideraban en el siglo XIX respecto a la estructura y funciones de los vegetales. Resultaría de utilidad la sugerencia del docente para que los alumnos amplíen la información acerca de otros trabajos realizados por estos u otros investigadores, como las experiencias hechas con plantas de tabaco o el aporte de Karl Hammer (n. 1940) y James Bonner (1910-1996) quienes trabajaron con

plantas de cadillo, Mikhail Chailakhyan (1902-1991) con sus trabajos sobre crisantemos, entre otros investigadores que fueron complementando y tomando como referencia trabajos anteriores para construir los conocimientos científicos.

En la pág. 58 se trata el tema de la temperatura como estímulo (ver Anexo, fig.72). Se describe el mecanismo de adaptación llamado letargo y el efecto de la temperatura sobre distintos procesos del vegetal. Se presentan cuatro imágenes del mismo tipo de planta afectadas por diferentes condiciones externas. En la etiqueta verbal se manifiesta que el fotoperíodo y la temperatura del ambiente regulan el letargo de las yemas y la floración. En la parte inferior de la carilla se encuentra el apartado “Ciencia en acción” titulado “Floración y prácticas comerciales” en el que se hace referencia a la construcción histórica y cultural de estos conceptos. Se menciona al botánico Gustav Gassner (1881-1955), quien en 1915 descubrió que si se controlaba la temperatura durante la germinación, se podía modificar la floración de ciertas plantas. Este procedimiento llamado vernalización es una práctica común en la actualidad, con el fin de producir flores que no se generarían de manera natural en determinadas épocas del año. Consideramos que la presentación del “descubrimiento” de Gassner nos remite a la imagen de un científico solitario que trabaja en forma aislada. Nos parece relevante el hecho de que se destaque la utilidad de esta investigación en la actualidad. Como hemos destacado en varias oportunidades sería beneficiosa una mayor extensión del relato o su inclusión en el desarrollo general del texto en lugar de su ubicación en un apartado, así como el acompañamiento del docente para la búsqueda de información complementaria que otorgue un panorama más general de la forma en que se construyeron los conocimientos mencionados. En forma paralela a la plaqueta descrita anteriormente se encuentra otra denominada “Estudio de caso” que retoma lo presentado en las primeras páginas, relacionando el cultivo de arándanos con la temperatura.

La pág. 62 se titula “El agua y otras sustancias como estímulos” (ver Anexo, fig.73). Luego de una introducción referida a la captación y circulación del agua en las plantas, se trata el tema del hidrotropismo. Complementan el texto dos imágenes, una microfotografía en la que se observan las gotas de agua en el borde de una hoja. Su etiqueta verbal indica que las gotas de la gutación no salen por los estomas sino por aberturas llamadas hidatodos ubicadas en los márgenes de las hojas. La otra imagen presenta dos plántulas, una de ellas con su pequeña raíz doblada hacia un costado. Se representa simbólicamente el gradiente de humedad que reciben y la acción de la gravedad. En su etiqueta verbal se destaca que el estímulo del agua predomina sobre el de la gravedad. En la parte inferior derecha de la carilla se encuentra el apartado “Ciencia en acción” titulado “Acuaporinas y cosméticos”. Comienza destacando los beneficios

del descubrimiento de los canales de las células o acuaporinas, tanto para el estudio de la disponibilidad de agua en el ambiente como para el transporte del agua dentro del organismo. A continuación, menciona a los investigadores Peter Agre (n.1949) y Roderick Mac Kinnon (n.1956) quienes recibieron el Premio Nobel de Química en 2003 por sus estudios acerca de la estructura de estas moléculas. Finalmente señala la utilización en la actualidad de sustancias que estimulan estos canales, para la elaboración de productos cosméticos que previenen la deshidratación de la piel.

Nos parece importante que se mencionen investigadores contemporáneos, así como la utilización de estas sustancias en la actualidad. De este modo queda planteada la relación ciencia-tecnología-sociedad. Consideramos que sería conveniente incluir los beneficios generados, así como la mención de los investigadores que participaron, junto con el desarrollo del contenido, en lugar de hacerlo en un compartimento separado del relato principal.

En la pág. 65 se trata el tema de la gravedad (ver Anexo, fig.74). Luego de describir las respuestas de las raíces y los tallos frente a este estímulo, se detalla la relación entre los amiloplastos de las células vegetales y la percepción de la gravedad. En la parte derecha de la carilla se presenta un esquema en el que se observa la posición de los amiloplastos de acuerdo a si la célula se dispone en forma vertical u horizontal. En la etiqueta verbal se explica su deslizamiento. Por debajo de los esquemas localizamos el apartado “Ciencia en la historia” titulado “El clinostato de Sachs”, en el que se menciona al inventor de este curioso aparato, el botánico alemán Ferdinand von Sachs (1832-1897), consistente en un dispositivo con motor eléctrico que posibilita girar lentamente y de manera continua a la planta. Para finalizar esta sección se presenta un esquema del aparato. A continuación, la plaqueta “Actividades” propone tres consignas, la primera indica definir gravitropismo, la segunda sugiere diseñar una experiencia para demostrarlo y la tercera imaginar cómo pudo servir el clinostato inventado por Sachs para estudiar sus efectos.

Resulta interesante presentar un aparato diseñado a fines del siglo XIX con la única finalidad de estudiar el gravitropismo. Esto nos otorga una noción de la importancia del desarrollo tecnológico para las investigaciones. La presentación de una experiencia histórica, la propuesta de un diseño experimental propio y la invitación a imaginar la relación entre la utilización del clinostato y los resultados acerca del gravitropismo, son consignas muy valiosas para experimentar el trabajo científico, analizarlo, pensar sus dificultades y verlo como una tarea posible para la que no es necesario ser grandes genios. Creemos que sería importante que el docente motive a sus estudiantes a analizar el contexto en el que von Sachs inventó este aparato, sus estudios previos y posteriores, los antecedentes en que se basó y las distintas

investigaciones en las que participó.

En la pág. 68 se encuentra la “Propuesta de actividades” con la que termina el capítulo (ver Anexo, fig.75). Una de las doce consignas presentadas muestra el esquema de un dispositivo utilizado en 1729 por el francés Jean-Jacques de Mairan (1678-1771) para realizar una experiencia, complementado con el esquema del registro de las observaciones. Se propone el análisis de las imágenes y consignas acerca del estímulo al que se expuso la planta, la respuesta que se estudió y las conclusiones a las que se llegó con este experimento. Nos parece enriquecedora la tarea de analizar una experiencia histórica a través de las imágenes. Quizá podría resultar complicado para el estudiante responder estas consignas sin tener información acerca del contexto en el que se realizó la misma. La sugerencia de bibliografía de consulta sería una buena opción, no contemplada en esta propuesta.

Capítulo 4: Percepción y respuesta en los animales (pág.70 a 93)

El capítulo comienza con la fotografía de una mariposa que abarca la primera página completa. En la carilla contigua se presenta el estudio de caso, siguiendo el mismo patrón que en el resto de los capítulos. En esta oportunidad se titula “Los porqués de la belleza” y trata de la atracción que producen los colores de las flores y de los animales, entre otras características. Se proponen tres consignas con la finalidad de describir algunos fenómenos relacionados con esta temática, utilizando las teorías y observaciones personales. El estudio de caso es retomado en tres oportunidades a lo largo del desarrollo del capítulo, extendiendo esta propuesta en plaquetas destacadas, además de incorporarse en la propuesta final de actividades.

Los principales temas que se desarrollan en el cuerpo central del capítulo son: El comportamiento animal como respuesta. Los tipos de aprendizaje. Las conductas innatas que se modifican con la experiencia. La comunicación. La competencia y el comportamiento. El apareamiento. Las sociedades animales. La evolución del comportamiento. Localizamos una sección “Experimentos en papel” que analizaremos más adelante, al igual que la plaqueta “Ciencias en la Net”. También nos referiremos a una de las dos secciones “Ciencia en acción”, así como a la única plaqueta presente de “Ciencia en la historia”.

El “Taller de ciencias” abarca doble página y se refiere al “Cortejo y selección de pareja en palomas domésticas”. A lo largo del desarrollo central del capítulo, siete secciones de “Actividades” presentan entre una y cinco consignas cada una. La “Propuesta de actividades” final comprende trece consignas -las dos primeras referidas al estudio de caso y las dos últimas a la reflexión sobre el propio aprendizaje- y una red conceptual con espacios para completar.

Una de las consignas se refiere a la historia de la ciencia y será objeto de nuestro análisis. Las últimas dos páginas del capítulo comprende la sección “Viajero del tiempo” y presenta un reportaje ficcional a Konrad Lorenz que, por ser este un personaje relevante de la historia de la ciencia, será analizado posteriormente.

Comenzaremos analizando la pág. 75 titulada “Tipos de aprendizaje” (ver Anexo, fig.76). En ella se trata el tema de la habituación como una ventaja de los seres vivos para evitar derrochar energía al responder a estímulos sin importancia. Por ello se menciona la capacidad de un animal para orientarse en un ambiente sobre la base de su experiencia como una clave para su supervivencia. Es aquí donde se alude al experimento de Tinbergen con las avispa cavadoras, expuesto en la sección “Experimentos en papel” que ocupa casi toda la mitad derecha de la carilla. Con la clásica división en hipótesis, predicción, procedimiento, resultados y conclusión, se relata la acción de Tinbergen con las avispa. Luego de los resultados se presenta una imagen, sin etiqueta verbal, que representa a una avispa dirigiéndose hacia las piedras trasladadas, en lugar de hacia el nido. Por debajo de la presentación del experimento se indica que el uso de marcas terrestres es una forma de aprendizaje más avanzada que la habituación, dada las relaciones que debe hacer el animal entre distintos indicadores. En la parte inferior izquierda de la carilla se encuentra un esquema de una anémona de mar con sus tentáculos retraídos y luego extendidos y un elemento que se acerca a ellos. Su etiqueta verbal indica que cuando los tentáculos son tocados por primera vez la anémona los retrae, pero luego de varias repeticiones del mismo estímulo deja de dar respuesta.

Resulta interesante la presentación de una experiencia histórica acerca del comportamiento de los animales. Sin dudas sería conveniente resaltar algunos datos de Tinbergen para que esta experiencia no quede como un hecho aislado en el transcurso de su vida como investigador.

La pág. 76 comienza tratando el tema del condicionamiento como una forma más compleja de aprendizaje asociativo dado que el animal llega a conectarse con el estímulo por medio de premios y castigos naturales (ver Anexo, fig.77). Luego del párrafo de introducción se presenta un esquema en el que se muestra un habitáculo con dos botones, uno rojo y uno verde, y una especie de pequeño recipiente con una bolita en su interior. La etiqueta verbal indica que Burrhus Frederic Skinner (1904-1990) diseñó un dispositivo que permite a los animales entrenarse a sí mismos. Cuando la rata por casualidad aprieta el botón (no aclara cuál de ellos) aparece la bolita de alimento que sería la recompensa. Con la repetición, el animal aprende esta relación y lo hace en forma frecuente. A continuación, se trata el tema del discernimiento o aprendizaje intuitivo como una forma más elevada de aprendizaje en los

animales superiores, en la que se aplican conocimientos adquiridos con anterioridad y no necesariamente relacionados. Se menciona el trabajo con chimpancés que realizó el psicólogo alemán Wolfgang Köhler (1887-1967) en 1917. Los animales estaban ubicados en jaulas en las que había unos palos y racimos de bananas ubicados a una altura fuera de su alcance. En determinado momento pudieron relacionar los dos objetos y golpear con los palos las bananas hasta que caían al suelo.

En la parte media y derecha de la carilla se encuentra la plaqueta “Ciencias en la Net” en la cual se menciona al equipo de Robert Epstein (n.1953), quien ochenta años después del descubrimiento de Köhler repitió los experimentos con otros animales. Se indica un enlace para observar, en You Tube, la forma en que una paloma soluciona el dilema de la banana. Debemos aclarar que dicha página no se encuentra disponible en la web, pero igualmente hemos podido localizar el video en el que la paloma utiliza una caja, a la que mueve de su lugar, para alcanzar las bananas. Se propone discutir qué definiciones planteadas en esta sección se ponen en duda con los resultados de este experimento. En la parte inferior derecha de la página se plantean tres actividades que implican el enunciado de definiciones, la observación de un fragmento de la serie televisiva “The Big Bang Theory” para determinar el tipo de aprendizaje que se intenta inculcar, y la discusión en grupos acerca de las ventajas de los comportamientos aprendidos.

Nos parece de mucha importancia el hecho de presentar experiencias históricas como la de Skinner y Köhler y relacionarlas con experiencias contemporáneas como la del equipo de Epstein. Rescatamos el valor de mencionar a un “equipo” que trabaja en la actualidad, mostrando una actividad colaborativa, característica fundamental del trabajo científico. Por supuesto que sería motivador ampliar la información estableciendo el contexto en el que Skinner y Köhler investigaron con una inexistente (en el caso de Köhler) o incipiente (en el caso de Skinner) etología como rama de la biología. Resultaría importante hacer referencia a otros trabajos realizados por estos investigadores para que no queden como episodios aislados en el transcurso de sus carreras.

En la pág. 78 se hace referencia a la comunicación entre los animales por medio de diversos estímulos (ver Anexo, fig.78). En este caso se detalla la comunicación visual a través de señales activas o pasivas. En la mitad inferior de la carilla localizamos cuatro imágenes. Las dos superiores son fotografías de un ave llamada *Calidris canutus*. La etiqueta verbal indica que en la primera imagen el color anaranjado que posee en su plumaje indica que se encuentra apto para reproducirse, a diferencia de la otra imagen en la que el plumaje varía entre tonos de grises. Las fotografías inferiores muestran a un perro mirando el dedo índice de una persona que lo señala y luego recostado sobre el pasto mirando a lo lejos. La etiqueta verbal de estas dos

imágenes menciona a Charles Darwin indicando que estudió el comportamiento de los animales desde la perspectiva de la evolución, dando como ejemplo de comunicación eficaz sus distintas expresiones de interés o agresión, comportamientos que evolucionaron para aumentar las probabilidades de supervivencia. Consideramos importante la mención de Darwin, ya citado en el capítulo 1 en referencia a sus experiencias con plantas, a fin de tomar conciencia de la diversidad de sus actividades en relación a la evolución ya estudiada en los contenidos de segundo año.

En la pág. 79 se tratan temas referidos a la comunicación sonora y por mensajes químicos, presentando una única imagen en la que se observa un grupo de termitas obreras (ver Anexo, fig.79). En su etiqueta verbal se indica que estas dejan rastros químicos que le permiten al resto del grupo encontrar el camino hacia el alimento. En el cuarto inferior de la carilla se encuentran las plaquetas “Ciencia en acción” y “Actividades”. En la primera, titulada “El complejo canto de las ballenas”, luego de describir los distintos tipos de vocalizaciones que emiten las ballenas jorobadas, propone dirigirse a un enlace para escuchar su canto y la explicación dada por el biólogo Roger Payne (n.1935). Como ocurrió en otras oportunidades el enlace no conduce a ningún sitio en relación al tema tratado. Sin embargo, podemos encontrar videos en la web, simplemente buscando el nombre del investigador en relación al canto de las ballenas. Consideramos que sería importante profundizar el trabajo de Payne ya que se convirtió en una de las figuras más importantes en la campaña mundial para poner fin a la caza comercial de ballenas y trabajó intensamente estudiando la ballena franca austral en las aguas costeras de nuestra Península Valdés.

En la pág. 84 se trata el tema de las sociedades animales y las ventajas y desventajas de vivir en grupo (ver Anexo, fig.80). En la mitad inferior de la carilla se presentan dos gráficos que comparan el tamaño de la bandada del jilguero común, cuya fotografía se presenta en la parte superior de la carilla, con la tasa de vigilancia y el número de semillas ingeridas por minuto. En la etiqueta verbal se menciona a Erich Glück, quien en 1987 demostró que el número de veces que el jilguero levanta la cabeza para vigilar la presencia de algún posible depredador mientras se alimenta, es más del doble si está sólo que si está en grupos de seis o más individuos. En este último caso al estar más protegido y vigilar menos tiene más tiempo para comer.

Nos parece positivo mencionar un estudio en el que se comprueban las ventajas de las sociedades animales. Sin embargo, creemos que deberían ampliarse los detalles acerca del procedimiento y los resultados ya que consideramos que el tipo de gráfico presentado puede ser complicado para ser interpretado por alumnos poco entrenados en estas herramientas y que sólo

cuentan con la descripción realizada en la etiqueta verbal.

En la pág. 87 se trata el tema de los comportamientos altruistas que probablemente aumenten la aptitud de los individuos y, de este modo, podrían ser ventajosos a nivel grupal, siendo favorecidos por la selección natural (ver Anexo, fig.81). En la parte derecha de la carilla se localiza una columna de “Ciencia en la historia” en la que se plantea el interrogante de si nuevos comportamientos pueden generar nuevas especies. Se menciona que hasta hace poco no había evidencias concluyentes de esto y que en 2012 un estudio demostró que las palomas que habían pasado de vivir en el suelo a vivir en los árboles, desarrollaron cola más larga y patas más cortas. Se alude al investigador Oriol Lapiedra quien explicó que estas características facilitan el desplazamiento en ese hábitat. La investigación también demuestra que las palomas arbóreas descienden de las terrestres, por lo que se abre el interrogante de si los nuevos comportamientos pueden detonar la creación de una especie nueva. El texto finaliza mencionando la posibilidad, barajada por los científicos, de que las especies que tengan mayor capacidad de modificar su comportamiento puedan tener más posibilidades de hacer frente a los cambios ambientales.

De la lectura de la columna mencionada surgen varios interrogantes: ¿Quiénes realizaron el estudio efectuado con palomas? ¿El investigador Oriol Lapiedra sólo explica las ventajas de las adaptaciones o participó en la investigación mencionada?

En la parte inferior de la carilla se encuentra la sección “Actividades” que propone dos consignas. La primera indica responder dos preguntas acerca de los comportamientos. La segunda se encabeza planteando una discusión, que aún hoy sigue vigente entre los científicos, respecto al comportamiento altruista seleccionado positivamente durante la evolución. Luego indica releer los ejemplos del texto y justificar a favor y en contra de la selección natural de dicho caso. Consideramos relevante el planteo de una discusión vigente para instalar la idea del conocimiento científico como provisorio, alejado de verdades definitivas.

La propuesta de actividades final ocupa las págs. 90 y 91 del capítulo. Entre las trece actividades desarrolladas, se encuentra una (la número 3) que hace referencia a la historia de la ciencia (ver Anexo, fig.82). En ella se indica investigar acerca de la teoría de “selección sexual” propuesta por Darwin y modificar las respuestas a los puntos anteriores según lo expresado en ella. Valoramos la mención, por tercera vez en el texto, de Darwin y su variedad de investigaciones. Recordemos que en principio se mencionó su trabajo con plantas, luego con respecto al comportamiento de los animales y ahora en la teoría de selección sexual. Esta teoría, propuesta en 1871, fue muy criticada durante mucho tiempo pero luego de un siglo de ostracismo, sus ideas han estimulado muchas investigaciones y podemos considerarlo un

adelantado en la comprensión del funcionamiento del organismo con respecto a su ambiente. Observamos que existe un error en el texto al indicar el año de nacimiento de Darwin ya que se menciona como (1889-1882) y correspondería decir (1809-1882).

El capítulo 4 se cierra con la sección “El viajero del tiempo” compuesta por Diego Golombek. Esta ocupa las págs. 92 y 93. Se titula “Konrad Lorenz. Ahí viene ‘papá pato’” (ver Anexo, fig. 83 y 84). En la parte superior de la primera carilla se encuentra, destacada en color, una línea de tiempo que muestra los acontecimientos principales en la vida de Lorenz. Finalmente se menciona el supuesto encuentro con el viajero del tiempo en 1980.

Por debajo, una caricatura combina la fotografía de la cara de Lorenz con un nido, algunos patos, libros y binoculares. Junto a ella se encuentra un relato en el que se indica que algo falló en la máquina del tiempo y el viajero apareció entre patos que lo miraban. La historia continúa relatando el encuentro con Konrad Lorenz que era seguido por una fila ordenada de patitos. De este modo comienza el diálogo entre ambos personajes. En él se destaca a Lorenz como el fundador de la Etología y médico dedicado a la investigación, participante fundamental en el estudio del comportamiento de las abejas y aves junto con Tinbergen y von Frisch, con quienes compartió el Premio Nobel en 1973. El investigador menciona detalles de su trabajo que derivaron en el concepto de “impronta”. Finalmente, el texto propone dos consignas. Una consiste en anotar los fenómenos que no se comprendan e investigarlos y la siguiente interpela acerca de los hechos que resultaron fundamentales para la vocación futura de Lorenz y los posibles intereses de los estudiantes con respecto a la investigación. Complementan el texto tres imágenes. La primera es una fotografía en blanco y negro de Tinbergen y Lorenz, cuya etiqueta verbal afirma que fueron considerados los creadores de la escuela etológica del comportamiento. La segunda es una fotografía en color de Lorenz al lado de un pato. La etiqueta verbal indica que las imágenes de Lorenz llevando a cabo sus investigaciones sobre el comportamiento de patos y gansos son mundialmente célebres. La tercera es simplemente la imagen de un pato, sin ninguna descripción.

Valoramos mucho el tipo de relato que se hace, de modo interesante, mezclando la realidad con la fantasía. El viajero del tiempo es una figura que puede colaborar a atrapar el interés de los estudiantes hacia la historia de la ciencia y hacer más llevadero su relato, transportándolos al lugar y tiempo en el que se desarrollaron las investigaciones. Celebramos esta forma diferente de contar la historia, en especial cuando se encuentra dirigida a estudiantes

de la escuela secundaria.

Capítulo 7: El sistema endocrino y el control hormonal (pág. 137 a 159)

El capítulo comienza con una carátula en la que se observan imágenes de las etapas de la metamorfosis de una mariposa. En la página contigua se presenta el “Estudio de caso” titulado “Metamorfosis sexuales”. El mismo finaliza con dos consignas cuya finalidad es describir y explicar fenómenos biológicos simples utilizando teorías y observaciones personales.

Las páginas subsiguientes relatan los temas que se mencionan a continuación: El sistema endocrino y el control hormonal en los seres vivos. Las hormonas en los seres humanos. Sus mecanismos de acción. Las glándulas endocrinas. La hipófisis: la “glándula maestra”. Las hormonas durante la adolescencia: crecimiento y maduración sexual. El páncreas y la regulación de la glucemia. La diabetes. El equilibrio y los procesos homeostáticos. Eje hipotálamo-hipofisario: el control neuroendocrino.

Localizamos dos secciones “Ciencia en acción”, a las que se destina una plaqueta y una página completa (trata el tema de la terapia hormonal que le realizaron al futbolista Lionel Messi), nueve secciones de “Actividades” que contienen entre dos y cinco consignas cada una, un apartado de “Ciencia en la historia”, una plaqueta relacionada con el “Estudio de caso”, una sección “Experimentos en papel” y una denominada “Ciencias en la Net”. El apartado “Taller de Ciencias” ocupa una doble página, al igual que la “Propuesta de actividades” que, siguiendo el mismo patrón que en los otros capítulos, comienza con un par de consignas acerca del estudio de caso y termina con interrogantes acerca del propio aprendizaje y una red conceptual con espacios para completar. Las últimas dos páginas del capítulo corresponden a la sección “El viajero del tiempo” y será objeto de nuestro análisis más adelante.

Comenzaremos con el análisis de la sección “Ciencia en la historia” titulada “El descubrimiento de la secretina” presente en la pág. 142 (ver Anexo, fig.85). La página comienza con una introducción acerca de las glándulas endocrinas y presenta un esquema del cuerpo humano donde se localizan estas estructuras, con referencias que describen sus funciones. El apartado que analizaremos se encuentra en el ángulo inferior derecho de la misma. Comienza mencionando el descubrimiento de la secretina por Bayliss y Starling y sus aportes teóricos en torno a las hormonas.

Consideramos importante la mención de estos investigadores. De todos modos, el contenido resulta escaso para que el estudiante se pueda formar una idea fehaciente del trabajo

científico. Creemos que resultaría útil mencionar los antecedentes de las investigaciones en este tipo de moléculas, a los que ya hemos hecho referencia anteriormente. De igual modo, indicar de qué manera realizaron sus estudios estos científicos, con qué objetivo y cuáles fueron las investigaciones que complementaron este “descubrimiento”, ayudaría a establecer una imagen de ciencia colaborativa, posible y provisoria, vinculada a intereses sociales y económicos, contribuyendo al objetivo de esta sección de presentar a la ciencia como una construcción histórica y cultural.

En la pág. 143 se trata el tema de la regulación del sistema endocrino (ver Anexo, fig.86). En la parte inferior izquierda se localiza la plaqueta “Actividades” en la que se proponen cuatro consignas. La parte derecha de la carilla presenta dos imágenes. La superior es un esquema que muestra la ubicación de la glándula tiroides y su etiqueta verbal hace referencia a las enfermedades por hiperfunción o hipofunción de las glándulas. La imagen inferior resulta interesante para nuestro análisis dado que muestra un retrato en blanco y negro de un gigante, apoyando su brazo en la parte superior de una puerta y una persona pequeña parada sobre una silla, tomándole la medida del miembro superior. La etiqueta verbal indica que la hiperfunción de la hipófisis anterior puede causar gigantismo, como en el caso del irlandés Patrick O’Brien, considerado el ser humano más alto del mundo en 1803. Resulta interesante la presentación de una caricatura realizada por John Kay (1742-1826), caricaturista y grabador escocés, dado que nos otorga una idea de la relación entre el arte y la ciencia, mostrándonos una historia externalista en la que influyen distintas expresiones artísticas que reflejan las patologías existentes.

En la pág. 149 se trata el tema de la diabetes (ver Anexo, fig.87). El relato se remonta a los antiguos indios que observaban si las hormigas se sentían atraídas por la orina de una persona y utilizaban ese dato como prueba de una enfermedad a la que llamaban mal de la orina dulce. Luego se menciona el concepto, que se maneja hoy en día, de la diabetes mellitus. Esto conduce a una pregunta sencilla que plasmada en el texto nos resulta muy valiosa: “¿Cómo transitó la ciencia ese largo camino?” Creemos que este interrogante abre paso a determinar el modo en que se construyen los conocimientos científicos. Es así que comienza mencionando las investigaciones de von Mering y Minkowski sobre el papel del páncreas en la regulación de la glucemia y los aportes de Banting y Best en relación con la extracción de insulina. A continuación, se hace mención a las investigaciones del médico argentino Bernardo Houssay (1887-1971) sobre el rol de la hipófisis en la diabetes. Se indica que el grupo de Houssay logró comprender el papel de la hipófisis en el metabolismo de los hidratos de carbono y en la diabetes. Consideramos muy positivo que se exprese la palabra “grupo” al mencionar el trabajo

de un científico. El relato finaliza con la afirmación de que hoy en día se puede controlar la diabetes con educación del paciente y supervisión médica.

A mitad de página se localizan dos imágenes que son retratos faciales en blanco y negro. Su etiqueta verbal indica que se trata de von Mering y Minkowski. Por debajo se destaca la sección “Experimentos en papel” cuyo título es “¿Regula el páncreas el nivel de glucosa?”. Luego de enunciar la hipótesis, la predicción y el procedimiento realizado, se mencionan los resultados y conclusiones a las que se arribó, indicándose como la primera “pista” de esta función del páncreas.

En la parte final de la carilla se encuentra la plaqueta de “Actividades” en la que se proponen dos consignas. La primera implica suponer lo que hubiera sucedido si a los perros operados en el experimento mencionado, se les administraba insulina luego de cada comida y por qué. La segunda implica realizar un esquema de las hormonas liberadas por el páncreas de una persona que come un alfajor, en las horas siguientes al hecho. Resulta interesante la propuesta de incluir una nueva variable y sugerir al estudiante emitir hipótesis sobre su efecto, así como introducir la realización de un esquema para registrar posibles resultados.

En primer lugar, debemos decir que nos resulta muy satisfactorio el hecho de que se incorpore el relato de la historia de la ciencia a lo largo de una página completa e inserto en el desarrollo principal del contenido, sin estar en compartimentos estancos, con excepción de la experiencia que se destaca y separa del resto con líneas punteadas de color naranja. Destacamos la importancia de la incorporación de experiencias históricas, tal como se solicita en los lineamientos del diseño curricular vigente. Valoramos la posición inicial que se plantea en los antiguos indios, la posición actual con respecto a la enfermedad, la pregunta que conduce a indagar acerca del camino recorrido y la mención de cinco investigadores que fueron completando el trayecto desde diferentes aspectos. Consideramos que se instala la noción de trabajo colaborativo y provisorio. Por supuesto, hubiera sido ideal completar aún más el desarrollo de estos contenidos y, a nuestro entender, hubiera sido muy positivo dar un panorama de las investigaciones actuales y los desarrollos que a futuro podrían cambiar el curso de la enfermedad. De este modo se minimizaría el riesgo de observar el control por parte del paciente y la aplicación de insulina, como la única opción de tratamientos a futuro, es decir, como la verdad definitiva a la que se arribó y sobre la que ya no existen cuestionamientos.

En las págs. 156 y 157 se encuentra la sección “Propuesta de actividades” con dieciséis consignas generales y una red conceptual. La primera consigna, referida al “Estudio de caso”, mencionan los estudios de hormonas sexuales realizados por Berthold (ver Anexo, fig.88). Se relata brevemente su experiencia en pollos. A continuación, se presentan dos interrogantes que

invitan a plantear las hipótesis generadas de esta experiencia y relacionar el caso con otro presentado en el comienzo del capítulo. En otra consigna referida al estudio de caso, la propuesta incluye la elaboración de hipótesis acerca de la posibilidad de inyectar sustancias extraídas de testículos de animales machos a las hembras jóvenes de la misma especie.

Valoramos el hecho de que se introduzca en la propuesta de actividades finales una consigna acerca de una experiencia histórica, a fin de relacionarla con el estudio de caso presentado. En forma general no es frecuente la introducción de contenidos relacionados con la historia de la ciencia en las actividades finales. Nos preguntamos si la razón de dicha ausencia está vinculada a la desvalorización que se le da al relato de la construcción de los contenidos científicos y a la marcada tendencia a destacar sólo los resultados a los que ha llegado la comunidad científica actual. Esto daría una posición accesoria a la historia de la ciencia, situación que exceptuaría su inclusión en el resumen final de los “temas importantes” del capítulo.

El capítulo termina con dos páginas dedicadas a “El viajero del tiempo”, sección escrita por Diego Golombek, que en este caso se titula “Bernardo Houssay. La ciencia de trabajar por la patria” (ver Anexo, fig. 89 y 90). En el inicio de la página se presenta la clásica línea de tiempo que marca los principales acontecimientos de su vida como científico y el encuentro con el “viajero del tiempo” en 1933. En el diálogo, muy atractivo por cierto, se destaca que Bernardo Houssay fue el primer premio Nobel de Latinoamérica; se recibió de farmacéutico antes de los 18 años y poco después de los 20 ya era médico. Se mencionan las experiencias sobre la influencia de la hipófisis en la regulación de la glucemia (hasta el momento poco desarrolladas) y la forma en que el científico extirpa un órgano, “hace jugo” con él y lo inyecta para ver si se recupera la fisiología. En un momento interviene en el diálogo un discípulo de Houssay llamado Eduardo Braun Menéndez (1903-1959). Algunos otros datos que surgen de esta atractiva conversación son que en esa época aún se estaba tratando de estudiar el funcionamiento del riñón y la regulación de la presión arterial y que Houssay jugaba al rugby, deporte que, según sus dichos, requiere fuerza, entereza y mucha camaradería, al igual que la ciencia. Luego de mencionar que tiene un perro anestesiado esperando para hacer un experimento, el consejo de Houssay para el “viajero del tiempo” es recordar siempre que en la ciencia hay un único método que consiste en trabajar intensamente y hacerlo también por la patria.

La primera carilla de esta sección presenta dos imágenes. Una caricatura que muestra la cara de Houssay, con un cuerpo que no está proporcionado en tamaño, un microscopio, algunos elementos de laboratorio y un tratado de fisiología humana. La misma no posee etiqueta verbal. La segunda imagen es una fotografía de medio cuerpo, en blanco y negro, cuya etiqueta verbal

expresa que Houssay fue premiado con el Nobel de Medicina en 1947 por su trabajo en el funcionamiento de la hipófisis y en el control de la glucosa en sangre. La segunda carilla presenta una fotografía en blanco y negro del rostro de Menéndez cuya etiqueta verbal indica su fecha de nacimiento y muerte. Para finalizar esta página, un recuadro destacado en color verde muestra tres propuestas. La primera indica que Houssay fue el primer presidente del CONICET e invita a consultar el sitio oficial de este organismo y elaborar una presentación acerca de sus acciones en la actualidad. La segunda propone investigar sobre las técnicas de investigación llevadas a cabo por Houssay y explicar un fragmento de la entrevista donde se hace referencia a este tema. La tercera indica el sitio web en el que podrá encontrar información sobre la vida y obra de Houssay y propone anotar datos curiosos de la misma, compartírlas con sus compañeros y preparar un texto en conjunto.

Destacamos una vez más la posibilidad de acercar a los estudiantes a los contenidos de historia de la ciencia mediante atractivos relatos que mezclan la fantasía con la realidad y los invitan a viajar en el tiempo, incentivando la contextualización de los acontecimientos, la visión de la forma de trabajo de grandes personalidades que forjaron la ciencia, en este caso desde nuestra patria y con repercusión mundial, mostrándolos como personas reales y cercanas, y evidenciando a la ciencia como posible de ser realizada mediante el trabajo incesante y la camaradería, como muy bien se destaca en el diálogo presentado.

Valoración general

El texto analizado posee contenidos de historia de la ciencia en todos los capítulos que fueron objeto de nuestro estudio. Como balance cuantitativo podemos decir que los capítulos seleccionados poseen un total de 104 páginas, de las cuales 26 contienen al menos algún contenido referido a la historia de la ciencia, es decir el 25% del total.

Debemos subrayar que las secciones que comprenden contenidos de historia de la ciencia están integradas a lo largo de todos los capítulos examinados. Es un avance, con respecto a los textos analizados anteriormente, el hecho de que no se localicen sólo como una introducción que puede saltarse para pasar a la parte “importante” de los contenidos. Destacamos la originalidad de la sección “El viajero del tiempo”, presente en dos de los cinco capítulos analizados, ya que pone en contexto a personajes relevantes mediante un atractivo y motivador diálogo ficcional. Consideramos que sería de mucha utilidad repetir el modelo del tratamiento que se hace del tema “Diabetes” en la pág. 149, con todos los contenidos troncales

de cada capítulo. En este se comienza mencionando los conceptos observados en la antigüedad y en la actualidad y se propone analizar el tránsito de ese largo camino, indicando los principales acontecimientos que marcaron avances en la construcción de los conocimientos científicos. Si bien destacamos la presencia de varios apartados con contenidos históricos, sugerimos que una integración de ellos en el desarrollo general de cada temática abordada favorecería la comprensión, por parte de los estudiantes, de la forma de “hacer” ciencia a lo largo de los tiempos.

En cuanto al tipo de historia incluida podemos decir que, en su mayor parte, son escasos los datos que dan una idea del contexto en el que se produjeron los acontecimientos relatados. La sección “El viajero del tiempo” resulta ser la excepción, ya que nos transporta al tiempo y lugar en el que se generaron los hechos e incentiva la visión de la forma de trabajo de las grandes personalidades que forjaron la ciencia, de acuerdo a la época en que se desarrollaron.

En ocasiones se muestra una historia externalista, para la que resulta importante el desarrollo tecnológico. Se observa cómo la ciencia se deja guiar por la utilidad social, estableciendo una íntima relación ciencia-tecnología-sociedad. Otras veces los contenidos resultan escasos como para vincular los hechos relatados con los intereses sociales y económicos, dejando a medio camino el objetivo de la sección “Ciencia en la historia” que pretende presentar a la ciencia como una construcción histórica y cultural.

Si bien se visualiza un trabajo colaborativo al mencionar las experiencias realizadas por el “grupo” de Houssay o por el “equipo” de Epstein, muchas veces la escasez de información impide mostrar las rivalidades, celos o acuerdos de los equipos de trabajo y se presentan actividades aisladas, instalando la idea de su realización por parte de científicos solitarios.

En cuanto a la presentación de los conocimientos como provisionales, debemos mencionar que, en varios de los párrafos analizados, se hace mención de los antecedentes de diversas investigaciones que fueron completando un trayecto o cambiando los conceptos sostenidos en otros tiempos. Sin embargo, la presencia de discusiones aún vigentes es muy escasa. Para evitar tomar los conocimientos como verdades definitivas, consideramos que sería ideal presentar cuestionamientos sobre los conocimientos científicos consensuados en la actualidad o bien investigaciones que tengan como objetivo futuros desarrollos que podrían cambiar los paradigmas actuales.

Las imágenes presentes en el texto, en forma general, son atractivas y coloridas. Sin embargo, debemos decir que pocas de ellas reflejan algún contenido relacionado a la historia de la ciencia. Algunas de las analizadas en esta investigación, no poseen etiqueta verbal y se encuentran en las secciones “Experimentos en papel”, “Ciencia en la historia” o “El viajero del

tiempo”. En otras, la etiqueta verbal incluye el único aporte acerca de la historia de la ciencia en la página correspondiente, tal es el caso de la mención del estudio sobre el comportamiento de los animales, realizado por Darwin o el trabajo con las bandadas de jilgueros, realizado por Glück. También localizamos, a lo largo de los capítulos, algunas fotografías en blanco y negro de científicos como Tinbergen, Lorenz, von Mering, Minkowski, Houssay y Menéndez, todas con los datos correspondientes en sus etiquetas verbales. En cuanto al retrato de Patrick O’Brien, que hemos mencionado, muestra la relación entre las expresiones artísticas y las diversas patologías, en este caso la hiperfunción de la hipófisis, como se expresa en su etiqueta verbal. Queremos destacar la relevancia de introducir, en las propuestas de las actividades finales, el análisis de una experiencia histórica mediante la imagen del dispositivo utilizado y los resultados obtenidos por Jean-Jacques De Mairan en 1729.

Las actividades de aprendizaje presentadas en el texto son abundantes y variadas en cuanto a la metodología. Sin embargo, las relacionadas con la historia de la ciencia son escasas, en proporción a la cantidad de contenidos de este tipo. Debemos destacar la propuesta de realizar un diseño experimental propio e imaginar la relación entre el clinostato de Sachs y sus efectos, presentada en la sección “Ciencia en la historia”. Consideramos que experimentar el trabajo científico, verlo posible y analizar sus dificultades resulta una sugerencia muy positiva. Del mismo modo destacamos las consignas presentes en la página correspondiente a una de las secciones “Experiencias en papel”, que propone incluir una nueva variable (administrar insulina a los perros a los que se ha extirpado el páncreas) en la experiencia presentada, hipotetizar sobre su efecto y realizar un esquema para registrar sus resultados. Resaltamos también las propuestas de investigación y presentación de la sección “El viajero del tiempo”. En cuanto a la “Propuesta de actividades” con la que se cierra cada capítulo debemos decir que en los capítulos 1 y 2 no existe ninguna consigna que haga referencia a la historia de la ciencia. En cambio, en los capítulos 3,4 y 7, una única actividad (entre doce a dieciséis consignas) otorga una mirada hacia la construcción del conocimiento científico a lo largo del tiempo, mediante el análisis de experiencias históricas o bien la investigación de teorías. De esta escasa participación en las actividades de resumen y cierre de los capítulos surge el interrogante acerca de la posición que ocupa la historia de la ciencia en los contenidos abordados. Si a la hora de sintetizar y evaluar el capítulo, las propuestas sólo incluyen los resultados logrados por la comunidad científica actual y se hace caso omiso a la forma en que se construyeron dichos conocimientos, ¿Cuál es la importancia que se le otorga a la historia de dicha construcción?

En relación a las experiencias históricas presentadas a lo largo del texto, podemos decir que en su mayor parte son relatadas en la sección “Experiencias en papel”, aunque también se

presentan propuestas en otras secciones como las “Actividades”, “Ciencia en la historia”, “Ciencias en la Net” y en el desarrollo general del texto. La forma de presentación es muy variable. De las cinco experiencias históricas que se encuentran en la sección “Experiencias en papel”, cuatro se muestran como resultados acabados; en ellas se relatan los siguientes pasos: hipótesis, predicción, procedimiento, resultados y conclusiones. La última experiencia presentada en el capítulo 7 acerca de la regulación del nivel de glucosa por parte del páncreas, si bien sigue los mismos lineamientos que las anteriores, deja planteada la posibilidad (en las actividades adjuntas) de que los alumnos imaginen qué sucedería ante un cambio de variable y realicen un esquema de construcción personal para registrar determinados resultados. Esto acercaría a los estudiantes a visualizar la ciencia como un proceso en lugar de un producto.

Las actividades que se proponen en relación al clinostato de Sachs marcan un camino hacia la experimentación del proceso científico, en lugar de mostrar los resultados acabados. Asimismo, valoramos la invitación a realizar el análisis de experiencias históricas a través de las imágenes presentadas en la sección “Propuesta de actividades finales” y la opción, presentada en el apartado “Ciencias en la Net”, de observar en You Tube una experiencia con una paloma y discutir acerca de las definiciones, planteadas en esa sección, que se ponen en duda con los resultados de este experimento. Consideramos que esta propuesta resulta enriquecedora para alejarnos del concepto de las experiencias como resultado acabado.

En referencia a las sugerencias de ampliación de información, debemos decir que es muy escasa. Se reduce a algunas propuestas de investigación en las actividades de aprendizaje, sin sugerir ninguna bibliografía o sitio web de consulta. En un par de ocasiones se propone un enlace para observar un video de You Tube; sin embargo, ya no se encuentra disponible en la web.

En cuanto a la adaptación al programa y currículo vigente, vemos que la propuesta de trabajar con los alumnos el análisis de experimentos históricos se lleva a cabo con algunas falencias como la ausencia, en la mayoría de los casos, de las preguntas que guiaron a los científicos a realizarlos. Sin embargo, debemos destacar la riqueza de algunas propuestas al respecto, como las de incluir nuevas variables, elaborar hipótesis sobre ellas y esquemas para expresar los resultados.

La propuesta realizada en el diseño acerca de la presentación de los estudios clásicos de Lorenz y Tinbergen y la formulación de preguntas a partir de ellos que puedan abordarse mediante una investigación, se cumple de manera parcial ya que se presenta a Lorenz en el marco de un interesante relato de “El viajero del tiempo” que no detalla en profundidad la experiencia, sino que solamente menciona su existencia y destaca el momento de la vida de los

animales en la que debió llevarse a cabo, centrándose sobre todo en los aspectos generales de la vida de Lorenz como investigador.

El diseño insta a presentar experimentos históricos fácilmente reproducibles en clase, como los de los Darwin y los de Went. La experiencia de los Darwin es presentada en la sección “Experimentos en papel”; sin embargo, no se sugiere su reproducción por parte de los estudiantes. Went no es mencionado; tampoco su experiencia, a lo largo de estas páginas. En cuanto al tema de la diabetes, debemos decir que lo expresado en las páginas del texto cumple en gran parte con lo solicitado en el diseño. Podríamos considerar como una posible falencia la ausencia de la mención explícita de las conexiones entre la salud y las problemáticas socioeconómicas, sugeridas para cumplir con la reflexión acerca de la tríada ciencia-tecnología-sociedad. En líneas generales podemos indicar que el texto acata en gran medida la propuesta del diseño curricular vigente, en cuanto a los contenidos referidos a la historia de la ciencia que este propone y a las sugerencias expresadas como oportunidades pedagógicas.

La imagen de ciencia que se trasluce a partir de la lectura de los capítulos del texto se acerca bastante a la que queremos transmitir. Podemos decir que la ciencia no se vislumbra como netamente empirista, dado que se introducen algunos aspectos sociales, resultando menos distante y más enriquecedora. Sin embargo, en ocasiones hemos detectado una escasez de referencias en relación al ensamblaje ciencia-tecnología-sociedad. Además, no podemos dejar de mencionar que el valor del error es un concepto que resulta muy alejado de los relatos presentados. Por momentos, la visión descontextualizada de los acontecimientos nos hace regresar a la concepción de una práctica científica aislada del resto del mundo y reservada a unos pocos. Es allí cuando algunas secciones como “El viajero del tiempo” vienen a darnos un aire renovador en la construcción de esta “nueva” imagen en la que está implícita la aceptación del carácter social de la ciencia. Valoramos el avance que este texto proporciona, al alejarse de una visión ahistórica y aproblemática de la ciencia e instamos a los autores a continuar trabajando, en las próximas ediciones, a fin de lograr transmitir a los estudiantes una imagen de ciencia flexible, cambiante, posible de ser realizada, que resulte motivadora para que logren involucrarse activamente en las decisiones que se imponen en estos tiempos.

Capítulo 6

Análisis de los libros de Biología para cuarto año de la Educación Secundaria de la Provincia de Buenos Aires.

El diseño curricular

La revisión del diseño curricular para la educación secundaria de la Dirección General de Cultura y Educación de la provincia de Buenos Aires (2010) nos permite comprobar que en los lineamientos para cuarto año se resalta la importancia de diferenciar la manera en que se aborda el estudio de los seres vivos a lo largo de la historia. Las propuestas presentadas como parte de los contenidos y de las orientaciones didácticas resultan interesantes, a fin de fomentar la mirada histórica en la construcción de los conocimientos científicos. Sin embargo, dichas sugerencias abarcan solo algunas de las temáticas tratadas. Debemos destacar la invitación a considerar la ciencia como una actividad humana, inserta en un determinado contexto histórico y social particular, orientando así a los estudiantes a desmitificar la actividad científica concebida como una producción objetiva, aséptica y con un método infalible.

Nos proponemos analizar, en los libros de texto seleccionados, los contenidos del segundo momento de la Unidad N° 1 para 4° año, referidos al organismo humano y sus funciones de nutrición, basándonos en la propuesta del diseño curricular de considerar sus representaciones a lo largo de la historia. Asimismo, dejamos constancia de que en él se omite sugerir la inclusión del análisis histórico en el resto de los contenidos del programa.

Por razones de comodidad transcribimos a continuación los contenidos de las unidades y las orientaciones didácticas relacionadas con la historia de la ciencia.

“Unidad 1. La función de nutrición - la nutrición en humanos

Unidad de funciones y diversidad de estructuras nutricionales en los organismos pluricelulares. Los seres vivos como sistemas abiertos. Las funciones básicas de la nutrición: captación de nutrientes, degradación, transporte y eliminación de desechos. Principales estructuras que realizan la nutrición en diferentes grupos de organismos.

El organismo humano como sistema abierto, complejo y coordinado. Concepto de homeostasis o equilibrio interno. Las funciones de nutrición humana y las estructuras asociadas: sistemas digestivo, respiratorio, circulatorio y excretor. El cuerpo humano a debate: diferentes

representaciones del cuerpo humano a lo largo de la historia. El fin del dogmatismo escolástico y el surgimiento de la anatomía y la medicina modernas.

Salud humana, alimentación y cultura. Los distintos requerimientos nutricionales en función de la edad y la actividad. Concepto de dieta saludable. La alimentación a debate: posturas críticas hacia las pautas de producción y consumo de alimentos en las sociedades modernas. La inequidad mundial en la distribución de los alimentos y su relación con la salud.

Orientaciones didácticas de la unidad

(...) En el segundo momento de esta unidad se estudiarán, específicamente en el cuerpo humano, las estructuras que hacen posible las funciones que se vienen tratando. Será interesante incorporar una visión histórica acerca del conocimiento del cuerpo humano como fundador de la ciencia y la medicina moderna y los debates, conflictos, e incluso aspectos represivos que signaron ese periodo. Ejemplos como el de Miguel de Servet, condenado a morir en la hoguera por “atreverse” a investigar el funcionamiento del cuerpo humano enfrentando la prohibición de la Inquisición, servirán para mostrar hasta qué punto estas ideas resultaron un giro copernicano en el conocimiento anatómico y fisiológico y en la apertura hacia el surgimiento de la biología moderna. En este mismo sentido, los textos y esquemas aportados por pensadores como Descartes, Harvey y Leonardo Da Vinci, servirán para ir acercándose desde las ideas del pasado al fino conocimiento actual alcanzado acerca del propio cuerpo” (Dirección General de Cultura y Educación de la provincia de Buenos Aires, 2010, p.16-18).

Análisis de libros escolares

1) Balbiano, A; Franco, R.; Godoy, E.; Iglesias, M.; Iudica, C.; Otero, P. et al. (2010). Biología. El intercambio de materia y energía en el ser humano, en las células y en los ecosistemas. Bs As: Saberes clave. Santillana. (L5)

Presentación general

En términos generales podemos decir que en este libro hay presencia de contenidos referentes a la historia de la ciencia. Estos ocupan la primera página de cada capítulo. En ella se cita una frase de un determinado científico, luego se destaca en forma breve su biografía, año de nacimiento y muerte, país en el que vivió, disciplinas que estudió, investigaciones y

“descubrimientos” que realizó. En el final de la página, bajo el título “Actividades” se enuncian algunas preguntas relacionadas con el tema. En el desarrollo del primer capítulo analizado se realizan breves referencias a la historia de la ciencia en tres de los apartados denominados “El detalle”. En cambio, en el desarrollo del segundo capítulo no existe mención a ningún acontecimiento relacionado con la historia de la ciencia. Hacia el final de los capítulos, en un apartado llamado “Leo, luego entiendo”, se presenta una lectura referida a otro investigador de épocas pasadas y una serie de actividades al respecto. Las “Actividades finales” y algunas propuestas de sitios web para consultar con las que cierra cada capítulo no hacen referencia alguna a la historia de la ciencia. Para concluir el balance cuantitativo mencionamos que los capítulos analizados tienen entre 18 y 20 páginas, de las cuales entre 4 a 5 páginas de cada uno hacen alguna referencia a contenidos de historia de la ciencia. Esto constituye aproximadamente el 22% y el 25% respectivamente del total de cada capítulo.

Descripción y análisis de los capítulos seleccionados

Capítulo 2: La digestión y la respiración en el ser humano (pág.36 a 55)

En la lectura correspondiente a la primera página del capítulo (pág.36) se presenta a Miguel de Servet (1509-1553) (ver Anexo, fig.92). Algunos párrafos hacen una breve mención al contexto en el que vivió: “Ser un hombre de ciencias en esa época significaba poseer un conocimiento muy abarcador y amplio”. Consideramos que esta frase deja abierta la posibilidad de que el alumno se pregunte el porqué de tal afirmación y posiblemente quede sin respuesta al no disponer de una guía para ampliar dicho concepto. “En su época fue cuestionado por su gran espíritu crítico (...) Fue perseguido, encarcelado y condenado a la pena capital”. Nos cuestionamos si los estudiantes comprenderán las razones por las que se objetaba el espíritu crítico y se perseguía de esa manera a un científico hasta llegar a ejecutarlo.

En las cinco actividades que se proponen al final de esta página se intenta que los estudiantes, con la escasa información de contexto que poseen y sin sugerir pistas para su ampliación, respondan si Miguel de Servet estuvo de acuerdo con la idea del cuerpo humano como una máquina, a qué se refería al utilizar el término “jarabe” y cuál era su definición de individuo sano. Las dos actividades restantes no se relacionan con esta lectura sino con los conceptos de sistema abierto y con los órganos que participan en la nutrición. ¿Acaso resultaría excesivo inducir en la totalidad de las actividades a una profundización de conceptos históricos

que amplíen la noción del contexto?

La breve historia presentada en esta introducción, a nuestro entender, intenta ser contextualista; sin embargo, se queda a mitad de camino dado que las escasas referencias carecen de una explicación que permita entenderlas convenientemente. Podemos inferir que se sugiere una historia de tipo externalista en la que la ciencia se presenta influenciada fuertemente por las creencias, modos de pensar y de vivir.

A lo largo de esta lectura, probablemente por omisión de información, parece presentarse a Servet como un gran genio, trabajando en soledad, sin detallar ningún trabajo colaborativo o trabajos previos que podrían haber sido tomados de referencia para la formulación de nuevas hipótesis. Se muestra como un personaje solitario, y en ocasiones con toda la sociedad en su contra.

En una parte del texto podemos leer “Descubrió la circulación menor”. Creemos que con esta frase los autores se alejan del concepto del conocimiento como provisional y lo presentan como una verdad inmutable, producto del descubrimiento de un gran genio.

En el margen izquierdo de la página que estamos analizando se presenta la imagen de un cuadro de Rembrandt (1606-1669) “La lección de anatomía del doctor Tulp”. Consideramos que esta tiene atractivo y despierta curiosidad acerca de los procedimientos de la época. Al pie de la ilustración se explicita que se trata de una representación de los científicos de los siglos XVI y XVII que se basaban en disecciones. A partir de esa imagen se pueden inferir las condiciones precarias en las que trabajaban, sin ninguna aparatología ni condiciones de seguridad y asepsia. También se presenta, en la parte derecha de la página, un retrato en blanco y negro de Servet, sin etiqueta verbal. Ambas ilustraciones tienen relación con el texto escrito y dejan entrever el contexto en que se desarrolló este científico. Se menciona la realización de disecciones pero no se describe el modo en que se realizaron las experiencias.

Las páginas siguientes desarrollan los temas generales que se enuncian a continuación: Sistemas involucrados en la nutrición. El sistema digestivo. Los nutrientes y su función. La digestión comienza en la boca. El estómago y su función. Las glándulas accesorias. El intestino y la absorción de nutrientes. El sistema respiratorio. Las vías aéreas y los pulmones. El intercambio gaseoso. La homeostasis. Control homeostático de la digestión y la respiración. A lo largo de dichas páginas se encuentran seis recuadros de “Actividades”, con dos a cinco consignas en cada uno. Ninguno de estos contenidos y actividades hacen referencia a la historia de la ciencia. Para completar el desarrollo central del capítulo se encuentran seis secciones, denominadas “El detalle”, resaltadas en color distribuidas en diferentes páginas, ocupando un cuarto de carilla o menos. Tres de ellas hacen alusión a la historia de la ciencia como podremos

percibir en la descripción que realizaremos a continuación.

En la parte inferior izquierda de la pág. 40, la sección “El detalle” titulada “¿Qué se inflama cuando tenemos paperas?”, luego de mencionar los síntomas, el agente productor y las consecuencias de dicha enfermedad, hace referencia al desarrollo de la vacuna antiparotiditis en 1967 y la incidencia de su inoculación como parte del plan de vacunación obligatorio y gratuito (ver Anexo, fig.93). Esta simple mención nos remite a relacionar la ciencia y los científicos con la sociedad y los beneficios que pueden obtenerse con su trabajo. Una mirada externalista en la que buscar la solución a una enfermedad que asecha y deja secuelas en gran parte de la población puede convertirse en la motivación para “hacer” ciencia. Consideramos que sería muy útil e interesante completar la información en relación al científico que posibilitó la elaboración de esta vacuna, Maurice Hilleman (1919-2005), quien no es mencionado en este texto. Si bien no gozó del reconocimiento público de Salk o Sabin, quizá porque la parotiditis no produjo el mismo terror en la población ni dejó secuelas tan visibles como la parálisis de la poliomielitis, su trabajo y sus contribuciones a la ciencia y al bienestar de la sociedad fueron muy importantes.

En la mitad inferior derecha de la pág. 41, la sección “El Detalle” presenta el interrogante “¿Quién regula la secreción gástrica?”(ver Anexo, fig.94). Se plantea la incógnita de los fisiólogos, durante mucho tiempo, con respecto al mecanismo que desencadena esta secreción. Se menciona que, en principio, se pensaba al sistema nervioso como el regulador de la misma y luego se responsabilizó al control hormonal. Se describe la experiencia que se realizó con perros para comprobar la hipótesis que sostenía que el quimo era el desencadenante de la liberación de la hormona estimulante de la secreción gástrica, descubriéndose, de esta forma, la gastrina. Consideramos que la ausencia de la mención de los tiempos transcurridos y de los científicos que intervinieron en los procedimientos realizados, constituyen un obstáculo para la comprensión de la forma en que se construyeron los conocimientos en este aspecto.

En la parte inferior izquierda de la pág. 48, la sección “El detalle” se titula “¿De dónde proviene el término homeostasis?” (ver Anexo, fig.95). En ella se hace mención a los fisiólogos Claude Bernard y Walter Cannon, a quienes ya nos referimos en el capítulo 5. Valoramos la mención de estos científicos y su ubicación en el tiempo. Sin embargo, sostenemos que la inclusión de estos conceptos en el desarrollo general de los contenidos, hubiera construido un relato más significativo del tema, sin que su historia sea vista como un “detalle” que puede o no tenerse en cuenta. La presentación realizada muestra a científicos solitarios y omite el contexto y las circunstancias en las que realizaron sus investigaciones.

El capítulo cierra con tres secciones “Ciencia en tus manos” (pág. 51) que trata acerca

de las mediciones e instrumentos de medición y propone la construcción de un espirómetro. “Leo, luego entiendo”, abarca las págs. 52 y 53; en la primera de ellas propone una lectura acerca de los buscadores de perlas en Japón y en la segunda acerca de Lázaro Spallanzani. Esta última será objeto de nuestro análisis. Ambas carillas son complementadas con el recuadro de “Actividades” con cinco a seis consignas en cada una. Por último, las “Actividades finales” abarcan las págs. 54 y 55 y constan de once consignas generales y dos enlaces de internet que remiten a las páginas del Ministerio de Educación del gobierno español y la Organización Mundial de la Salud. Ninguna de las consignas o enlaces se relaciona con contenidos de la historia de la ciencia, situación que deja en evidencia la escasa importancia que se otorga a estos temas.

Como ya mencionamos, analizaremos la segunda carilla del apartado “Leo, luego entiendo” (pág. 53). La misma se titula “Spallanzani, un experimentador arriesgado”, hace referencia a la biografía de Spallanzani (ver Anexo, fig. 96). Luego de ubicar año y lugar de nacimiento, cuenta rasgos de su curiosa personalidad. Se lo presenta como un trabajador solitario que modificó muchos aspectos del pensamiento científico del siglo XVIII con ensayos de experimentaciones, utilizando su propio cuerpo y el de animales. Las consignas propuestas en las actividades del final de la página instan a los alumnos a imaginar qué hipótesis tenía Lázaro, qué deseaba probar en sus experiencias, qué quiso decir con sus frases y qué coincidencia existe entre este texto y el inicio del capítulo. También propone reflexionar acerca de los experimentos que conllevan riesgo para la salud e indaga si conocen algún otro ejemplo histórico.

Consideramos que en esta lectura no se presenta el contexto. Se exponen las experiencias y observaciones del científico sin detallar cuáles eran las condiciones y elementos de los que se disponía en ese entonces. Se propone reflexionar sobre los experimentos con riesgo para la salud, pero ¿corrían el mismo el riesgo en esa época que en los tiempos actuales? ¿podemos establecer una comparación o estaremos mirando el pasado con los ojos del presente? Esto nos sugiere una presentación de la historia con enfoque whig, sin detallar los obstáculos que seguramente tendría Spallanzani al momento de realizar sus experiencias, siendo uno de los fundadores de la biología experimental. Podemos inferir del relato basado puramente en las evidencias experimentales, una posición internalista en la que se presenta a la ciencia como algo independiente al lugar y el tiempo en el que se desarrolla.

En este texto se habla de las conclusiones de Spallanzani como opuestas a las de sus colegas y se lo presenta aconsejando a su maestro, Georges Leclerc (1707-1788), conde de Buffon, dando la idea de un trabajo, si bien no tan colaborativo, menos solitario, teniendo

consideración de otros puntos de vista. Nos planteamos cuánta riqueza habría si se presentara el espíritu de esos intercambios con sus pares y maestros. ¿Por qué le aconseja a su maestro que se saque los anteojos de la imaginación y se compre un buen microscopio? ¿Qué ideas tenía Leclerc? Son preguntas que quedan sin respuesta y que difícilmente el estudiante pueda llegar a inferirlas sin una guía del docente o sugerencia de lecturas complementarias. Confirmando la idea de continuidad en el trabajo científico, se menciona a William Beaumont (1785-1853) verificando los hallazgos de Spallanzani muchos años después de su muerte. Al hacer referencia a las diferentes experimentaciones que este realizaba y el tiempo que tuvo que pasar para que otro científico verificara sus hallazgos luego de su muerte, podemos inferir la idea de conocimientos provisionales, sujetos a posteriores verificaciones.

En la parte superior derecha de la página 53, se encuentra una ilustración en blanco y negro de Spallanzani, muy poco atractiva. Contiene una etiqueta que hace referencia a este científico como uno de los fundadores de la biología experimental. Se lo puede ver interactuando con otra persona que sostiene un ave, a la que Spallanzani sujeta con una cuerda y jaulas con varias aves en el lugar. Esta imagen si bien no es atractiva visualmente por su falta de color y su pequeño tamaño; sin embargo, muestra las condiciones de trabajo bastante diferentes a los laboratorios actuales. Está relacionada con el texto escrito y da idea del contexto en que se experimentaba en el siglo XVIII.

Las experiencias históricas se presentan como métodos arriesgados que van variando y complejizándose, como un proceso en el que intervienen animales y su propio organismo. No se sugiere ampliación de la información ni se propone bibliografía sobre historia de la ciencia en el texto referido a Servet ni en el que se refiere a Spallanzani; sin embargo, en este último se cita la fuente utilizada.

Capítulo 3: La circulación y la excreción en el ser humano (pág. 56 a 73)

En la primera página del capítulo se realiza una breve descripción biográfica de Marcelo Malpighi indicando sus estudios y “descubrimientos” (ver Anexo, fig.97). Al presentarlo como médico, biólogo y filósofo, nos preguntamos si los estudiantes comprenderán la relación de la filosofía con las otras disciplinas, dado que difiere mucho de la concepción actual que se tiene de dichos estudios. ¿Comprenderán que la actividad de la razón humana produjo diversos conocimientos que en un primer momento fueron calificados como científicos o filosóficos sin que hubiera entre ellos una neta distinción? ¿Tendrán en mente que a partir del siglo XVII la ciencia natural moderna adquiere rasgos de identidad propia y recién a finales del siglo XVIII

se separa del resto del saber racional, conceptualizado a partir de entonces como meramente filosófico?

Se presenta como un precursor en el estudio de la circulación capilar, los glóbulos rojos, la estructura del bazo, hígado, riñón y glomérulo y la anatomía microscópica. Quedan sin respuesta los interrogantes que podrían aparecer en las mentes de los alumnos más curiosos ¿Ya se habían hecho observaciones microscópicas en la época? ¿Malpighi trabajó sólo? ¿Se basó en trabajos de otros científicos? ¿Qué condiciones y elementos tenía a su disposición?

En las actividades que se proponen al final de la página, cinco preguntas corresponden a la historia de la ciencia y una se refiere al aspecto estrictamente biológico de los sistemas involucrados. Las cinco cuestiones mencionadas invitan a los estudiantes a pensar en la importancia que Malpighi le daba a la exactitud en las observaciones, las razones por las que se considera un pionero al concebir el organismo como un sistema de glándulas, los motivos por los que fueron rechazados los hombres de ciencia en aquella época y los puntos en común con Spallanzani y Servet. Para responder estos interrogantes no se recomienda ninguna bibliografía ni sitio web para consultar. Consideramos que los alumnos deberían “adivinar” las respuestas dado que carecen de los conocimientos necesarios acerca del contexto de la época y de mayores detalles acerca del trabajo de los investigadores, como para responderlas con certeza.

Entendemos que la historia presentada en esta página, además de ser muy reducida, se presenta con un enfoque whig o presentista e internalista, dado que no ubica al alumno en el contexto de la época considerada y presenta las modificaciones de la ciencia como generadas en el plano de las teorías y no como fenómeno social y cultural.

En la pág. 56, el relato presenta el trabajo de Malpighi como una labor individual, en la que este científico “describió” “estudió” “explicó” “utilizó”; en ningún momento se hace referencia a un trabajo compartido o al menos a precursores en los que se haya basado para sus investigaciones. A la izquierda de este relato se observan ilustraciones del libro escrito por Malpighi en 1663 acerca de los alvéolos pulmonares *De pulmonibus observationes anatomicae*. La imagen refleja las características de un libro de la época, presentando su portada y una hoja en la que se distingue un dibujo de los alvéolos con su red de capilares. Contiene una etiqueta en la que se detallan estos datos. No tiene relación directa con el texto ya que en el mismo no se hace mención del estudio a nivel pulmonar ni de la escritura de libros, sí del descubrimiento de la circulación a través de capilares sanguíneos. En la parte derecha de la página se presenta el retrato del rostro del científico. Al pie de la imagen nos encontramos con la aclaración de que se preocupó por describir la realidad de un modo exhaustivo, concepto que

alimenta la visión del conocimiento como verdad inmutable, como una realidad que poco tiene que ver con la interpretación del investigador, en coincidencia con la frase de su autoría que se cita al comienzo de la página: “No pregunten si estas ideas son buenas o malas, más bien pregunten si coinciden con la realidad”. En cierto modo podemos decir que esta etiqueta del retrato de Malpighi se relaciona con el texto ya que este habla de “describir detalladamente” las distintas estructuras anatómicas.

Los principales temas desarrollados en las páginas siguientes son: El sistema circulatorio. La sangre. La hemoglobina y el transporte de oxígeno. El mecanismo de coagulación. El corazón y la circulación sanguínea. El sistema linfático. La respuesta inmunitaria. Relación entre la excreción y la homeostasis. El sistema urinario. El nefrón. Control nervioso y endocrino de la función renal. Entre estos temas se encuentran, en diferentes carillas, cuatro secciones destacadas en color y denominadas “El detalle”, cada una de las cuales ocupa menos de un cuarto de carilla aproximadamente. Ninguna de ellas hace referencia a temas relacionados con la historia de la ciencia. Tampoco lo hacen las “Actividades”, tres secciones destacadas que contienen una a cuatro consignas.

Para finalizar el capítulo se presentan tres apartados “Ciencia en tus manos”, que abarca una página completa, “Leo, luego entiendo” que comprende dos carillas, al igual que las “Actividades finales”. Nos referiremos a los dos primeros ya que presentan contenidos relacionados a la historia de la ciencia. Por el contrario, en las “Actividades finales” que comprenden once consignas generales y tres enlaces propuestos para profundizar contenidos, no se hace ninguna mención a la construcción de los conocimientos a lo largo de la historia.

La sección “Ciencia en tus manos” se titula “Interpretación de resultados de un experimento y elaboración de conclusiones” (ver Anexo, fig.98). Comienza expresando que uno de los problemas que enfrentaban los médicos de fines del siglo XIX eran las transfusiones sanguíneas. El problema era que algunos pacientes morían al ser transfundidos y otros no. Se nombra a Landsteiner, a quien hemos mencionado en el cap.5 de esta tesis, como el autor de la hipótesis que proponía la existencia de cuatro grupos sanguíneos diferentes y la compatibilidad o rechazo en las donaciones de sangre. Luego se relata el procedimiento que siguió este científico y concluye proponiendo una imagen en la que dos gotas de sangre de cuatro individuos diferentes son sometidas al suero anti A y al suero anti B. Si bien la misma no posee etiqueta verbal, se observan con mucha claridad el aspecto diferente de cada gota. Las actividades propuestas al final de la carilla invitan a interpretar los resultados del experimento, justificar las respuestas, diseñar un experimento para comprobar la compatibilidad Rh y dibujar

el resultado esperado.

Consideramos valioso el aporte de esta sección ya que permite a los estudiantes internarse en el mundo experimental de fines del siglo XIX y ensayar la interpretación de resultados y elaboración de conclusiones. Sin embargo, creemos que resultaría muy valioso ahondar más profundamente en el trabajo de Landsteiner quien mereció el Premio Nobel de Medicina y Fisiología en 1930 por el descubrimiento de los grupos sanguíneos en la especie humana, trabajó incansablemente en relación a muchos otros temas como la sífilis y la poliomielitis y tuvo que atravesar circunstancias difíciles durante la Primera Guerra Mundial. Mencionar el contexto en el que realizó sus investigaciones, los antecedentes en los que se basó, los aportes que realizó a otras disciplinas, sus dificultades y logros, resultaría de mucha utilidad para que los alumnos puedan comprender al trabajo científico como algo posible de ser realizado por personas reales.

En la primera página del apartado “Leo, luego entiendo” (pág.70) se encuentra la lectura titulada “Harvey: descubrimiento de la circulación de la sangre”, extraído de Desiderio Papp, *Historia de las ciencias desde la antigüedad hasta nuestros días* (ver Anexo, fig.99). En este texto se presenta al trabajo de Harvey como una síntesis de las hipótesis de Ibn Al Nafis (1213-1288), Colombo, Servet y Andrea Cesalpino (1519-1603). También menciona el aporte de Malpighi como fundamental para el reconocimiento de la teoría de Harvey.

En un intento por presentar un contexto a estos trabajos se menciona el método galileano de comprobación experimental y de razonamiento lógico y la aplicación de sus principios mecánicos a los fenómenos de la vida. Nos preguntamos si es suficiente esta mención para situar a los estudiantes en la época en que Harvey desarrolló su teoría. ¿Comprenderán lo que quiere transmitir el autor al señalar que con la publicación del tratado de Harvey sobre el movimiento del corazón y la sangre, finaliza el antiguo concepto del organicismo? Consideramos que estos textos y términos aislados constituyen una historia “mal contada” que no sitúa convenientemente a los estudiantes en la evolución de los acontecimientos científicos.

Para sintetizar podemos decir que hay un intento por presentar una historia contextualista que no logra su objetivo, sin poner el acento en las condiciones reinantes en la sociedad, sólo traza una reseña de aportes de otros científicos de la época, marcando una posición internalista basada exclusivamente en las teorías postuladas.

En las actividades propuestas al final de la página se plantean 6 preguntas acerca de la relación entre el método galileano y el nacimiento de la fisiología moderna, el significado de los conceptos de “pequeña circulación” y “siempre la misma ruta”, el descubrimiento de Malpighi y la posibilidad de un docente de biología de utilizar la lectura para explicar la

construcción del conocimiento científico. No se otorga ninguna referencia bibliográfica de consulta. Consideramos que los estudiantes no estarían en condiciones de responder a muchas de estas cuestiones sin tener una formación previa o lecturas accesorias.

El texto acerca de Harvey hace un recorrido sintético pero esclarecedor por los diferentes hallazgos de distintos científicos que dieron lugar a que Harvey pudiera expresar su teoría. Se vislumbra en esta página un concepto de trabajo colaborativo en la construcción del conocimiento científico que se presenta como provisional y sujeto a modificaciones. Acompañan el relato, a la derecha de la página, la imagen de un dibujo hecho por Harvey acerca de sus experimentos sobre la circulación de las venas. El mismo, en blanco y negro presenta un pie de imagen que aclara lo dicho. Este no tiene relación con el texto ya que en el mismo no se relatan dichos experimentos. Creemos que resultaría poco probable que el alumno pudiera comprender los pasos de este procedimiento y su finalidad observando únicamente el dibujo que se presenta. Debajo se encuentra un retrato del médico inglés cuya descripción menciona que “descubrió” la fisiología del sistema circulatorio, término, a nuestro criterio, mal utilizado ya que su teoría proviene de un trabajo colaborativo antes mencionado y no de un “descubrimiento” personal y aislado.

No se describen las experiencias realizadas; sin embargo, se menciona que trabajó con cálculos matemáticos (a la manera de Galileo) para demostrar la capacidad del corazón, cantidad de sangre empujada, etc. Los datos no parecen indicar un proceso sino un resultado acabado, producto de sus cálculos.

La segunda carilla de la sección “Leo, luego entiendo” (pág. 71) se titula “Las puertas de entrada a la célula” de Susana Gallardo (ver Anexo, fig.100). El relato comienza mencionando a los científicos Agre y MacKinnon, a quienes hicimos referencia en el capítulo 5 de esta tesis. Se destaca la importancia de la entrada de iones a las células y de los canales presentes en la membrana celular para dicho fin. A continuación, se hace una referencia histórica que nos llama la atención con respecto a su ubicación en el tiempo: “Ya a mediados del siglo X se suponía que debía haber algún tipo de abertura en la membrana celular que permitiera el flujo de agua y sales”. Al buscar el texto original de donde se cita el párrafo, verificamos una errata ya que en el mismo se menciona mediados del siglo XIX como la etapa en la que surgió tal suposición. También se detalla en el original que a partir de 1950 se propuso que ciertos poros de la célula permitían el paso simultáneo de agua y solutos y en los 30 años siguientes se estudiaron en detalle esos poros y el tipo de filtro que impedía el paso de otras moléculas.

Consideramos que sería de mucha importancia ubicar a los estudiantes en el tiempo, a

fin de que tomen conciencia de la importancia de los antecedentes y de los avances tecnológicos para los progresos científicos, fundamentalmente cuando hablamos de avances en la biología molecular. De este modo al mencionar que Agre, en 1992, logró identificar esa proteína tan buscada y la llamó acuaporina, estaríamos alejándonos de la visión de un gran genio, privilegiado que tuvo una iluminación para lograr ese avance.

La mención de las investigaciones realizadas en los últimos diez años y del rol relevante en la medicina e industria farmacéutica, resulta clave para instalar la noción de conocimiento provisional y la relación ciencia-tecnología-sociedad, con una mirada externalista de la ciencia. Las actividades propuestas en el final de la página no hacen referencia a la historia de los conceptos, tampoco la única imagen que es un esquema en el que se ubica la glándula hipófisis dentro de la cavidad craneal.

Valoración general

El texto analizado posee contenidos de historia de la ciencia en todos los capítulos que fueron objeto de nuestro estudio. Como balance cuantitativo podemos decir que los capítulos seleccionados poseen un total de 38 páginas, de las cuales 9 contienen al menos algún contenido referido a la historia de la ciencia, es decir aproximadamente el 24% del total.

Debemos subrayar que las secciones que comprenden este tipo de contenidos están separadas del desarrollo general del bloque temático, presentándose en la introducción de los capítulos y en algunas de las secciones “El detalle”, “Leo, luego entiendo” y “Ciencia en tus manos”. Consideramos que la integración del aspecto histórico debería realizarse en el relato general de cada contenido para otorgar a los estudiantes una noción de la manera en que se construyen los conocimientos científicos y evitar mostrar este aspecto como accesorio y librado a la voluntad de quien quiera ampliar sus conocimientos al consultar las secciones complementarias de la temática “principal”.

Con respecto a la perspectiva historiográfica empleada, coexisten la mirada internalista y externalista, así como la contextualista y la Whig. La construcción del conocimiento científico se presenta en ocasiones como un trabajo individual y en otras como colaborativo. Por momentos se presentan los conocimientos como provisionales y en ocasiones se muestran como verdades definitivas.

Consideramos valioso el aporte que se realiza a través de las imágenes, dado que la mayoría de ellas posee etiqueta verbal y se relaciona con el texto escrito. Muchas de las actividades de aprendizaje presentadas en las páginas analizadas hacen referencia a la historia

de la ciencia. Sin embargo, este aspecto se encuentra ausente en las actividades finales de integración, propuestas al finalizar cada capítulo.

Las experiencias históricas relatadas son escasas y se presentan como resultados acabados. No existen sugerencias de ampliación de información ni bibliografía propuesta acerca de la historia de la ciencia.

En ambos capítulos (cap.2 y 3) se nota la ausencia de la propuesta de contenidos enunciados en el diseño curricular para la Unidad N° 1: El cuerpo humano a debate: diferentes representaciones del cuerpo humano a lo largo de la historia. El fin del dogmatismo escolástico y el surgimiento de la anatomía y la medicina modernas.

Si bien se menciona a Servet, indicando algunas de sus investigaciones y su condición de perseguido y condenado, se está muy lejos de cumplir con las orientaciones didácticas del diseño que propone incorporar la visión histórica del conocimiento del cuerpo humano, los debates y conflictos de este período, tomando como ejemplo a este científico para mostrar cómo sus ideas abrieron camino al surgimiento de la biología moderna.

El diseño también propone presentar textos y esquemas de pensadores como Descartes, Harvey y Da Vinci para poder acercarse desde las ideas del pasado al detallado conocimiento del cuerpo humano en la actualidad. Al respecto, la biografía de Leonardo Da Vinci es presentada en forma breve al inicio del capítulo 1 (no analizado en esta investigación). La obra de Harvey es presentada, como ya hemos mencionado, al final del capítulo 3. En cuanto a Descartes, su participación en la realización de disecciones y su aporte en la anatomía y fisiología no son mencionados a lo largo de estas páginas. Nos preguntamos en qué medida la brevedad o la limitación en la extensión -que probablemente es una condición para la presentación de los libros de texto- impide que se incorporen en los mismos la información necesaria para que los alumnos comprendan cómo se hace ciencia y se vean motivados a practicarla o bien a comprometerse en los temas que competen al bien común.

La visión de ciencia transmitida por este libro de texto, resulta, a nuestro criterio, distorsionada. Consideramos que se escatima información acerca de la construcción de los conocimientos y el contexto en el que se llevó a cabo. Asimismo, notamos una disparidad en el criterio de presentación, una falta de coherencia en el tipo de historia manifestada que por momentos intenta ser contextualista y por otros se presenta con un enfoque whig. Despojar de la historia de la ciencia al desarrollo de cada capítulo y limitarla a dos páginas separadas, en el inicio y el final del mismo, contribuye a darle una posición accesoria que de ningún modo colabora a la reflexión de los estudiantes acerca de la influencia de la cultura, la política y la sociedad sobre la ciencia, generando una imagen aislada y atemporal de la misma, concebida

por “grandes genios” que descubrieron y demostraron conocimientos infalibles. A lo largo de las páginas de este texto, no solo es escaso o nulo el relato de la evolución histórica de los conocimientos sino que tampoco se plantean interrogantes o preguntas imprevistas que podrían surgir en el futuro, del mismo modo que han surgido en el pasado histórico. Concluimos que la visión de ciencia en este libro se aleja mucho del propósito planteado por los investigadores de los últimos tiempos cuyo objetivo es lograr revertir el concepto de ciencia como una verdad absoluta y definitiva y de este modo conseguir comprender sus problemáticas y dilemas.

2) Fumagalli, L. (coord.) (2010). *Biología. Intercambios de materia y energía, de la célula al ecosistema*. Bs As: Serie Huellas. Editorial Estrada. (L6)

Presentación general

En este libro se encuentran contenidos referidos a la historia de la ciencia, distribuidos si ningún orden particular, destacados en pequeños recuadros de color diferente al resto del texto, que por lo general abarcan un cuarto de página aproximadamente. En las últimas páginas de algunos capítulos, en la sección denominada “Propuesta de actividades”, se localiza el relato y propuesta de análisis de una experiencia histórica, abarcando una carilla completa.

Haciendo un balance cuantitativo podemos decir que los capítulos seleccionados para el análisis (cap. 2 y cap.3) tienen 22 páginas cada uno, de los cuales los contenidos referidos a la historia de la ciencia se encuentran en 4 y 2 páginas respectivamente, es decir en el 18% y 9% de las mismas. Consideramos que es escaso el espacio que le asignan a este aspecto. Por otra parte, dichos contenidos se presentan como compartimentos estancos sin conexión directa con el desarrollo del capítulo.

Descripción y análisis de los capítulos seleccionados

Capítulo 2: La nutrición en el organismo humano. Digestión y respiración (pág.30 a 51)

El capítulo desarrolla los siguientes temas principales: El organismo humano como sistema abierto. La digestión. Un proceso, distintos tipos de transformaciones. La respiración. Las tres últimas páginas corresponden a la sección “Propuesta de actividades”, una de las cuales

analizaremos luego por tratarse del análisis de un experimento histórico.

En la parte inferior de la tercera página del capítulo (pág. 32) se encuentra un recuadro destacado en color que se titula “El cuerpo humano como objeto de estudio” (ver Anexo, fig.102). En él se destacan los cambios de las concepciones del cuerpo a lo largo de la historia. Se muestra la visión actual (sistema abierto, complejo y coordinado), generada hace 30 años, como una de las posibilidades para abordar su estudio. Entendemos que de este modo se ofrece una visión de los conocimientos como provisionales.

Al citar a varios filósofos, médicos y científicos que se han ocupado de investigar el organismo humano y mencionar también a pintores y escultores que se “sumaron” a los estudios, se vislumbra la conexión de la ciencia con otros ámbitos de la cultura con una mirada más interdisciplinaria y quizá externalista.

No hace mención a las condiciones de la época. Hace referencia al objetivo de la búsqueda de curación de las enfermedades. Consideramos que en dicho propósito expresado no se advierte la diferencia con el de la medicina actual. Nos preguntamos si, con ese escenario planteado, lograría el estudiante imaginar las condiciones de la época, tan diferentes a las actuales, en las que se presentaban enfermedades mortales que hoy se curan fácilmente; por ejemplo, mediante el uso de antibióticos o conseguiría determinar cuál era realmente esa necesidad de investigar el cuerpo y con qué recursos contaban para hacerlo. Creemos que quedan muchos interrogantes sin responder, al presentar esta historia acotada y sin describir el contexto.

Se presenta una imagen en el mismo recuadro, a la derecha del texto, poco atractiva por su pequeño tamaño, de un dibujo del cuerpo y sus órganos realizado por Leonardo da Vinci (1452-1519). En el pie de imagen se menciona el autor, año de nacimiento y muerte, así como las tareas realizadas (estudios y descripciones, mediante dibujos, de las características de los órganos). En el texto no está mencionado da Vinci, por lo que el alumno tendrá que inferir que es uno de los pintores a los que se alude. El estudiante podría preguntarse ¿Qué motivaría a un pintor de la época a realizar estudios anatómicos? Muchas preguntas quedan sin respuesta.

En la pág. 35 del capítulo se encuentra un recuadro, en la parte inferior derecha de la carilla que se titula “Un debate acerca de la digestión” (ver Anexo, fig.103). Allí se plantea el debate entablado en el siglo XVIII acerca de la naturaleza química o física del proceso digestivo. Se enmarca esta discusión en otra mayor que es la que sostenían los “vitalistas”. Nos preguntamos si los estudiantes pueden comprender el carácter de este debate sin que se les presenten las características, ideas y situación de la época. Parecería muy obvia la posición de los vitalistas sosteniendo que los procesos biológicos ocurren solo dentro de los organismos.

Sin embargo, no deberíamos eludir su aparición como una reacción contra el mecanicismo materialista que propugnaba la reducción de lo vivo a los procesos fisicoquímicos de la materia inerte. En estas pocas líneas creemos que el alumno no podría captar el verdadero espíritu del debate en la ciencia y el valor de defender una postura contraria a la que se sostenía hasta el momento.

La experiencia realizada por Spallanzani, citada como respaldo a una de las posturas del debate, no queda del todo clara dada la brevedad de su relato. Se muestra una imagen de dimensiones muy reducidas, poco atractiva que intenta mostrar las condiciones de trabajo experimental de este científico que, de acuerdo a lo que se dice en el pie de la imagen, fueron similares a las realizadas por René Antoine Reaumur (1683-1757). Este físico francés ha sido mencionado aquí por primera y única vez, sin relación con el contenido del texto.

En la pág. 45, ubicado en la parte inferior derecha, se encuentra un recuadro titulado “Ciencia, tecnología y sociedad”, cuyo subtítulo es “Aliento vital” (ver Anexo, fig.104). En él se hace referencia a los antiguos griegos y el concepto de pneuma. Si bien lo presenta como fuente de vida junto con la sangre, a nuestro criterio no queda del todo claro para el estudiante el significado de dicho concepto. La Real Academia Española lo define como “Aliento racional que, en la filosofía estoica, informa y ordena el universo”. El alumno podría inferir que es un sinónimo de respiración, incurriendo en un reduccionismo que conduce a confusión, al no presentar el concepto con claridad y dentro del contexto de la época en la que se utilizó.

A continuación, la sección hace mención a investigaciones realizadas en los siglos XVII y XVIII. Enumera algunos investigadores y menciona los temas de las investigaciones tales como el ingreso del aire a la sangre, la composición del aire, la combustión y el metabolismo de plantas y animales, culminando con el papel de la respiración en el aprovechamiento de la energía de los alimentos. Creemos que este compilado de temas puede ser confuso y difícil de entender y relacionar por parte de los estudiantes. No obstante, podría dar cierta idea de la continuidad y del trabajo colaborativo que se va construyendo a lo largo de los años en la ciencia, aun cuando es poco clara la relación entre los distintos temas mencionados y está ausente la mirada del contexto de la época en que se desarrollaron las investigaciones. En esta sección no se presentan imágenes alusivas.

En la pág. 50, en el apartado titulado “Propuesta de actividades”, localizamos una carilla denominada “Análisis de un experimento histórico sobre digestión” (ver Anexo, fig.105). En una breve introducción deja abierta la siguiente pregunta: ¿Cuál era la postura de Spallanzani respecto de la naturaleza de los procesos digestivos? Creemos que el alumno puede buscar una breve respuesta en la pág. 35 ya analizada, aunque el texto no sugiere ninguna indicación al

respecto. A continuación, señala un propósito de la actividad: “Reconocer algunas de las características del trabajo científico y su relación con las ideas imperantes en cada momento de la historia” Consideramos que el propósito no se cumple ya que no da ningún contexto histórico; tampoco menciona las condiciones del trabajo experimental de esa época. Únicamente describe el experimento llevado a cabo por Spallanzani y su breve conclusión. ¿Los estudiantes podrán imaginarse el motivo del procedimiento tan precario por el que los tubos se colocan debajo de las axilas? ¿Cómo se representarían el ámbito de trabajo de Spallanzani?

Al final de la página se encuentran cuatro preguntas para el análisis de la experiencia. Precisamente lo que persiguen, al menos dos de las preguntas, es que los alumnos provean información sobre sus resultados. Las otras dos se refieren a las condiciones en qué se llevó a cabo el procedimiento e invita a relacionar y justificar la conclusión de Spallanzani en el contexto de los conocimientos actuales. No se sugiere bibliografía para ampliar la información con la finalidad de que los alumnos puedan llegar a respuestas que estén suficientemente fundamentadas.

Se encuentran esquematizados los tubos de ensayo con sus contenidos, tanto en los procedimientos realizados como en los resultados obtenidos, con la descripción correspondiente. La imagen no refleja el contexto del siglo XVIII. Muestra elementos de un laboratorio actual, alejando a los alumnos de la posibilidad de centrarse en las condiciones de trabajo de la época.

Capítulo 3: La nutrición en el organismo humano. Circulación y excreción (Pág.52 a 73)

El capítulo desarrolla los siguientes temas principales: La circulación. El sistema linfático. La excreción. Las tres últimas páginas corresponden al apartado “Propuesta de actividades”. Una de ellas será objeto de nuestro análisis dado que presenta dos experiencias históricas.

En la parte media y derecha de la pág. 54 se encuentra un recuadro destacado, titulado “William Harvey y la circulación” en el que se localiza la copia textual de lo dicho por este científico (ver Anexo, fig.106). Si bien destacamos la importancia que tiene para los estudiantes el hecho de leer textos originales para acercarse, a través del lenguaje y el formato, al entorno cultural en el que fueron redactados, en este caso, al ser un extracto muy reducido, pueden realizarse pocas apreciaciones del contexto. Por ejemplo, al mencionar que la sangre se introduce en “las porosidades de la carne”, observamos un vocabulario muy distinto al utilizado actualmente en las descripciones científicas. Insistimos, sin embargo, en que el extracto resulta

muy breve como para profundizar su análisis y no se da la referencia del texto original del que fueron extraídos estos dichos de Harvey.

Al mencionar antecedentes de estudios acerca del sistema circulatorio en los años 1240 y 1560, podríamos inferir que el libro contribuye a que los alumnos adviertan la continuidad y el trabajo colaborativo de la ciencia. Sin embargo, se alude al trabajo de Harvey como el más concluyente generando finalmente la idea de un trabajo individual y superador de los anteriores, una suerte de contraposición entre los que se equivocaron y los que descubrieron la verdad.

Si el relato expuesto es mirado con los ojos del presente, este pierde mucho de su grandeza y creatividad. Si los estudiantes se situaran en las condiciones del siglo XVII, verían otra imagen de la construcción de esos conceptos. Consideramos que en el texto no se dan las condiciones adecuadas para que puedan lograr este objetivo.

En la pág. 72, en la sección denominada “Propuesta de actividades” se propone el análisis de dos experiencias históricas, realizadas por Otto Loewi (1873-1961) en 1921, que contribuyeron a comprender el funcionamiento del corazón (ver Anexo, fig.107). Luego de relatar los procedimientos realizados con corazones de rana sumergiéndolos en determinadas soluciones y estimulando la parte nerviosa, realiza 5 preguntas y un breve cuadro sintetizador a fin de que los estudiantes puedan analizar los resultados. Nos preguntamos si los alumnos comprenderán cuáles eran los conocimientos que se tenían hasta el momento acerca del funcionamiento cardíaco, qué errores se habían cometido y cómo se construyó la información a partir de los mismos, qué condiciones de trabajo experimental eran las que se tenían a principios del siglo XX y cuál fue la importancia de dichas experiencias teniendo en cuenta que pueden haber sido la base de otras que condujeron a la construcción de los actuales conocimientos, siempre provisionales, por cierto. Consideramos que no se crea el contexto adecuado para que los estudiantes generen la idea de un trabajo colaborativo, por el contrario se presenta como la obra de una persona (Otto Loewi) que en forma individual y supuestamente sin apoyarse en ningún antecedente logró experimentar y sacar conclusiones dando la idea de que surgieron aisladas del resto de los conocimientos. No se sugiere bibliografía alguna para ampliar la información presentada, a fin de lograr una profundización del contenido propuesto.

Se muestran tres imágenes que pretenden exponer los pasos de la experiencia, relatados en el pie de imagen. Si bien son coloridas y atractivas, no muestran ningún contexto del trabajo experimental, sólo el corazón sumergido en la solución correspondiente y la mano del científico

realizando la estimulación nerviosa.

Valoración general

La escasa mención de los contenidos que analizamos, encontrados en el 14% de las páginas de los capítulos seleccionados, así como su disposición en compartimentos separados del desarrollo general de las temáticas, nos permite afirmar que en este libro de texto se restringe la visión histórica de las ciencias, es decir se escatima información acerca del contexto histórico, social y cultural.

El tipo de perspectiva historiográfica empleada se alinea con las características whig y externalista. La construcción del conocimiento científico se presenta por momentos como un trabajo colaborativo y en otros, individualista, del mismo modo que fluctúa entre la provisionalidad y las verdades definitivas.

Se hace referencia únicamente a dos experiencias históricas. Las imágenes presentadas son pertinentes y poseen su correspondiente etiqueta verbal. No se encuentran actividades de aprendizaje relacionadas con la historia de la ciencia a lo largo de los capítulos analizados. Sin embargo, en las actividades de integración final de los capítulos, dos consignas (de un total de 16) se refieren a este tipo de contenidos. No hay sugerencias de ampliación de información ni bibliografía propuesta al respecto.

Los contenidos propuestos en el diseño curricular vigente indican la incorporación de las diferentes representaciones del cuerpo humano a lo largo de la historia. Al respecto, el breve relato que se realiza en la pág. 32 no logra ese objetivo. Consideramos que no se llegan a vislumbrar esos cambios en las representaciones y mucho menos a comprender el surgimiento de la anatomía y medicina modernas.

Entendemos que no se cumple la propuesta del diseño de plantear debates y conflictos; tampoco se acata la sugerencia de trabajar acerca de Servet y Descartes. Únicamente se menciona a da Vinci y a Harvey sin llegar al objetivo de acercar a los estudiantes desde las ideas del pasado al conocimiento actual del propio cuerpo como lo propone el diseño curricular.

Entendemos que no se muestran los debates y polémicas, dejando la idea de la ciencia como una producción de expertos que no tuvieron que lidiar con altercados y objeciones procedentes de distintos ámbitos. Se presenta con cierto dogmatismo y de este modo desvanece la posibilidad de los estudiantes de comprender la metodología y las problemáticas de la

actividad científica.

3) Balbiano, A., Barderi, M., Iudica, C., Molinari, N. y Otero, P. (2013). *Biología. Intercambio de materia y energía en el ser humano, en las células y en los ecosistemas.* Buenos Aires: Serie Conocer +. Santillana. (L7)

Presentación general

En este libro se encuentran muy pocos contenidos referidos a la historia de la ciencia. Los dos capítulos analizados, entre sus últimas páginas presentan una sección destacada y separada del resto que consta de una única carilla, denominada “Ciencia sin fin”. En ella se exponen contenidos relacionados con la historia de la ciencia. Además, en el cap. 2, se hace una referencia muy breve en un pequeño recuadro que ocupa la parte superior derecha de la página, denominado “Conocé +”.

No se hace referencia alguna a la historia de la ciencia en ninguna de las siguientes secciones de los capítulos analizados. En el inicio (“Punto de partida”); en el desarrollo del capítulo; en el sector denominado “Recordá”; en el apartado “Documentos”; en la sección “Puntos de vista” que abarca dos páginas, así como en la última página de cada capítulo que propone “Actividades finales”.

En cuanto al análisis cuantitativo podemos determinar que en el capítulo 2 (pág. 35 a 54) se localizan contenidos de historia de la ciencia en el 10% de sus páginas y en el capítulo 3 (pág.55 a 70) aproximadamente en el 6%. Estos contenidos se encuentran totalmente separados del desarrollo del capítulo, presentados como compartimentos estancos.

Descripción y análisis de los capítulos seleccionados

Capítulo 2: Digestión y respiración en el ser humano. (pág.35 a 54)

El capítulo se inicia con una carilla que constituye una portada. La misma presenta en su mitad superior tres imágenes que son fotografías coloridas de un niño jugando a hacer burbujas, una serie de alimentos sobre una mesa y un grupo de basquetbolistas jugando con una pelota. En la mitad inferior, por debajo del título del capítulo, se encuentra la sección “Punto

de partida”- En ella se relata una situación de la vida cotidiana, en este caso sobre dos deportistas, y se proponen cuatro consignas a fin de detectar las ideas previas.

Los temas principales que se desarrollan en el capítulo son: Los sistemas de nutrición. Sistema digestivo. Ingestión y digestión. Absorción y egestión. El hígado y el páncreas. Respiración y Sistema respiratorio. Regulación del equilibrio interno. A lo largo de estas páginas se encuentran tres pequeños recuadros que corresponden a las secciones “Conocé +” en las que se proporciona información accesoria, una sección “Pensar en ciencia” que se refiere al vocabulario científico, una sección “Documentos” que abarca el cuarto inferior de una carilla y presenta un artículo periodístico con cuatro consignas a resolver y seis secciones, al final de distintas carillas que proponen dieciocho consignas generales para resolver, recordar, relacionar e investigar. El apartado “Ciencia sin fin” ocupa una página completa a la que nos referiremos más adelante. La sección “Puntos de vista” abarca una doble carilla. La sección “Actividades finales” ocupa la última página del capítulo y propone doce consignas que complementan a las dieciocho ya mencionadas, ubicadas a lo largo del desarrollo del capítulo.

En la pág. 43, en el apartado denominado “Ciencia sin fin” se encuentra un texto titulado “Una maravillosa máquina” que comienza hablando del pintor Leonardo da Vinci. Lo sitúa en el siglo XVI, mencionando la inquietud por la maravilla del cuerpo humano de ese momento (ver Anexo, fig.109). Nos preguntamos si los estudiantes comprenderán las causas de esta inquietud, ¿por qué razones surgen estas ganas de indagar en la anatomía del ser humano? Difícil responder esa pregunta sin tener datos del contexto de la época. Al mencionar que Leonardo era considerado un genio y un símbolo universal, el alumno podría apropiarse la idea de la construcción del conocimiento científico como la obra de grandes genios, distorsionando de ese modo la imagen de científico que queremos transmitir. Este párrafo nos muestra la relación de la ciencia con otras áreas del conocimiento en las que también había incursionado Leonardo, como la arquitectura, la filosofía, la ingeniería y el arte, situación que puede dejar una idea de historia externalista, influenciada por los distintos ámbitos culturales.

Más adelante el texto menciona una acusación sobre prácticas sacrílegas que recae sobre Leonardo. Se infiere que dicha imputación está basada en el trabajo que realiza con el médico Marcantonio della Torre (1481-1511), al realizar disecciones autorizadas en los hospitales y dibujos anatómicos. ¿Cuál es el contexto de la época que permite tildar su trabajo de sacrílego? Un interrogante que queda sin respuesta para los estudiantes.

René Descartes es el siguiente científico mencionado, presentado como un filósofo, matemático y físico que promovió un proyecto sobre el cuerpo humano y realizó sugerencias sobre la presencia del alma. Nos preguntamos cómo es posible que los adolescentes lectores de

este texto puedan comprender las razones por las que una persona que no pertenece al ámbito de la medicina, se interesara por el estudio del cuerpo humano. También podrían cuestionarse si al considerar el alma y buscar su ubicación estaría cumpliendo con la tradición cristiana. Más adelante se hace referencia a su visión del cuerpo como máquina y a que sus ideas no fueron bien vistas dado “el pensamiento que imperaba en la época”. Consideramos que estos conceptos no podrían ser asimilados por los estudiantes si no se detalla el contexto de dichas acciones.

Para finalizar, el texto menciona una serie de avances tecnológicos importantes que se desarrollaron desde Leonardo y Descartes hasta la actualidad. Esto nos lleva a preguntarnos si por arte de magia o simplemente por el paso del tiempo se fueron acumulado técnicas y aparatos para por fin conocer el cuerpo humano. Dichos relatos instalan la idea de una acumulación de conocimientos a lo largo de los años que lleva finalmente a “descubrir la verdad”.

Destacamos las preguntas que se intercalan con el relato mencionado, como un importante recurso para ponerse en contexto y reflexionar acerca de la importancia de los avances científicos y los cambios que se producen como consecuencia, a lo largo de la historia.

En la pág. 47, en la parte derecha superior, se encuentra un pequeño recuadro de la sección llamada “Conocé +” cuyo título es “Se viene la plaga” (ver Anexo, fig.110). En él se hace referencia a la epidemia de catarro ocurrida en Francia en el siglo XVIII y al significado del término *grippe*. Consideramos que es simplemente un dato anecdótico, difícil de entender por no presentar el contexto de la época.

Capítulo 3: Circulación y excreción en el ser humano. (pág. 55 a 70)

El capítulo se inicia con una carilla en la que se observan tres imágenes en su mitad superior. Las mismas son fotografías de ciclistas, una médica revisando a una niña y una joven tomando agua del pico de una botella. En la parte media de la página se encuentra el título del capítulo. Por debajo se encuentra la sección “Punto de partida” en la que se presenta una situación de la vida cotidiana acerca de los chicos en la clase de Educación física y se proponen cinco consignas a fin de indagar los conocimientos previos.

Los principales temas que se incluyen en el desarrollo del capítulo son: El sistema circulatorio o cardiovascular. La sangre. La circulación sanguínea. Alteraciones del sistema circulatorio. El sistema linfático. La excreción en el ser humano. A lo largo de las páginas se encuentra una pequeña sección “Conocé +” y cuatro recuadros, ubicados en la parte inferior de las carillas, que proponen doce consignas generales para recordar, relacionar, resolver e investigar. Un recuadro denominado “Documentos”, que ocupa aproximadamente un cuarto de

página, presenta un artículo periodístico con tres consignas para responder.

La sección “Ciencia sin fin” ocupa una página completa y será objeto de nuestro análisis más adelante. “Puntos de vista” ocupa dos páginas. La última carilla del capítulo presenta nueve “Actividades finales” que complementan las presentadas a lo largo del capítulo.

En el apartado “Ciencia sin fin”, la pág. 61 se titula “Los caminos de la sangre” (ver Anexo, fig.111). Comienza relatando los nulos conocimientos acerca de la circulación de la sangre que tenían en la antigüedad hasta que, por fin en el siglo II, aparece Galeno, médico y filósofo griego que pudo reconocer la función del corazón y su conexión con los pulmones, las arterias y venas pulmonares. Expresado de este modo da la idea de que el surgimiento de un gran genio hace la luz sobre el conocimiento de la circulación. No se menciona ningún trabajo colaborativo, tampoco un cambio de contexto que permita arribar a tales conclusiones. Sólo la presencia de aquel iluminado que llega para comunicar lo que “descubre”. A continuación, menciona que los descubrimientos de Galeno permanecieron ocultos hasta el año 1546. El alumno se quedará con el interrogante de la causa de este ocultamiento. Nuevamente hace falta contextualizar para poder comprender y relacionar.

Aparece en escena Servet con el hallazgo de la circulación menor o pulmonar. Otra vez un gran genio, con un trabajo individual. Se menciona que se publicó dentro de un texto teológico, el cual fue considerado como herejía. Esto le valió a Servet la muerte en la hoguera, condenado por la inquisición. Los estudiantes se podrían preguntar por qué escribir un texto sobre anatomía puede valer una condena a muerte. Todo queda sin respuesta.

En el final del relato correspondiente a Servet, se evidencia cierto trabajo colaborativo- al menos no tan individualista- al mencionar que antes de su muerte se contactó con colegas para informarles sus descubrimientos. Se muestra la continuidad de su trabajo por Colombo que comprueba y perfecciona lo investigado por Servet.

Aparece en escena Harvey, quien se presenta con un trabajo también individualista, con la única salvedad de mencionar la influencia de Descartes en su investigación sobre el movimiento del corazón y la sangre que concluyó en la publicación de un tratado, en 1628, que dio lugar al nacimiento de la fisiología. El alumno podría cuestionarse por qué esta vez la publicación de las investigaciones no merecen pena de muerte. Todo queda muy confuso ante la ausencia de contexto.

Destacamos las preguntas intercaladas con el relato mencionado, las que invitan a buscar las razones acerca de las suposiciones, demostraciones y publicaciones realizadas por los científicos de la época mencionada. Si bien las respuestas se encuentran en el mismo relato, los

interrogantes constituyen una forma de reafirmar y autoevaluar la lectura del mismo.

Valoración general

Podemos destacar la escasez de conocimientos referidos a la historia de la ciencia, ubicados en apartados totalmente separados del desarrollo central de los contenidos. Estos se localizan en aproximadamente el 8% de las páginas analizadas. Asimismo, encontramos un despojo total del contexto, situación que complicaría la comprensión de los datos aislados presentados acerca de los científicos mencionados. Si bien se insinúa la influencia de algunos factores externos sobre los descubrimientos científicos, por ej. la religión, sin embargo, no se profundiza lo suficiente como para llegar a entender dicho efecto.

En estas breves incursiones se mencionan todos los científicos propuestos en el Diseño Curricular correspondiente, sin embargo, estos se muestran como grandes genios que descubrieron “verdades” y muy raramente se menciona la colaboración o influencia de algún otro científico de la época.

No evidenciamos ningún tipo de imágenes en los contenidos analizados ni sugerencias de ampliación o bibliografía propuesta.

En cuanto a las actividades de aprendizaje sólo se intercalan algunas preguntas descriptivas que se podrían responder utilizando las mismas palabras del texto (cuatro en la pág. 43 y tres en la pág.61) y dos de ellas (una en la pág.43 y una en la pág.61) en las que se propone investigar-las ventajas del avance tecnológico en el conocimiento del cuerpo humano y las pruebas que aportó Malpighi a la teoría de Harvey-sin otorgar ninguna sugerencia de bibliografía o sitio web de consulta.

Podemos concluir que la escasez de contenido y de contexto presente en los capítulos analizados hace que no se transmita con claridad la imagen de ciencia que propone difundir el currículo vigente.

4) de Dios, C.; Liberman, D. y Mosca, J. (2016). *Biología. Intercambio de materia y energía en los organismos pluricelulares, las células y los ecosistemas*. Buenos Aires. Serie conectar 2.0. SM. (L8)

Presentación general

En este libro se localizan escasos contenidos de historia de la ciencia, sin un orden

aparente. En el primero de los capítulos analizados (capítulo 2: pág.46 a 67) se hace referencia a la historia en una página completa (pág. 49) y en un apartado, llamado “ciencia en contexto” que abarca las pág.62 y 63, sobre el final del capítulo correspondiente.

En el segundo de los capítulos analizados (capítulo 3: pág. 69 a 87) apenas hace referencia a la historia de la ciencia mediante una frase mencionada en la primera página de dicho capítulo, que fue citada durante los primeros Juegos Olímpicos modernos celebrados en Atenas en 1896 y a través de la mención de una científica contemporánea en la sección “Ciencia en contexto”.

Haciendo un análisis cuantitativo podemos determinar que los capítulos dos y tres abarcan veintidós páginas cada uno. El primero hace referencia a la historia de la ciencia en tres de esas páginas, esto constituye aproximadamente un 14% del total. En cambio, el capítulo tres sólo hace breves menciones en este aspecto en dos de sus páginas, es decir aproximadamente en el 9% de sus páginas. Consideramos muy escaso el espacio que se le otorga a este aspecto, con una presentación aislada del desarrollo de los temas “importantes” de los capítulos de este libro.

Descripción y análisis de los capítulos seleccionados

Capítulo 2: Nutrición humana: digestión y circulación (pág. 46 a 67)

El capítulo se inicia con una vistosa apertura que abarca las dos primeras páginas. En ella observamos una imagen de un estadio de fútbol con los jugadores compitiendo y las tribunas colmadas de personas. La misma ocupa aproximadamente tres cuartas partes de la primera carilla y un cuarto de la segunda carilla. En la parte inferior de la misma se presenta un “Organizador previo” en el que se muestra un esquema sintetizador de los contenidos a tratar en el capítulo. En la parte derecha de la segunda página, por debajo del título del capítulo, se encuentra una breve introducción acerca de las funciones de nutrición y un recuadro destacado en color, titulado “Para conversar antes de empezar”, en el que se ofrecen cuatro consignas a fin de detectar las ideas previas de los estudiantes.

Los principales temas que se presentan en el desarrollo del capítulo son: Las funciones vitales. El sistema digestivo y sus funciones. El proceso de la digestión. La salud del sistema digestivo. El sistema circulatorio y sus funciones. La salud del sistema circulatorio. A lo largo de estas páginas se encuentran cinco pequeñas secciones denominadas “Conecta 2.0” que

presentan un enlace para visitar un sitio web en el que se encontrará información accesoria. También se destacan cinco pequeñas secciones “Conecta más” que profundizan, en forma breve, algunos de los conceptos. Seis secciones de “Actividades” proponen dieciséis consignas en total relacionadas con los temas desarrollados.

Las últimas seis páginas del capítulo consisten en secciones especiales: “Ciencia en contexto” abarca dos páginas que analizaremos más adelante y presenta textos motivadores para debatir y reflexionar en grupo. “Herramientas de la ciencia” abarca una página y trata acerca de la realización y análisis de gráficos. “Trabajo práctico” abarca una carilla y propone relacionar la frecuencia cardíaca con la actividad física. Por último las “Actividades de integración y repaso” que proponen trece consignas y una sección “Conecta 2.0” que trata de las animaciones e infografías. Ninguna de las propuestas presentadas en esta sección se relaciona con la historia de la ciencia.

En la pág. 49, bajo el título “El cuerpo como una máquina” se presenta a Andrés Vesalio como autor del libro *De Humani Corporis Fabrica*, en el que vuelca la recopilación de las observaciones del cuerpo que había realizado en sus clases de disección de cadáveres en la Facultad de Medicina (ver Anexo, fig.113). Esta presentación da la idea de un trabajo solitario e individualista. Al indicar que hasta el momento no se contaba con una descripción tan detallada y precisa, parece sugerir la idea de continuidad en la que Vesalio completa la obra de investigadores anteriores. Respalda esta impresión el hecho de mencionar que “contribuyó” a instalar la concepción del cuerpo humano como una máquina, lo que permitió construir modelos sobre el movimiento de los miembros y la circulación sanguínea. Si bien no menciona a los científicos que siguieron su trabajo, la idea de continuidad y de conocimientos provisorios queda sugerida en estos párrafos. En cuanto al contexto, muy acotado por cierto, solamente podemos inferir que existía una Facultad de Medicina en la que se diseccionaba y se observaban cadáveres. Se presenta una historia internalista, basada en las observaciones y registros detallados del interior de los cuerpos.

Bajo el título “El cuerpo humano como un sistema” se indica que al producirse un avance de la medicina, algunos médicos sostuvieron que el funcionamiento del cuerpo no se podía explicar en términos de máquina. Nos preguntamos a qué avances se refiere, ¿Cuál era el contexto que los permitió? ¿Cuáles son esos médicos que rompieron con la idea del cuerpo como una máquina? ¿Cómo se evolucionó hacia la idea del cuerpo humano como un sistema? Hacia el final de la página la frase “El cuerpo humano es un sistema abierto pues intercambia materia, energía e información con el entorno” parece indicar una verdad absoluta que lejos está de mostrar la provisionalidad del conocimiento científico. La figura de un cuerpo humano

con flechas que indican intercambios de materia, energía e información, respalda el concepto mencionado. Esta ilustración ocupa un cuarto de página, es atractiva visualmente, no presenta etiqueta verbal aunque guarda relación con el último párrafo expresado en el texto. La actividad N° 3 que se encuentra en la parte derecha e inferior de la página propone el análisis de dicha imagen.

En la parte derecha superior se encuentra una ilustración del cerebro, con características antiguas y un pie de imagen que indica que es una ilustración del libro de Vesalio. La misma resulta poco atractiva, es de tamaño pequeño y se relaciona con lo explicado en el texto ya que en este se mencionan los detallados dibujos de las observaciones que realizaba Vesalio en sus clases de disección.

Debajo de la ilustración, en un pequeño recuadro de una sección denominada conecta 2.0, se propone ingresar a un sitio web con el fin de conocer y comprender otros aportes importantes que realizó Vesalio a la medicina. Al ingresar al mismo verificamos que conduce a la visualización de un modelo del aparato digestivo, ofrecido para la venta, que nada aporta a la historia ni hace referencia a las contribuciones de Vesalio. Con respecto a las tres actividades propuestas en la parte inferior derecha de la página, ninguna de ellas hace referencia a la historia de la ciencia.

En la pág. 62, en el apartado “Ciencia en contexto”, bajo el título “Circulación” se encuentra una imagen de un retrato poco atractivo, sin color, de tamaño pequeño y sin etiqueta verbal, que posee un texto en su parte lateral en letra cursiva en el que se lee: “En dos ocasiones fue condenado y, en ambas quemado. La primera por la potestad de la Inquisición y la siguiente por el poder protestante de la ciudad de Ginebra” (ver Anexo, fig.114). Hasta el momento no menciona de quién está hablando, tampoco otorga ninguna explicación acerca de los significados de la “Inquisición” ni del “Poder protestante de la ciudad de Ginebra”. Continúa diciendo “En su último libro, publicado el mismo año de su muerte, describió la circulación pulmonar, definiendo así la imagen moderna del movimiento sanguíneo” Continuamos sin saber a qué científico está haciendo referencia. “Pero el reconocimiento de tal logro recaería sobre William Harvey (imagen), quien lo detalló tiempo más tarde, en 1628, en su obra *De motu cordis*”. Por fin sabemos ahora de quién es la imagen; sin embargo, no tenemos en claro de quién hablaba antes. Quedan abiertos los interrogantes ¿Por qué el reconocimiento de ese logro recaería sobre Harvey y no sobre el otro científico que no se nombra en este párrafo? ¿Cuánto tiempo es “más tarde”? dado que menciona la publicación de *De motu cordis* en 1628 pero no menciona el tiempo transcurrido desde la descripción anterior de la circulación pulmonar.

En la misma pág. 62 bajo el título “Claudio Galeno” hace una descripción de los logros

de este científico. Al destacar que sus explicaciones fueron el punto de partida desde donde se comenzó a construir la lógica actual del estudio del cuerpo humano, nos da la idea de Continuidad que sugiere un trabajo colaborativo, y de una construcción provisional del conocimiento científico. Refuerza este concepto al mencionar que fundió sus observaciones con los conceptos heredados de pensadores como Hipócrates o Aristóteles y al aclarar que la lógica de las explicaciones de Galeno en el siglo II dominaron el pensamiento médico-racional por casi mil quinientos años. De esta manera, sin presentar el contexto, da la idea de una historia internalista basada en las teorías. El concepto de tres espíritus o pneumas mencionado difícilmente pueda ser comprendido por los alumnos debido a la falta de contexto que le otorgue el marco adecuado para internalizarlo.

Puede observarse la imagen de una supuesta pintura en la que se representa a una persona herida recostada y otros que lo transportan y atienden en las condiciones precarias correspondientes a la época en que se sitúa. Debajo de la misma se encuentra la siguiente frase “Galeno, entre otras actividades médicas, atendía a gladiadores heridos”. No se menciona el autor de dicha obra.

Bajo el título “William Harvey” describe algunos datos obtenidos por este científico, producto de sus experimentos, que contradicen el modelo de Galeno; de este modo podemos observar la provisionalidad de los conocimientos científicos. Reafirma esta mirada la mención de que un escrito citado en su libro *De motu cordis* contradice las concepciones fisiológicas heredadas de la antigüedad clásica. Asimismo, podemos inferir una noción de continuidad al leer que lo mencionado en su libro se constituyó en una afirmación temprana sobre el aspecto que en la actualidad le otorgamos a la circulación sanguínea. En un intento por presentar el contexto, indica que fue médico de Carlos I, decapitado en una revuelta; también menciona que vivió en la época de Galileo Galilei y, valoró del mismo modo el trabajo experimental y las mediciones. Consideramos que son muy escasos los detalles mencionados para lograr posicionar a los estudiantes en las condiciones de trabajo científico de la época. La construcción de conocimientos se muestra basándose en las observaciones, independientemente del tiempo y lugar, marcando una posición internalista. Se presenta trabajando en forma individual y solitaria.

En la parte inferior del texto se encuentra una imagen que representa un posible dibujo acerca de las experiencias de Harvey; sin embargo, no posee ninguna referencia o etiqueta verbal que oriente su lectura (ver Anexo, fig.115).

Para finalizar el sector “Ciencia en contexto” se encuentra el subtítulo “Servet”. Comienza citando su principal obra, *Christianismi restitutio*, mencionando que por ella la

inquisición lo condenó a muerte y quemó una representación de su persona. Consideramos que pueden surgir muchos interrogantes en los alumnos que quedarían sin respuesta. ¿Por qué lo condenaron a muerte? ¿Qué es lo que decía en este libro para merecer esa condena? Muy difícil de entender sobre todo si no se presentan más datos del contexto de la época en que se publicó.

Luego afirma que en muchos escritos cuestionó la creencia cristiana de la trinidad y por esa razón postuló un sistema circulatorio cerrado basándose en razones religiosas. Como prueba de esto cita algunos párrafos de un texto original de Servet que resulta, por cierto, muy poco entendible para los estudiantes de este nivel.

Para terminar el texto menciona que Servet fue considerado hereje y quemado en la hoguera y que su nombre es un símbolo del libre pensamiento. Creemos que los alumnos seguirían sin encontrar el porqué de tales acontecimientos.

Notamos en estos párrafos un intento de presentar un contexto social de violencia que no termina de detallar las razones de dicha agresión contra un científico; se muestra una historia externalista en la que la ciencia está influenciada por las creencias; un trabajo solitario que ni siquiera menciona antecedentes en los que se haya basado. No presenta ningún tipo de imagen asociada al texto.

Por último, se proponen dos actividades para charlar y pensar. En la primera se invita a los estudiantes a escribir las ideas de Galeno, Harvey y Servet acerca de la circulación buscando las razones que tuvieron para sostenerlas. En la segunda se pregunta acerca del aporte que cada uno de estos médicos realizó al modelo actual de la circulación sanguínea. Destacamos la importancia de este segundo punto para dar idea de continuidad en la construcción y provisionalidad del conocimiento científico.

Capítulo 3: Nutrición humana: respiración y excreción (pág. 68 a 87)

Las dos primeras páginas de este capítulo ofrecen una vistosa apertura en la que se destaca la imagen, que ocupa gran parte de ambas carillas, de un nadador en las aguas azules de una pileta. Por debajo el “Organizador previo” presenta un esquema sintetizador de los temas a tratar. En la parte derecha de la segunda página, debajo del título del capítulo, puede leerse una frase “*Citius, altius, fortius*: más rápido, más alto, más fuerte” haciendo referencia a quien la pronunció, el barón Pierre de Coubertin (1863-1937), en el marco de los primeros Juegos Olímpicos modernos, celebrados en Atenas en 1896 (ver Anexo, fig.116). Podríamos imaginar que a dicho comienzo sucedería una serie de menciones a hechos históricos de indiscutida relevancia en la construcción de los conocimientos que se poseen acerca de la nutrición; sin

embargo, en el resto del capítulo no se encuentra casi ninguna referencia a contenidos de la historia de la ciencia. En la parte inferior derecha de la segunda carilla, bajo el título “Para conversar antes de empezar”, se proponen seis consignas a fin de indagar sobre las ideas previas de los estudiantes.

Los temas principales que se desarrollan a lo largo del capítulo son: La relación del sistema respiratorio y el sistema excretor con la nutrición. El sistema respiratorio y sus funciones. La salud del sistema respiratorio. El sistema excretor y sus funciones. La salud del sistema excretor. A lo largo de estas páginas se encuentran seis secciones “Conecta más”, cuatro secciones “Conecta 2.0” y ocho apartados de “Actividades” que incluyen veinte consignas en total. No se evidencia ningún contenido relacionado con la historia de la ciencia en las partes mencionadas.

Las seis últimas páginas del capítulo corresponden a los apartados “Ciencia en contexto” que abarca dos páginas a las que nos referiremos luego. “Herramientas de la ciencia”, comprende una página dedicada a la identificación y control de variables. “Trabajo práctico”, una página en la que se propone experimentar acerca de la ventilación pulmonar y las “Actividades de integración y repaso” con siete consignas generales y una sección “Conecta 2.0” en la que se trata el tema de los videos y simulaciones digitales. Excepto en el primer apartado, no existen datos relacionados a la historia de la ciencia.

En las págs. 82 y 83 se encuentra el apartado “Ciencia en contexto” titulado “La vida con el aire”. Luego de hacer referencia al libro *Cosmos* escrito por Carl Sagan (1934-1996), se describe el proceso de evolución relacionado con la adaptación a la condición aeróbica. Finalmente se hace mención a la teoría endosimbiótica desarrollada por la bióloga Lynn Margulis (1938-2011) (ver Anexo, fig.117). Destacamos la mención de dos científicos contemporáneos, aunque se muestren trabajos individualistas y se omitan los antecedentes en los que se basaron al realizar sus aportes.

Valoración general

A lo largo de los capítulos analizados la inclusión de contenidos referidos a la historia de la ciencia se visualiza en el 11% de sus páginas aproximadamente. Esto resulta insuficiente para cumplimentar con las sugerencias del diseño curricular vigente. No se encuentran presentes textos y esquemas de pensadores como Descartes y Da Vinci y resulta muy escaso el contexto presentado a fin de poder lograr una visión de ciencia que no se rige por un método infalible ni se considera una producción completamente objetiva y aséptica.

En ocasiones se presenta se presenta la construcción del conocimiento científico como un trabajo colaborativo y en otras como una obra individualista. Del mismo modo coexiste la idea de provisionalidad con la de verdad absoluta en las producciones científicas. No se muestran los debates y polémicas.

Algunas de las ilustraciones presentadas son atractivas, se relacionan con el texto y poseen etiqueta verbal y mientras que otras carecen de ella y resultan poco llamativas. Las actividades de aprendizaje que hacen referencia a la historia de la ciencia son escasas y no existen consignas de este tipo en la integración y repaso que se presenta al final de cada capítulo. El relato de experiencias históricas se encuentra ausente. Por todo lo mencionado anteriormente podemos afirmar que los datos encontrados en este texto distan mucho de presentar a los alumnos la imagen de la ciencia como una producción social y cultural posible de ser ejercida en un momento y lugar determinados.

Capítulo 7

Resultados y conclusiones

Resultados

Luego del análisis que hemos realizado en este trabajo, expondremos los resultados que se desprenden del mismo. A fin de facilitar la lectura de los mismos reponemos la tabla 1 presentada en la sección “Materiales y métodos”.

Tabla 1

Libros de texto y páginas analizadas en la presente Tesis

Libro	Nombre	Autores	Editorial	Año de edición	Destino	Capítulos y páginas analizadas
L1	Biología. El intercambio de información en los sistemas biológicos: relación, integración y control.	Alvarez, S. Balbiano, A. Franco, R. Godoy, E. Iglesias, M. Rodriguez Vida, M.	Santillana. Serie Saberes clave.	2010	Educación secundaria. Tercer año	Cap.1: pp. 8-21. Cap.2: pp. 26-45. Cap.3: pp.46-69. Cap.7: pp. 130-151. Cap.8: pp. 152-169.
L 2	Biología. Flujo de información y funciones de relación, integración y control. ADN, genes y proteínas.	Liberman, D. Martínez Filomeno, M. Collado, C. Chirino, V. Irigoyen, P.	Ediciones Sm. Serie conecta 2.0	2011	Educación secundaria. Tercer año	Cap.1: pp. 6-21. Cap.2: pp. 23-39. Cap.3: pp. 40-63. Cap.6: pp. 100-119.
L 3	Biología 3. Intercambio de información en los sistemas biológicos: relación, integración y control.	Balbiano, A. Barderi, M. Iudica, C. Méndez, H. Molinari Leto, N. Suárez, H.	Santillana. Serie Conocer +	2012	Educación secundaria. Tercer año	Cap.1: pp. 17-30. Cap.2: pp. 31-46. Cap.3: pp. 47-62. Cap.7: pp. 113-130. Cap.8: pp. 131-144.

L 4	Biología. La comunicación y la información en los seres vivos.	Alzogaray, R. de Francesco, V. Gleiser, M. Martínez, S. Molinas, J. Gellon, G. Golombek, D.	Estrada. Serie huellas	2018	Educación secundaria. Tercer año	Cap.1: pp. 10-29. Cap.2: pp. 30-49. Cap.3: pp. 50-69. Cap.4: pp. 70-93. Cap.7: pp.137-159.
L 5	Biología. El intercambio de materia y energía en el ser humano, en las células y en los ecosistemas.	Balbiano, A. Franco, R. Godoy, E. Iglesias, M. Iudica, C. Otero, P. Suárez, H.	Santillana. Serie Saberes clave	2010	Educación secundaria. Cuarto año	Cap.2: pp. 36-55. Cap.3: pp. 56-73.
L 6	Biología. Intercambios de materia y energía, de la célula al ecosistema.	Fumagalli, L. (coord.)	Estrada. Serie Huellas.	2010	Educación secundaria. Cuarto año	Cap.2: pp. 30-51. Cap.3: pp. 52-73.
L 7	Biología. El intercambio de materia y energía en el ser humano, en las células y en los ecosistemas.	Balbiano, A. Barderi, M. Iudica, C. Molinari, N. Otero, P.	Santillana. Serie Conocer +.	2013	Educación secundaria. Cuarto año	Cap.2: pp. 35-54. Cap.3: pp. 55-70.
L 8	Biología. Intercambio de materia y energía en los organismos pluricelulares, las células y los ecosistemas.	de Dios, C. Liberman, D. Mosca, J.	Sm. Serie conectar 2.0	2016	Educación secundaria. Cuarto año	Cap.2: pp. 35-54. Cap.3: pp. 55-70.

Hemos registrado el número de páginas de los capítulos analizados que poseen al menos una referencia relativa a la historia de la ciencia y podemos afirmar que esta se incluye en mayor

o menor medida en todos los textos investigados, si bien la incorporación nunca supera el 25% de las páginas de los capítulos analizados (ver figura 1).

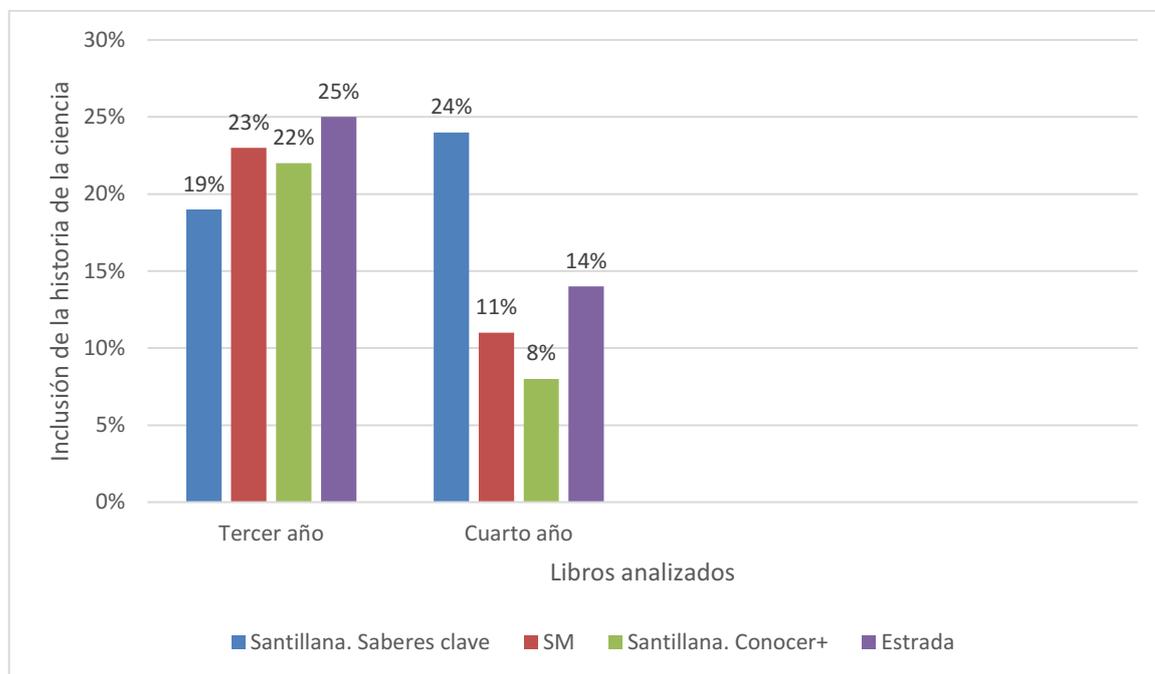
En forma general los textos de tercer año presentan mayor cantidad de contenidos referidos a la historia de la ciencia que los textos de cuarto año. Una excepción a esta regla se encuentra en la serie Saberes clave de la Editorial Santillana (edición 2010) que presenta una concentración de este tipo de contenidos más pareja en ambos años. En dicha serie los contenidos de historia de la ciencia se presentan en su mayoría en compartimentos estancos, sin integrarse al desarrollo de los contenidos generales. En cambio, en la serie Conocer + de la misma editorial, observamos una modificación en relación a la cantidad y forma de incorporación de la historia de la ciencia, dado que en el texto para tercer año (edición 2012) estos contenidos se incluyen, en su mayoría, dentro del desarrollo principal del texto. Nos llama la atención la disminución brusca de la cantidad de contenidos históricos en el libro de esta misma serie presentado para cuarto año (edición 2013) que se exponen únicamente en determinadas secciones destacadas, dado que la gestión editorial coincide en ambos textos, al igual que cuatro de sus autores.

Con respecto a la editorial SM debemos destacar la inclusión de la historia de la ciencia en el relato principal del desarrollo de los capítulos analizados, fundamentalmente en los referidos a tercer año. Sin embargo, resalta la disminución en la cantidad de contenidos presentados para cuarto año, siendo que la edición de este es más actual (2016) que la de tercer año (2011).

Por último, destacamos la evolución presentada por la editorial Estrada, serie Huellas, que en el libro para cuarto año, editado en 2010, presenta pocos contenidos históricos destacados en recuadros y secciones especiales. Sin embargo, en el texto para tercer año, editado en 2018, muchos de los relatos se encuentran integrados en el desarrollo de los temas y se incorporan interesantes secciones que incrementan la cantidad de estos contenidos al 25% de las páginas analizadas.

Figura 1.

Porcentaje de las páginas analizadas que presentan al menos algún contenido de historia de la ciencia.



En relación al tipo de historia presentada, debemos destacar que todos los textos otorgan en cierto aspecto una mirada externalista. Pero, aunque sea contrapuesta, en algunos de ellos esta mirada es compartida con una visión internalista. Asimismo, en todos los libros se refleja una historia whig que convive, en algunos, con la mirada contextualista (ver tabla 2) ³. La adopción en un mismo libro de enfoques historiográficos contrapuestos -sea con respecto a un mismo contenido o no- da como resultado una narrativa historiográfica fluctuante y no uniforme, incluso contradictoria, que redundando en una imagen de ciencia ambivalente. Esta falencia es un indicio de que probablemente no hubo una reflexión historiográfica crítica previa a la elaboración y presentación de los contenidos históricos incluidos en esos textos.

³ Con respecto al continuismo o rupturismo nos referiremos más adelante.

Tabla 2

Tipo de historia de la ciencia presentada en los libros analizados

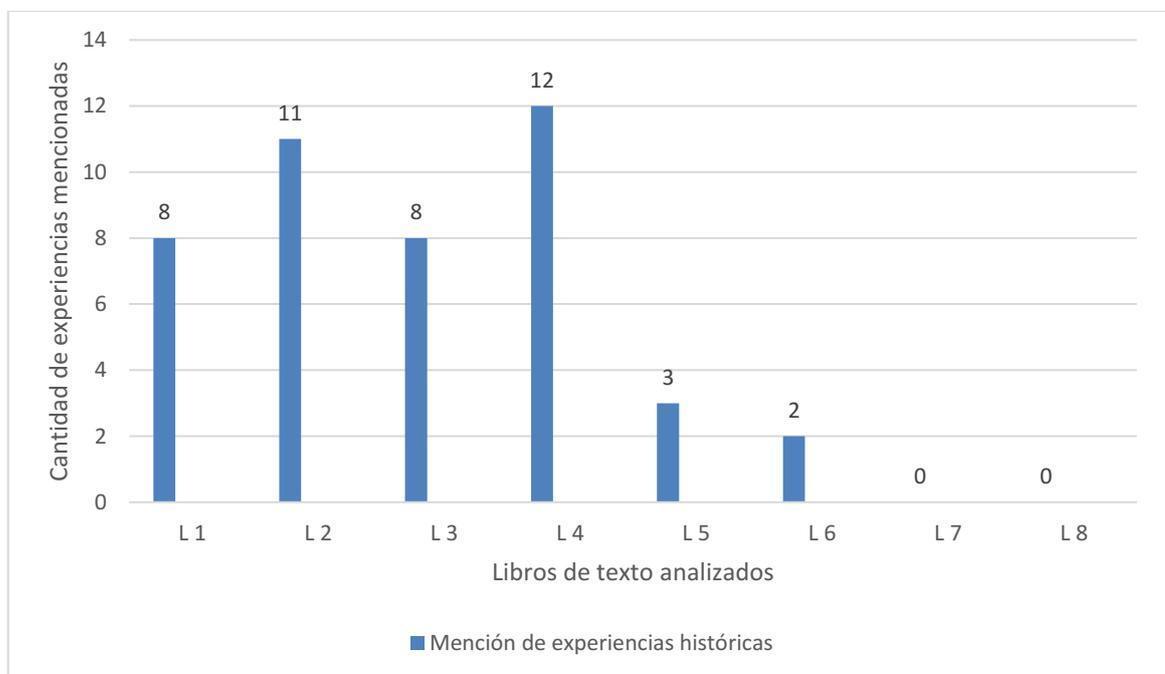
	Whig	Contextualista	Interna	Externa
L 1	X			X
L 2	X			X
L 3	X	X		X
L 4	X	X		X
L 5	X	X	X	X
L 6	X			X
L 7	X			X
L 8	X	X	X	X

En referencia a las experiencias históricas mencionadas, observamos que en los textos de tercer año su número es mayor que en los de cuarto año (ver figura 2). En general se presentan como resultados acabados y en los pocos casos en los que se propone su reproducción por parte de los estudiantes, simplemente se otorga una “receta” con pasos a cumplimentar. No se transcriben las experiencias originales ni se plantean las preguntas que condujeron a realizarlas.

Consideramos que el hecho de proponer a los alumnos la formulación de preguntas, la búsqueda de posibles respuestas, el diseño de experimentos e imaginar las explicaciones que se dieron a partir de los datos obtenidos, situándose en el contexto de la época en la que se realizaron las experiencias, son herramientas que ayudan a la comprensión de la naturaleza de la ciencia y las formas de “hacer ciencia” en las diferentes épocas de la historia. Por ello destacamos esta falencia como un obstáculo importante para la construcción de la imagen de ciencia que queremos transmitir a nuestros estudiantes.

Figura 2

Experiencias históricas citadas en los capítulos analizados



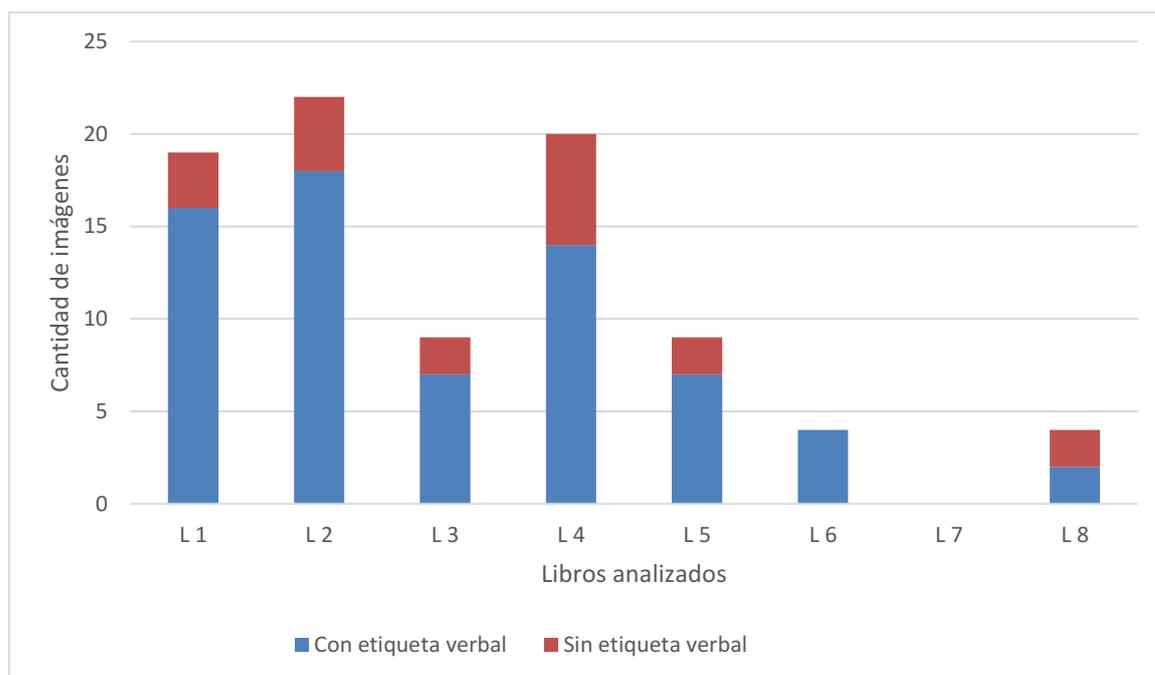
Podríamos suponer que la limitación del número de páginas que debe presentar un libro y la cantidad de conceptos que el diseño curricular propone tratar, es una de las razones de la brevedad con la que se incorporan los contenidos de historia de la ciencia entre sus páginas. De ser así, sería deseable encontrar muchas sugerencias de ampliación de información y propuestas de bibliografía de consulta que permitan al estudiante subsanar las ausencias mencionadas. Sin embargo, las sugerencias son muy escasas o nulas en algunos casos y no existe propuesta de bibliografía accesoria. Esto nos conduce a plantearnos si realmente la causa de la limitación es la cantidad de temas a abordar o estamos ante una concepción más profunda en la que la ciencia aún hoy, a pesar de tantos trabajos y evidencias al respecto, no se concibe como una construcción histórica y social.

En referencia a las imágenes que se encuentran en las páginas analizadas, la mayoría de ellas se localiza en una posición accesoria que complementa el texto escrito. Son muy pocas las ocasiones en las que ocupan una posición central. Consideramos que esta situación tiene relación directa con la ubicación que generalmente ocupa la historia de la ciencia dentro de los capítulos analizados. Si bien la mayoría de las ilustraciones son atractivas y coloridas, también se encuentran algunos retratos en blanco y negro de personajes de la época que denotan el tiempo del que datan dichos científicos. En general hay una relación directa entre las imágenes presentadas y el texto analizado. Sin embargo, pocas de ellas reflejan el contexto de la época histórica mencionada. Como dato curioso, nos llama la atención la ausencia total de imágenes en L 7, situación que difiere en L 3, aunque forman parte de la misma serie y editorial (Conocer + de editorial Santillana). Consideramos que dicha ausencia podría obedecer a razones presupuestarias.

Tal como expresa Raviolo (2015), es importante que las imágenes presenten anotaciones verbales dentro del espacio de la ilustración, las que servirán de nexo con el texto y permitirán resaltar la información relevante, establecer relaciones entre las partes de la imagen, así como relaciones causales que se ponen de manifiesto en ellas. Al respecto podemos mencionar que la mayoría de las que hemos analizado en los distintos libros de texto, poseen etiqueta verbal (ver figura 3).

Figura 3

Cantidad de imágenes en las páginas analizadas



Al analizar las actividades de aprendizaje propuestas en el desarrollo general de los capítulos podemos observar que, en forma general, menos de la mitad de las páginas que las presentan incluyen alguna consigna relacionada con la historia de la ciencia (ver figura 4). En relación a las actividades finales, de integración y repaso, presentadas en cada capítulo, las propuestas no incluyen historia de la ciencia o la incorporan en forma ínfima (ver figura 5). Creemos que esta ausencia se relaciona en forma directa con la importancia que se le otorga a esta temática. Debemos destacar el tipo de preguntas que se realizan en el apartado “Ciencia sin fin” de L 3 y L 7, dado que conducen a poner en contexto los acontecimientos mencionados en el relato.

Figura 4

Actividades de aprendizaje en el desarrollo general de los capítulos analizados

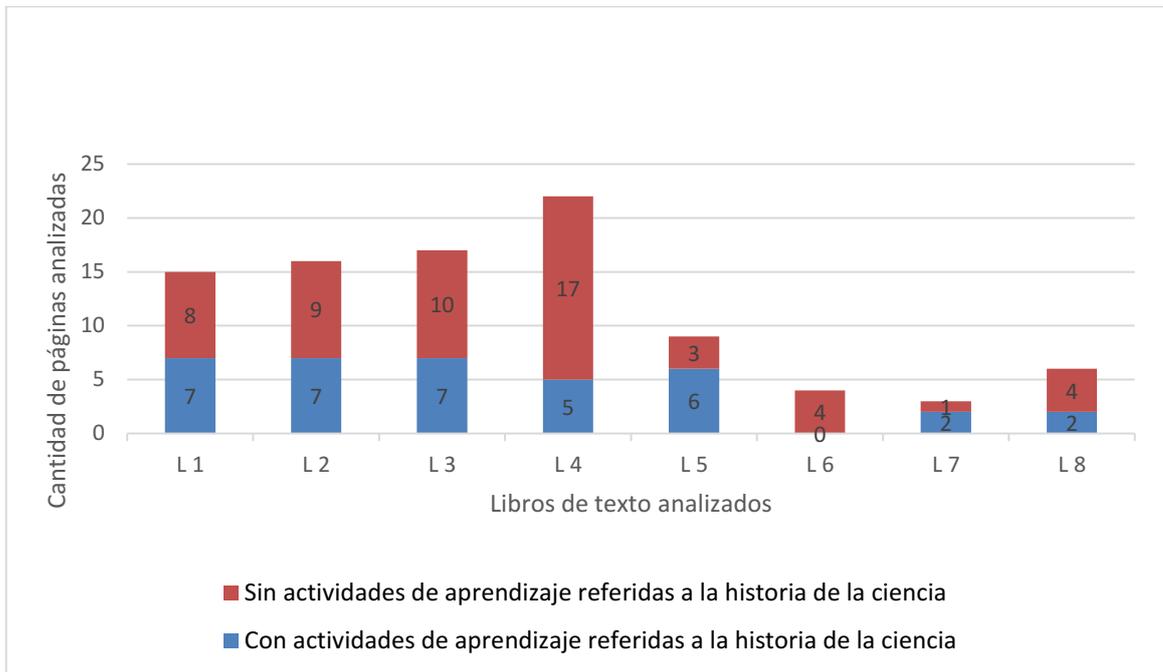
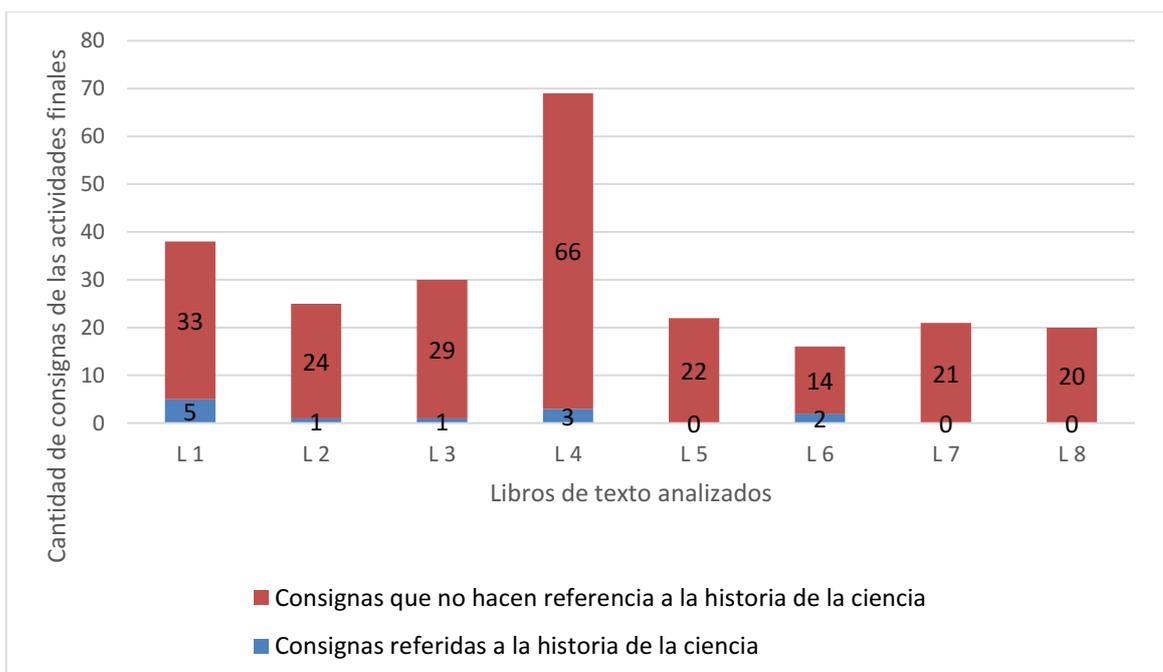


Figura 5

Actividades de aprendizaje de integración final en los capítulos analizados



En el análisis vinculado a la correlación entre el currículo vigente y los contenidos abordados en los libros de texto, destacamos que el diseño curricular para tercer año resalta la importancia de considerar los experimentos históricos y su exploración mediante las preguntas que los guiaron, los métodos utilizados y las conclusiones a las que llegaron los investigadores. En este aspecto podemos mencionar que la mayor falencia, en los libros de texto analizados, se encuentra en relación a las preguntas que los guiaron ya que las experiencias en su gran mayoría se presentan como resultados acabados sin considerar el proceso de su realización, los errores, las marchas y contramarchas hasta llegar a conclusiones provisionarias y sujetas a modificaciones por futuras investigaciones. El diseño curricular también destaca la importancia de considerar los estudios clásicos de Lorenz y Tinbergen respecto a las respuestas instintivas de los animales, las experiencias de Charles Darwin y su hijo Francis para distinguir las diferencias entre percepción y respuesta así como la comunicación entre las partes de un organismo y la interpretación del aislamiento de la primera hormona vegetal, realizado por Went. Asimismo, en relación a la Unidad N° 2, correspondiente a la regulación e integración de funciones, resalta la consideración de la importancia que adquiere el tema de la diabetes como conector de problemáticas que relacionen la ciencia, tecnología y sociedad, presentando los métodos de tratamiento usados en el pasado y en la actualidad, los experimentos históricos como los realizados por Mering, Minkowski y Banting, así como la figura de Houssay y su aporte en la regulación de la glucemia. Al observar el acatamiento de dichas sugerencias en los libros de texto, nos llama la atención que la mayoría de ellos no menciona a Went ni a Houssay (ver tabla 3). También resaltamos que en L 1 no se hace referencia a los tratamientos de la diabetes ni a ninguno de los científicos que dieron su aporte en este tema. En este sentido, queremos destacar que, de acuerdo a la política curricular vigente al momento de la edición de los libros analizados, el diseño curricular adquiere carácter prescriptivo, asumiendo la responsabilidad por parte del gobierno provincial y los docentes a cargo, de garantizar el derecho de todos los alumnos al acceso a los conocimientos seleccionados.

Tabla 3*Científicos mencionados en los capítulos analizados de los libros de texto para tercer año*

	Charles y Francis Darwin	Lorenz y Tinbergen	Went	Von Mering	Minkowski	Banting	Houssay
L 1	X	X	X	--	--	--	--
L 2	X	X	--	X	X	X	--
L 3	X	X	--	X	X	X	--
L 4	X	X	--	X	X	X	X

En relación a las sugerencias del diseño curricular vigente para cuarto año de la educación secundaria, destacamos la incorporación de las diferentes representaciones del cuerpo humano a lo largo de la historia, el fin del dogmatismo escolástico y el surgimiento de la anatomía y la medicina modernas. Se propone el tratamiento de los debates, conflictos y aspectos represivos que marcaron dichas etapas, mediante ejemplos como el de Servet, así como la incorporación de textos y esquemas aportados por Descartes, Harvey y da Vinci a fin de transitar el camino desde las ideas del pasado a los actuales conocimientos acerca del propio cuerpo. Al respecto podemos decir que sólo el L 6 y L 7 realizan un breve relato acerca de las representaciones del cuerpo humano a lo largo de la historia, siendo este último el que menciona a los cuatro pensadores sugeridos en el diseño curricular. Cabe mencionar que el único pensador mencionado en los cuatro libros analizados es Harvey (ver tabla 4).

Tabla 4*Científicos mencionados en los capítulos analizados de los libros de texto para cuarto año*

	Servet	Descartes	Harvey	da Vinci
L 5	X		X	
L 6			X	X
L 7	X	X	X	X
L 8	X		X	

En lo que respecta la imagen de la ciencia que transmiten los contenidos históricos, detectamos la falta de uniformidad de criterio en la mayoría de los textos seleccionados, los que fluctúan entre una mirada individualista y colaborativa del trabajo científico y presentan el conocimiento algunas veces como provisorio y en otras ocasiones como verdad definitiva (ver tabla 5) Es así que, a pesar de la brevedad de la información analizada, podemos distinguir esbozos de enfoques continuistas y rupturistas. Pero dado que ninguno de ellos tematiza abiertamente la cuestión del cambio de teorías como problema metateórico, no podemos

establecer que adopten un enfoque decididamente rupturista o continuista. Como ya hemos expresado en esta tesis, creemos necesaria una mirada integral que no limite el progreso de la ciencia en un esquema único.

Tabla 5

Tipo de construcción del conocimiento científico y de imagen de la ciencia, presentados en los libros analizados

	Individualista	Colaborativo	Definitivo	Provisorio
L 1	X	X	X	
L 2	X	X	X	X
L 3	X	X	X	X
L 4	X	X		X
L 5	X	X	X	X
L 6	X	X	X	X
L 7	X	X	X	
L 8	X	X	X	X

Estamos en condiciones de afirmar que la imagen de ciencia que se infiere, a partir del análisis de los capítulos seleccionados en los libros de texto, se encuentra bastante distante de la imagen flexible y cambiante que pretendemos transmitir para que, de ese modo, se deje entrever un poco de la complejidad que conlleva la actividad científica. En reiteradas ocasiones se vislumbra la ausencia del contexto político, social, económico e institucional que acompaña a la construcción de los conocimientos. Se muestra una visión netamente empirista, libre de teorías, en la que falta destacar el valor del error a fin de mostrar a la ciencia y al trabajo de los científicos como una realidad más cercana a todos los ciudadanos. Si bien por momentos se plantea una mirada colaborativa y provisional de la actividad científica, son más las ocasiones en que se acentúa el dogmatismo, el trabajo solitario y la inmutabilidad de la ciencia. Creemos que la escasez de contenidos históricos que se explayen sobre el contexto es una de las causas de esta falencia. La consideración de las preguntas que los científicos se hicieron a lo largo de la historia, la forma en que las resolvieron, los obstáculos que debieron sortear y la importancia de dicha investigación en el contexto en que se realizó, serían cuestiones indispensables a desarrollar para pensar a la ciencia como una actividad humana, posible de ser realizada.

Conclusiones

Queremos destacar las fortalezas detectadas en algunos de los textos analizados. Tal es el caso de la relación ciencia-sociedad-arte que se establece a partir de relatos e imágenes localizados en L1 (pág.38), donde se muestran algunos aspectos de la vida de Claude Monet, sus problemas en la visión y su relación con el jefe de gobierno francés. Del mismo modo, valoramos la presentación en L2 (pág.104) de un sector de la pintura “Las meninas” de Diego Velázquez, a fin de mostrar un trastorno endocrino. Consideramos la importancia de la propuesta de explorar las imágenes y creemos que podrían surgir inquietudes acerca de las razones por las que las enfermedades endocrinas han estado siempre presentes en el arte, situación que favorecería la profundización del contexto.

Asimismo valoramos positivamente la sección “Ciencia sin fin” presentada en cada capítulo analizado de L3 y L7, cuyas preguntas interpelan acerca del contexto, la contraposición de la teoría con la realidad cotidiana, la relación entre el bagaje teórico y las experiencias, la importancia de los antecedentes, el desarrollo tecnológico, las actitudes del científico, el papel de la duda, el proceso de comunicación, y las demandas de la sociedad con respecto a la construcción histórica de los conocimientos que se plantean en ella. Este tipo de consignas incitan a imaginar diversas posibilidades, a pensar en desafíos y cuestiones intrigantes.

Consideramos que sería de mucha utilidad repetir el modelo de tratamiento que se hace con el tema “Diabetes” en L4 (pág.149), con todos los temas principales de cada capítulo. En este caso comienza mencionando los conceptos observados en la antigüedad y en la actualidad y se propone analizar el tránsito de ese largo camino, indicando los principales acontecimientos que marcaron avances en la construcción del conocimiento científico. La integración de los contenidos históricos en el desarrollo general de cada temática abordada y su tratamiento sostenido, favorecería la comprensión, por parte de los estudiantes, de la forma de “hacer ciencia” a lo largo de los tiempos.

Queremos destacar especialmente el apartado “El viajero del tiempo” escrito por Diego Golombek en dos de los cinco capítulos analizados de L 4, en el que se pone en contexto a personajes relevantes mediante un atractivo y motivador diálogo ficcional. Caracterizado por su originalidad, en él se expone el carácter social de la ciencia, resultando su imagen menos distante y más enriquecedora.

Teniendo en cuenta que las fortalezas detectadas se encuentran en diferentes textos, coincidimos con Kaufman (2003) en que la diversidad de estos es esencial para sumar y no limitar. El reto sería, tal como lo expresa Del Carmen (2001) integrar la multitud de recursos

existentes en el contexto extraescolar, analizándolos y contrastándolos con otras fuentes de conocimiento.

Las debilidades que hemos localizado en el análisis realizado tienen que ver con la escasez de los contenidos históricos presentados. La historia se presenta, en líneas generales, de forma superficial y simplemente ornamental, tal como lo expresa Nieto Galán (2014), se convierte en un envoltorio que embellece la presentación de algunos contenidos, del cual se puede prescindir para ingresar de una vez en el núcleo duro del tema, sin perder tiempo en historias del pasado. Con respecto a la marcada disminución de contenidos históricos en los libros de cuarto año, creemos que podría relacionarse con la diferencia en la cantidad de este tipo de contenidos propuestos en el diseño curricular correspondiente, dado que para tercer año se explicitan en el primer momento de la Unidad N°1 y en el segundo momento de la Unidad N°2. En cambio, para cuarto año se proponen sólo en el segundo momento de la Unidad N° 1. En cuanto a la disposición de las temáticas relacionadas a la historia de la ciencia en secciones separadas del desarrollo del contenido principal, debemos decir que este formato puede influir negativamente en el recuerdo que tengan los estudiantes de dichos conceptos dado que, como expresa Soláz-Portolés (2009), los conceptos interrelacionados son los que se almacenan en la memoria a largo plazo.

Nos parece una falencia muy importante la ausencia de contexto en muchos de los temas que se exponen en los libros escolares que son objeto de nuestro trabajo. Consideramos que es de fundamental importancia conocer la relación entre la ciencia y la cultura de una época y su influencia en el desarrollo de una sociedad. Tal como lo expresa Quintanilla (2009), es necesario plantear el desarrollo histórico de las principales líneas de investigación en ciencias, fruto del trabajo colectivo, con sus polémicas y tensiones.

Detectamos una falta de consideración de los lineamientos generales del diseño curricular ya que, si bien los textos consideran algunos de los contenidos históricos sugeridos, hacen caso omiso a la invitación del diseño a observar la ciencia como una actividad humana, inserta en un contexto histórico y social particular, reflexionar acerca del trabajo científico, su rigurosidad, procedimiento y conexiones con las problemáticas de salud, económicas y sociales.

En muchas ocasiones observamos que se transmite una visión de la ciencia definitiva e inmutable que surge de un trabajo individualista. Acordamos con Fernández, et.al (2002) en que las visiones deformadas de la actividad científica se relacionan de tal manera entre sí que forman un esquema integrado y resultan ser la expresión de una imagen ingenua de la ciencia. Creemos que debería posibilitarse a los estudiantes la reconsideración crítica de dicha imagen y su reformulación. Esto podría realizarse, como afirman Adúriz y Ariza (2013), tomando

distancia del relativismo y del triunfalismo durante las reflexiones ambientadas en la historia de la ciencia.

Nos preguntamos si verdaderamente existe una reflexión historiográfica crítica previa a la escritura y publicación de los textos escolares. Da la sensación de que el material histórico tiene como propósito brindar un marco a los hechos científicos para que encajen en él y puedan ser recordados con mayor facilidad. Estaríamos ante la presencia de la cuasihistoria descrita por Whitaker (1979), vista como una conveniencia en la enseñanza y el aprendizaje que ignora los factores relacionados con la interacción social de los científicos, los errores y las controversias. Ante esta situación confiamos en que la habilidad docente podrá convertir los diferentes enfoques historiográficos presentados en un mismo texto, en estímulos para la reflexión de los estudiantes, mediante su tratamiento intencionado y explícito, la identificación de las visiones deformadas y de los errores, la generación de debates, dramatizaciones, lectura de textos originales y reproducción de experiencias históricas, tal como lo proponen Campanario (2001) y González Galli (2014).

Esta investigación constituye un punto de partida con el cual intentamos proponer posibles líneas de trabajo orientadas a los editores de libros de texto, a fin de que consideren la integración de los contenidos históricos en el desarrollo principal de los capítulos, multipliquen las fortalezas detectadas y rectifiquen las debilidades expresadas. Sería deseable que los autores de los libros de texto se familiaricen con las distintas maneras de abordar la historia de la ciencia y evalúen cuáles son aquellas que les parecen más adecuadas, a fin de no presentar una imagen de la ciencia ambivalente.

A los profesionales responsables de la elaboración de los diseños curriculares les sugerimos explicitar contenidos históricos en todas las unidades didácticas y mantener los lineamientos generales basados en una ciencia humana, inserta en un contexto social y cultural determinado.

Consideramos muy importante la posibilidad de trabajo en la formación docente inicial y continua. Esta formación es clave para producir un cambio significativo y permanente en la imagen de ciencia que construirán los estudiantes. Los docentes deberían reflexionar acerca de su propia concepción de ciencia para poder internalizar una imagen renovada de la misma y así poder transmitir a los alumnos una mirada crítica hacia el pasado que les permitirá imaginar el futuro. Los animamos a trabajar con amplias preguntas que permitan mostrar cómo se llegó a las conclusiones obtenidas a lo largo de los años y a reflexionar en forma constante acerca de cómo sabemos lo que sabemos para poder valorar la importancia y la necesidad de aprender “sobre” la ciencia, formar imágenes más realistas del quehacer científico y desarrollar el pensamiento crítico para poder transmitir esa visión a los estudiantes.

No tenemos dudas que se requiere la colaboración de historiadores, filósofos, educadores científicos y especialistas en didáctica en todos los campos de trabajo anteriormente mencionados. De este modo podremos reflexionar todos juntos acerca de la necesidad de transmitir el espíritu y la naturaleza de la ciencia, más que la sucesión de resultados.

Referencias bibliográficas

- Acevedo Díaz, J. A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 5 (2), 134-169.
- Acevedo Díaz, J. A. (2009). Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (II): una perspectiva. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 6 (2), 164-189.
- Adúriz-Bravo, A. (2008). La naturaleza de la ciencia. En Merino Rubilar, C., Gómez Galindo, A. y Adúriz-Bravo, A. (Coords.). *Áreas y Estrategias de Investigación en la Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp.69-77). Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Adúriz-Bravo, A. (2009). La naturaleza de la ciencia “ambientada” en la historia de la ciencia. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*. (Extra), 1177-1180.
- Adúriz Bravo, A. (2010). Aproximaciones histórico-epistemológicas para la enseñanza de conceptos disciplinares. *Revista EDUCyT*. 1, 125-140.
- Adúriz-Bravo, A., y Ariza, Y. (2013). Las imágenes de ciencia y de científico: Una puerta de entrada a la naturaleza de la ciencia. En Adúriz-Bravo, A., Dibarboure, M., Ithurrealde, S. (coords.). *El quehacer del científico al aula: Pistas para pensar*. (p.p 13-20). Montevideo: Fondo Editorial Queduca.
- Adúriz-Bravo, A., e Izquierdo-Aymerich, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*. (ESP), 40-49.
- Adúriz-Bravo, A., Izquierdo-Aymerich, M., y Estany, A. (2002). Una propuesta para estructurar la enseñanza de la Filosofía de la Ciencia para el profesorado de Ciencias en formación. *Enseñanza de las Ciencias*. 20 (3), 465-476.
- Álvarez-Lires, M. (2005). Experiencias y perspectivas de la introducción de la historia de las ciencias en la enseñanza secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*. (Extra).

- Ardila, E. (2020). Historia de la endocrinología. La endocrinología y el arte. *Revista Colombiana de Endocrinología, Diabetes & Metabolismo*. 7 (1), 50-54.
- Argüelles, J.C. (2008). Los microbios y el premio Nobel de medicina en 1908 (Ehrlich y Mechnikov). *Anales de Biología*. 30, 65-71.
- Bachelard, G. (1948). *La formación del espíritu científico*. México: Siglo XXI.
- Bardin, L. (1986). *Análisis de contenido*. Madrid: Ediciones Akal.
- Beltrán, A. (1995). *Revolución científica, Renacimiento e historia de la ciencia*. Madrid: Siglo XXI editores.
- Beltran, M., Rodrigues, S., y Ortiz, C. (2011). História da Ciência em Sala de aula—Propostas para o ensino das Teorias da Evolução. *História da Ciência e Ensino: construindo interfaces*. 4, 49-61.
- Beltrán Nuñez, I., Leite Ramalho, B., da Silva, I., y Campos, A. (2003). A seleção dos livros didáticos: um saber necessário ao professor. O caso do ensino de Ciências. *Revista Iberoamericana de Educación*. 33 (1), 1-11.
- Boido, G. (1985). Historia de la ciencia y vida de la ciencia. *Revista de Enseñanza de la Física*. 1(1), 19-25.
- Bonafé, J. M. (2008). Los libros de texto como práctica discursiva. *Revista de la asociación de sociología de la educación*. 1(1), 62-73.
- Bottasso, O. (2019, febrero, 4). El otro Claudio o cuando la fisiología se puso los pantalones largos. *IntraMed*. Recuperado de <https://www.intramed.net>
- Brótons, V. (1983). La historia de las ciencias y la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*. 1(1), 50-53.
- Brótons, V. (1999). Constructivismo e historia de la ciencia ¿por qué resistirse al constructivismo? *Cronos*. 2 (1), 157-184.
- Brush, S. (1991). Historia de la Ciencia y enseñanza de las Ciencias. *Comunicación, lenguaje y educación*. 11-12, 169-180.

- Butterfield, H. (2013). *Butterfield y la razón histórica: la interpretación whig de la historia*. Madrid: Plaza y Valdés editores.
- Camacho, I. (2006). Presentismo: una defensa desde la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 3 (2), 220-228.
- Camacho González, J. y Quintanilla Gatica, M. (2008). Resolución de problemas científicos desde la historia de la Ciencia: Retos y desafíos para promover competencias cognitivas lingüísticas en la Química escolar. *Ciência e educação*. 14 (2), 197-212.
- Camacho González, J. y Quintanilla Gatica, M. (2009). Concepciones de los profesores de Química sobre Naturaleza de la Ciencia e Historia de la Ciencia. VIII Congreso internacional sobre investigación en didáctica de las Ciencias. Barcelona. *Enseñanza de las Ciencias*. (Extra), 458-462.
- Campanario, J. (2001). ¿Qué puede hacer un profesor como tú o un alumno como el tuyo con un libro como este? .Una relación de actividades poco convencionales. *Enseñanza de las Ciencias*. 19 (3), 351-364.
- Campanario, J., y Otero, J. (2000). La comprensión de los libros de texto. En Perales Palacios, F. y Cañal de León, P. (Ed.), *Didáctica de las ciencias experimentales*. (p.p. 323-338). Alicante: Editorial Marfil.
- Carbone, G. (2003). *Libros escolares: una introducción a su análisis y evaluación*. Buenos Aires: Fondo De Cultura Economica de Argentina. S.A.
- Carranza, J. (2010). *Etología. Introducción a la ciencia del comportamiento*. Cáceres: Universidad de Extremadura.
- Carrasco, J. y Calderero Hernández, J. (2000). *Aprendo a investigar en educación*. Madrid: Ediciones RIALP, S.A.
- Cornejo, J. (2006). El análisis de manuales escolares y la historia de la enseñanza de la ciencia como recurso en la formación docente. *Revista Iberoamericana De Educación*. 38(6), 1-10.
- Cutrera, G. (2003). La justificación del conocimiento científico en los textos escolares. *Revista Iberoamericana de Educación*. Recuperado de <http://www.rieoei.org/experiencias> 46. htm.

- Cutrera, G. y Dell'Oro, G. (2001). El contexto de descubrimiento en los textos escolares. *Revista Iberoamericana de Educación*. Recuperado de <http://www.rieoei.org/experiencias> 17.htm
- Cutrera, G. y Dell'Oro, G. (2003). Un análisis de contenido en textos escolares sobre el método científico. *Revista Iberoamericana de Educación*. Recuperado de <http://www.rieoei.org/experiencias> 55.htm
- Del Carmen, L. (2001). Los materiales de desarrollo curricular, un cambio imprescindible. *Investigación en la escuela*. 35, 51-56.
- De Pro Bueno, A., Sánchez Blanco, G y Valcárcel Pérez, M. (2008). Análisis de los libros de texto de Física y Química en el contexto de la Reforma LOGSE. *Enseñanza de las Ciencias*. 26(2), 193-210.
- Díaz Ariza, J. (2015). Derechos humanos e intolerancia: derechos civiles y marginación social de los eunucos (sexo y barbarie). *Revista Crítica de la Historia de las Relaciones Laborales y de la Política Social*. 10, 78-103.
- Dirección General de Cultura y Educación de la provincia de Buenos Aires. (2008). *Diseño Curricular para la Educación Secundaria: ES3: biología*. Recuperado de <http://www.abc.gov.ar>
- Dirección General de Cultura y Educación de la provincia de Buenos Aires. (2010). *Diseño Curricular para la Educación Secundaria ciclo superior ES4: biología*. Recuperado de <http://www.abc.gov.ar>
- Duque Parra, E., Barco Ríos, J. y Morales Parra, G. (2014). La disección in vivo (vivisección): una visión histórica. *International Journal of Morphology*. 32 (1), 101-105.
- Echeverría, R. (1994) *Ontología del lenguaje*. Santiago de Chile: J C Sáez editor.
- Farías Camero, D., Molina Caballero, M., y Castelló Escandell, J. (2013). Análisis del enfoque de historia y filosofía de la ciencia en libros de texto de química: el caso de la estructura atómica. *Enseñanza de las ciencias*. 31(1), 115-134.
- Farré, A. y Lorenzo, G. (2013). Evolución de la naturaleza de la ciencia en los libros de texto de Química Orgánica de nivel superior. *Enseñanza de las ciencias*. (Nº extra), 1181-1187.

- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A., y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*. 20(3), 477-488.
- Fernández Reiris, A. (2005). *La importancia de ser llamado "libro de texto". Hegemonía y control del currículo en el aula*. Buenos Aires: Miño y Dávila Editores.
- Furió, C. y Domínguez, M. (2007). Problemas históricos y dificultades de los estudiantes en la conceptualización de sustancia y compuesto químico. *Enseñanza de las ciencias*. 25(2), 241-258.
- Furman, M. (2018) Casos de historia de las ciencias como oportunidad para la formación del pensamiento. *Guía didáctica basada en ponencias del 18º Foro internacional de Enseñanza de Ciencias y Tecnologías "Ciencias y Tecnología en 3D: Datos, Didáctica y Diseño" Fundación Lúminis*. 1-15.
- Gagliardi, R. (1986) Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las Ciencias*. 4 (1), 30-35.
- Gagliardi, R. (1988). Cómo utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. 6(3), 291-296.
- Gagliardi, R. y Giordan, A. (1986). La historia de las ciencias: una herramienta para la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*. 4(3), 253-258.
- Galvalisi, C. (2006). Sobre enfoques, instrumentos y criterios para la revisión de la calidad de los libros escolares. *Ministerio de Educación de Chile, Primer seminario internacional de textos escolares: SITE*, 317-325.
- García Cuadrado, A. (1995). Notas sobre la teoría general de sistemas. *Revista general de información y documentación. Servicio de Publicaciones UCM*. 5 (1), 197-213.
- García Martínez, A., e Izquierdo Aymerich, M. (2014). Contribución de la Historia de las Ciencias al desarrollo profesional de docentes universitarios. *Enseñanza de las Ciencias*. 32 (1), 265-281.
- Gibbs, G. (2012). *El análisis de datos cualitativos en investigación cualitativa*. Madrid: Ediciones Morata, S. L.

- Gil Pérez, D. (1993). Contribución de la Historia y de la Filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*. 11(2), 197-212.
- Glocker, M., Langleben, D., Ruparel, K., Loughhead, J., Gur, R. y Sachser, N. (2009). El esquema del bebé en las caras infantiles induce la percepción de ternura y la motivación para el cuidado en adultos. *Etología*. 115 (3), 257-263.
- Gómez-Martínez, Y. (2015). *Configurando narrativas históricas y preguntas directrices para un abordaje sistémico sobre la Revolución Copernicana*. (Tesis de Maestría). Facultad de Educación. Universidad de San Pablo. Brasil.
- González, J., y Gatica, M. (2009). Concepciones de los profesores de química sobre naturaleza de la ciencia e historia de la ciencia. *Enseñanza de las ciencias*. (Extra), 458-462.
- Gonzalez Galli, L. (2014). “Darwin teleólogo” y “el eclipse del darwinismo”: dos casos para repensar la historia del evolucionismo. . En Quintanilla, M., Daza, S., y Cabrera, H. (comp). *Historia y Filosofía de las Ciencia. Aportes para una “nueva aulas deficiencia”, promotora de ciudadanía y valores*. (p.p 266-284). Santiago de Chile: Bellaterra.
- Grandin T y Deesing M. (1998) La genética del comportamiento animal. En: Grandin T (ed). *Genetics and the behavior of domestic animals*. Recuperado de <http://www.grandin.com/spanish//genetica.comportamiento.html>.
- Griffin, D. (2001) Return to the magic well: echolocation behavior of bats and responses of insect prey. *Bioscience*. 51(7), 555–556.
- Guridi, V., y Arriasseq, I. (2004). Historia y filosofía de las ciencias en la educación polimodal: propuesta para su incorporación al aula. *Ciência & Educação*. 10(3), 307-316.
- Gutiérrez, G. (1999). Ivan Petrovich Pavlov (1849-1936). *Revista Latinoamericana de Psicología*. 31 (3), 557-560.
- Hernández González, M. y Prieto Pérez, J. (2000). Un currículo para el estudio de la Historia de la Ciencia en Secundaria (La experiencia del Seminario Orotava de Historia de la Ciencia). *Enseñanza de las Ciencias*. 18(1), 105-112.

- Heyneman, S. (2006). La función de los libros de texto en un sistema de educación moderno: hacia una educación de buena calidad para todos. *Ministerio de Educación de Chile. Primer seminario internacional de textos escolares, SITE*, 437- 466.
- Hidalgo, M., y Junior, Á. (2016). Reflexões sobre a inserção da História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências. *História da Ciência e Ensino: construindo interfaces*. 14, 19-38.
- Instituto Nacional de Propiedad Industrial de Chile (2020). *Tecnologías patentadas por mujeres* (Nº 105). Recuperado de <https://www.inapi.cl/centro-de-documentacion/informes>.
- Izquierdo Aymerich, M. (1994). ¿Cómo contribuye la historia de las ciencias en las actitudes del alumnado hacia el aprendizaje de las ciencias? *Aula de innovación educativa*. (27), 37-40.
- Izquierdo Aymerich, M., García Martínez, Á., Quintanilla Gatica, M., y Adúriz-Bravo, A. (2016). *Historia, filosofía y didáctica de las ciencias: aportes para la formación del profesorado de ciencias*. Bogotá: Universidad Distrital.
- Jácome-Roca, A. (2009, enero 28). Historia de las Hormonas. *Medicina*. 31(1), 58-59. Recuperado de <http://revistamedicina.net/ojsanm/index.php/Medicina/article/view/84-7>
- Jácome-Roca, A. (2019, agosto). Descubrimiento de la testosterona. *Revista Colombiana de Endocrinología, Diabetes & Metabolismo*. 6 (3), 231-235. Recuperado de <http://revistaendocrino.org/index.php/rcedm/article/view/538>.
- Jácome-Roca, A., Siachoque, H., Otero Ruiz, E., Gómez- Gutiérrez, A., Quintana López, G., Pons- Estel, B.,...Iglesias-Gamarra, A. (2009). La historia de las enfermedades órgano-específicas. La conexión endocrina. *Revista Colombiana de Reumatología*. 16 (3), 276-299.
- Jordan, M. y Casaretto, J. (2006). Capítulo XV. Hormonas y reguladores del crecimiento: Auxinas, giberilinas y citocininas. En Squeo, F. y Cardemil, L. (Ed.). *Fisiología vegetal*. (1-28). La Serena: Ediciones Universidad de la Serena.
- Kaufman, A. y Rodríguez, M. (1993). *La escuela y los textos*. Buenos Aires: Santillana.

- Kobayashi, Y. y Weigel, D. (2007). Avanzar, es hora de cambiar: señales móviles que controlan la floración dependiente del fotoperíodo. *Genes y desarrollo*. 21 (19), 2371-2384.
- Koyré, A. (1979) *Del mundo cerrado al universo infinito*. España: Siglo XXI.
- Kuhn, T. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de cultura económica.
- Lifszyc, P. y Fuente, G. (2012). Breve reseña histórica del descubrimiento de la insulina. *Actualización en nutrición*. 13 (1), 46-49.
- Lombardi, O. (1997). La pertinencia de la historia en la enseñanza de ciencias: Argumentos y contraargumentos. *Enseñanza de las ciencias*. 15 (3), 343-349.
- López Bucio, J. (2017, diciembre, 7). Darwin botánico: origen, desarrollo y perspectivas de la fisiología vegetal. *Ciencia Nicolaita*, (71). Recuperado a partir de <http://www.cic.cn.umich.mx/cn/article/view/385>
- López Noguero, F. (2002). El análisis de contenido como método de investigación. *XXI Revista de Educación. Universidad de Huelva*. (4), 167-179.
- Martín Díaz, M. (2002). Enseñanza de las ciencias ¿Para qué? *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 1 (2), 57-63.
- Martínez Bonafé, J. (2006). ¿De qué hablamos cuando hablamos de los libros de texto? *Ministerio de Educación de Chile, Primer seminario internacional de textos escolares: SITE*, 431-438.
- Martini, M. (2011). La relación Merton-Shapin a partir del debate historiográfico internismo/externismo. *Cinta moebio*. 42, 288-301.
- Martins, R. (2006). Introdução: a história das ciências e seus usos na educação. En Silva, C. (org.) *Estudos de História e Filosofia das Ciências*. (p.p 17-30). San Pablo: Editora livraria da Física.
- Martins, R. (2006). A maçã de Newton: história, lendas e tolices. En Silva, C. (org.) *Estudos de História e Filosofia das Ciências*. (p.p 167-190) San Pablo, Editora Livraria da Física.

- Matthews, M. (1991). Un lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las ciencias. *Comunicación, lenguaje y educación*. 3 (11-12), 141-156.
- Matthews, M. (1994). Historia, Filosofía y Enseñanza de las Ciencias: La aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*. 12 (2), 255-277.
- Maturano, C. y Mazzitelli, C. (2018). Libros de texto de Ciencias Naturales, de ayer, de hoy y ¿de siempre? *Revista Enseñanza de la Física*. 30 (1), 49-62.
- Mc Comas, W. (1998). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths, en Mc Comas, W. (ed.). *The nature of science in science education. Rationales and strategies*, (pp.53-70). Dordrecht: Kluwer.
- Mejía Botero, W. (2006). A priori, in fieri y a posteriori. Una evaluación integral de los libros de texto escolar. *Ministerio de Educación de Chile, Primer seminario internacional de textos escolares: SITE*, 350-360.
- Mellado, V. y Carracedo, D. (1993). Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. 11 (3), 331-339.
- Montoya, B. y Gutiérrez, G. (2007). Nikolaas Tinbergen (1907-1988): sus contribuciones al estudio del comportamiento. *Universitas Psychológica*. 6 (3), 727-730.
- Mora Penagos, W. (1997). Naturaleza del conocimiento científico e implicaciones didácticas. *Revista educación y pedagogía*. 9 (18), 131-144.
- Morales, O. (2015). La didáctica de las ciencias y su relación con la historia y la filosofía de la ciencia. En Mora Penagos, W. (Comp.). *Educación en ciencias: experiencias investigativas en el contexto de la didáctica, la historia, la filosofía y la cultura* (p.p. 15-34). Bogotá: Universidad Distrital.
- Moreno Martínez, L. y Calvo Pascual, M. (2019). ¿Cómo presentan la historia de la química los libros de texto de Educación Secundaria? Un análisis desde la didáctica y los estudios históricos de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 16 (1), 1101.
- Moro Abadía, O. (2005). La nueva historia de la ciencia y la sociología del conocimiento científico: un ensayo historiográfico. *Asclepio. Revista de historia de la medicina y de la ciencia*. 57 (2), 255-280.

- Moro Abadía, O. (2006). Presentismo: Historia de un concepto. *Cronos: Cuadernos valencianos de historia de la medicina y de la ciencia*. 9 (1), 149-174.
- Mota, G., y das Graças Cleophas, M. (2015). História da Ciência: elaborando critérios para analisar a temática nos livros didáticos de química do ensino médio. *História da Ciência e Ensino: construindo interfaces*. 11, 33-55.
- Muñoz Bello, R., y Bertomeu Sánchez, J. (2003). La Historia de la ciencia en los libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*. 21 (1), 147-159.
- Musumeci, E. (2014, enero). “Hay un cierto determinismo biológico en la neurocriminología”. *Universidad autónoma de Barcelona Divulga*. Recuperado de www.uab.cat/uabdivulga.
- Negro, G. (2019, agosto, 8). El hombre que bailaba con las abejas. *Principia*. Recuperado de <https://principia.io/2019/08/08/el-hombre-que-bailaba-con-las-abejas.ljEwMDQi/>.
- Nieto Galán, A. (2014). Las “historias de la ciencia” y sus adaptaciones a la enseñanza: un debate abierto. En Quintanilla, M., Daza, S., y Cabrera, H. (comp), *Historia y Filosofía de las Ciencia. Aportes para una “nueva aulas deficiencia”, promotora de ciudadanía y valores*. (p.p 66-76). Santiago de Chile: Bellaterra.
- Occelli, M., y Valeiras, N. (2013). Los libros de texto de ciencias como objeto de investigación: una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las ciencias*. 31(2), 133-152.
- Ortiz Maslloréns, F. (2000). Enfermedades autoinmunes y autoinmunidad fisiológica: el reconocimiento de la propia identidad. *Alergología e Inmunología clínica*. 15, 5-12.
- Parascandola, J. (2010). Abel, Takamine y el aislamiento de epinefrina. *Revista de alergia e inmunología clínica*. 125 (2), 514-517.
- Pellicer, A. (2006). Calidad de los textos escolares. Ministerio de Educación de Chile. *Primer seminario internacional de textos escolares: SITE* 279-285.
- Perales Palacios, J. (2006). Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. 24 (1), 13-30.
- Perales Palacios, J., y Dios Jiménez, J. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. 20 (3), 369-386.

- Perales Palacios, J., y Vílchez González, J. (2015). Iniciación a la investigación educativa con estudiantes de secundaria: el papel de las ilustraciones en los libros de texto de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. 33 (1), 243-262.
- Pérez Ransanz, A. (2000). *Kuhn y el cambio científico*. México: Fondo de Cultura económica.
- Quintanilla Gatica., M. (2006). Los textos de enseñanza de las Ciencias Naturales frente a los desafíos de una nueva cultura docente. *Ministerio de Educación de Chile. Primer seminario internacional de textos escolares: SITE*, 274-278
- Quintanilla Gatica., M. (2009). Historia de la ciencia, ciudadanía y valores: claves de una orientación realista pragmática de la enseñanza de las ciencias. *Revista Educación y Pedagogía*. 18 (45), 9-23.
- Quintanilla Gatica, M., Izquierdo Aymerich, M., y Adúriz-Bravo, A. (2005). Avances en la construcción de marcos teóricos para incorporar la historia de la ciencia en la formación inicial del profesorado de Ciencias Naturales. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra).
- Ramos, A. y Mata, D. (2002). Gestación y nacimiento en el Antiguo Egipto. *Revista de Obstetricia y Ginecología de Venezuela*. 62 (2), 141-144.
- Raviolo, A. (2015). Los dibujos esquemáticos en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. *Novedades Educativas*. 295, 66-70.
- Rengifo Gallego, L. (2010). El análisis histórico de la actividad científica de Mendel para la reflexión de las concepciones sobre la ciencia. *Revista EDUCyT*. 1, 153-166.
- Rodrigues, S. (2010). Uma contribuição para o ensino da Sistemática na sala de aula: relato de experiência sobre a classificação dos animais de Aristóteles e Linné. *História da Ciência e Ensino: construindo interfaces*. 2, 89-97.
- Rossi, P. (1990). *Las arañas y las hormigas*. Barcelona: Crítica.
- Sánchez, J. y Belmar, A. (2008). La historia de la química: Pequeña guía para navegantes. Parte 1: viejas y nuevas tendencias. *Anales de la Real sociedad Española de Química*. 104 (1), 56-63.
- Shapin, S. (2000). *La Revolución Científica. Una interpretación alternativa*. Barcelona: Paidós

- Solaz-Portolés, J. (1996). Diagramas: ¿Ilustraciones eficaces para la instrucción en ciencias? *Educación Química*. 7, 145-149.
- Solaz- Portolés, J. (2009). Aprender ciencia con textos: Bases teóricas y directrices. *Latin American Journal of Physics Education*. 3 (2), 376-379. Disponible en <http://www.journal.lapen.org.mx>
- Solaz-Portolés, J. (2010). La naturaleza de la ciencia y los libros de texto de ciencias: una revisión (nature of science and science textbooks: a review of research). *Educación XXI*. 13 (1), 65-80.
- Solaz-Portolés, J., y Moreno Cabo, M. (2009). Algunas pautas y consideraciones para aprender de un texto educativo de ciencias. Disponible en <http://www.eumed.net/libros/2008c/467/index.htm>.
- Solbes, J., y Traver, M. (1996). La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química. *Enseñanza de las Ciencias*. 14 (1), 103-112.
- Solbes, J., y Traver, M. (2001). Resultados obtenidos introduciendo historia de la ciencia en las clases de física y química: mejora de la imagen de la ciencia y desarrollo de actitudes positivas. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*. 19 (1), 151-162.
- Tompkins, P. y Bird, C. (1994). *La vida secreta de las plantas*. México: Diana.
- Torreblanca, M.; De Longhi, A.L.; Merino, G. (2009). *De las jirafas a los pinzones, mitos en la enseñanza de la historia de las ideas de Lamarck y Darwin* (En línea). Trabajo presentado en II Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales, 28 al 30 de octubre de 2009, La Plata, Argentina. Disponible en http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.592/ev.592.pdf.
- Tosi, C. (2011). El texto escolar como objeto de análisis. Un recorrido a través de los estudios ideológicos, didácticos, editoriales y lingüísticos. *Lenguaje*. 39 (2), 469-500.
- Tosi, C. (2012). *Libros de texto y mercado editorial en la Argentina (1960-2006). Estudio diacrónico de los aspectos polifónico-argumentativos para la construcción del saber en libros de texto de nivel medio en tres disciplinas y su relación con las políticas editoriales*. (Tesis de Doctorado) Universidad de Buenos Aires.

- Vasconcelos, S. D., y Souto, E. (2003). O Livro Didático de Ciências no Ensino Fundamental— Proposta de Critérios Para Análise do Conteúdo Zoológico. *Ciência & Educação*. 9 (1), 93-104.
- Vega Montalvo, R. y Álvarez Fong, M. (2001). Irritación ocular: Modelos alternativos. *Revista Cubana de Farmacia*. 35 (3), 211-218.
- Velasco, J. (2008). Historia de la ciencia y enfoque historiográfico en libros de Ciencias Biológicas de Educación Básica y Educación Media Diversificada Profesional en Venezuela. *Revistas de investigación*. 32 (64), 63-84.
- Vergara, P. O. (2014). Superación de las visiones deformadas de las ciencias a partir de la incorporación de la historia de la física a su enseñanza. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 11(1), 34-53.
- Whitaker, M. A. B. (1979). History and quasi-history in physics education. I. *Physics education*. 14 (2), 108-112.
- Whitaker, M. A. B. (1979). History and quasi-history in physics education-part 2. *Physics education*. 14 (4), 239-242.
- Zapata Peña, J. (2015). Implicaciones didácticas de la inclusión de la historia y filosofía de las ciencias en la enseñanza de las ciencias: Una interpretación histórica del electromagnetismo. En Mora Penagos, W. (Comp.) *Educación en ciencias: experiencias investigativas en el contexto de la didáctica, la historia, la filosofía y la cultura* (p.p. 35-58). Bogotá: Universidad Distrital.

Anexos

Fragmentos del Libro 1

Figura 6.

Tapa del texto (L 1)

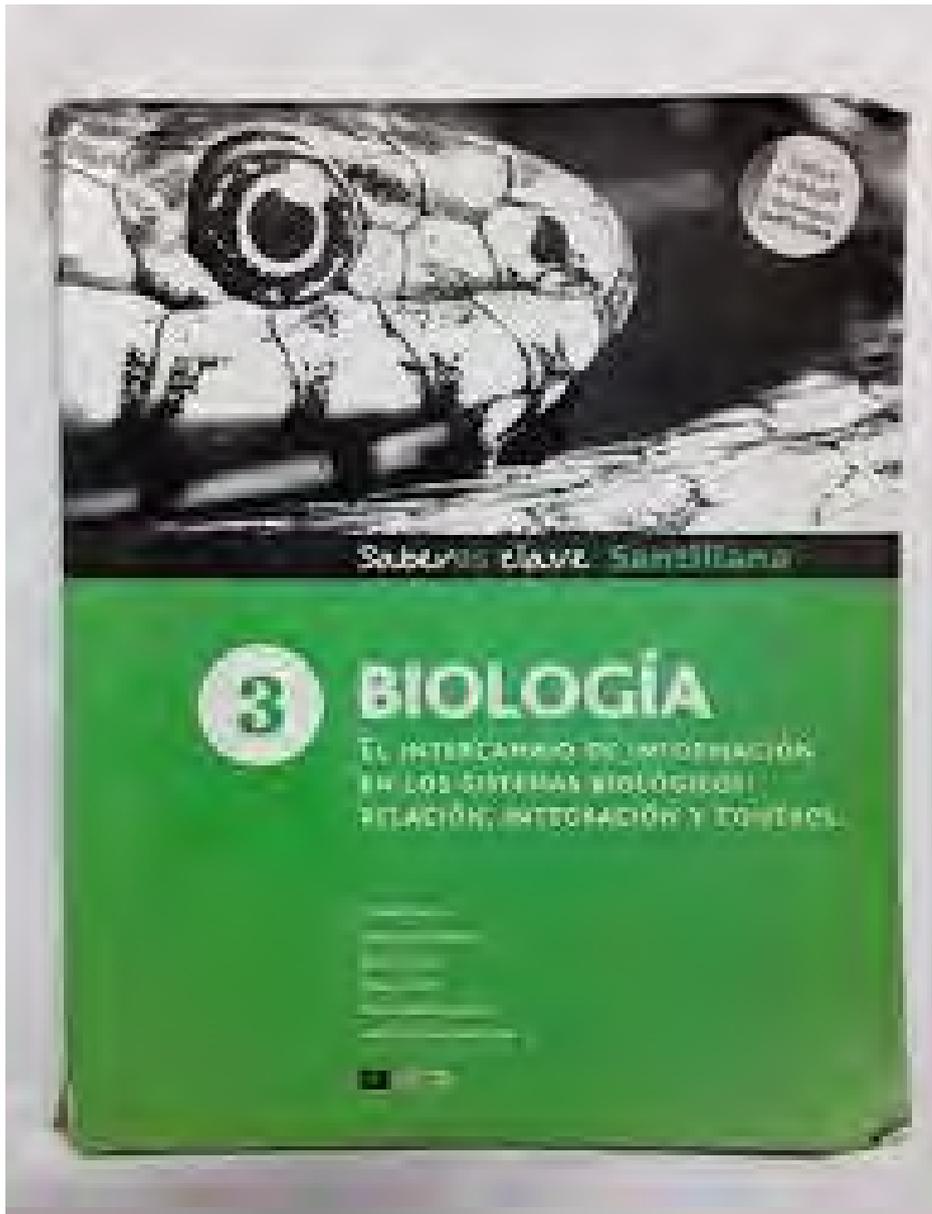


Figura 7

Pág. 12 de L I. Cap. 1



El zorrino posee glándulas, ubicadas a los costados del orificio anal, que producen una sustancia aceitosa y de olor desagradable. Cuando se siente amenazado responde eliminándola.

EL DETALLE

¿Células que "comen" a otras células?

En 1908, el microbiólogo ruso Ilya Mechnikov recibió el Premio Nobel de Medicina por descubrir los **macrófagos**. Luego de clavar una espina a larvas de estrella de mar y observarlas en el microscopio a las 24 horas, vio unas células que englobaban a la espina, como intentando "comérsela". Este mecanismo, al que se llamó **fagocitosis**, es una de las respuestas inmunológicas del cuerpo ante la entrada de un agente extraño. Así, los macrófagos destruyen a bacterias y virus, y también a las células muertas del propio cuerpo.



Macrófago fagocitando bacterias.

Las respuestas de los animales

En los ejemplos de la página anterior mencionamos algunas posibles respuestas de los seres vivos ante los estímulos ambientales. Casi todas involucran movimientos o desplazamientos. Pero esa no es la única manera como pueden responder, ya que cualquier acción de un ser vivo provocada por un estímulo constituye una respuesta. Tomemos el caso de los seres humanos, que no permanecemos ajenos a la relación con el ambiente, para identificar los distintos tipos de respuestas de los animales.

- ▶ **Respuestas motoras.** Son las que involucran movimientos. En este caso, los **músculos** son los encargados de ejecutar la respuesta. Si vas caminando por la vereda y te sorprende el ladrido de un perro, seguramente pegarás un salto y te alejarás instantáneamente.
- ▶ **Respuestas secretoras.** Son las que implican la acción de **glándulas**, órganos que tienen la capacidad de producir secreciones. En el caso de las **glándulas endocrinas**, esas secreciones son las **hormonas**, que se distribuyen con la sangre por el organismo y producen algún efecto, como disminuir la cantidad de glucosa en la sangre. En el caso de las **glándulas exocrinas**, sus productos se vierten hacia alguna cavidad del cuerpo o al exterior, como en el caso de las glándulas salivales, que generan la saliva.
- ▶ **Respuesta inmunológica.** El organismo también reacciona ante el ingreso de un agente extraño, como una bacteria o un virus. En esos casos, la entrada de dichos agentes constituye una información que desencadena una respuesta de **defensa**. Los que ejecutan esa acción son diferentes tipos de células que forman parte de la sangre, a las que en conjunto se denomina **glóbulos blancos**. Algunos de ellos producen **anticuerpos**, que son proteínas capaces de destruir a los agentes externos, y otros los destruyen directamente.

¿En qué se diferencian, entonces, las posibles respuestas? En los efectos que actúan. En unos casos serán músculos y en otros, glándulas o células sanguíneas.



Ante la presencia de un predador, la gacela ejecuta una respuesta motora. Al escuchar el rugido de un león, lo mira y luego emprende una carrera para huir.

La intriga de los perros babosos

Ivan Petrovich Pavlov fue un médico ruso que vivió entre 1849 y 1936. Era un investigador curioso, y entre sus observaciones notó que los perros solían salivar apenas oían los pasos de su dueño. Ese estímulo era suficiente. Con solo oír los pasos de quien traía la comida, los perros comenzaban a salivar. ¿Cómo era eso posible, si para que las glándulas salivales produjeran saliva era necesario el contacto del alimento con la lengua? Esa debía ser la respuesta natural del animal. Entonces, el investigador se planteó si sería posible provocar la producción de la saliva en los perros con algún otro estímulo, que no fuera la llegada de sus amos ni el contacto de la comida con la lengua. Es decir: ¿podría el perro aprender y responder a un estímulo diferente? Con esa idea, diseñó un experimento que consistía en los siguientes pasos:

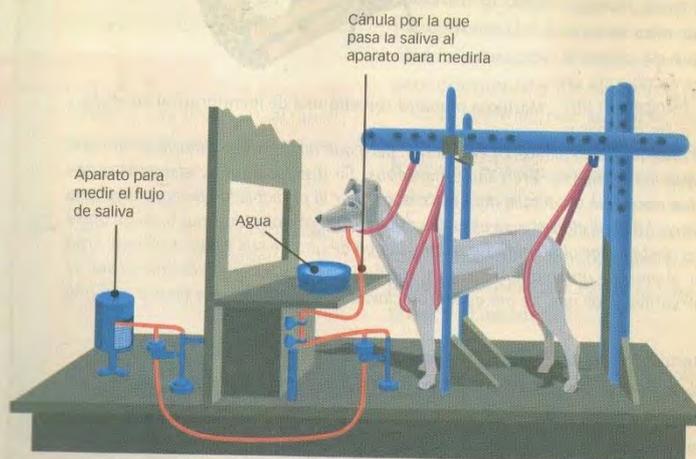
- 1.º **Acostumbrar al perro a la situación experimental.** Para lograrlo, se lo colocó durante varios días en una sala cerrada y atado con un arnés. También se le realizó una pequeña abertura en la quijada, cerca de las glándulas salivales, y se le colocó una cánula que conectaba esas glándulas a un recipiente.
- 2.º **Registrar la respuesta del perro ante la comida.** Midió la producción de saliva al darle de comer.
- 3.º **Exponer al perro a dos estímulos simultáneos durante varios días.** Pavlov pensó en tocar una campana (a este estímulo lo denominó "neutral") al mismo tiempo que le presentaba la comida al animal (a este estímulo lo denominó "incondicionado"). Luego de repetirlo durante varios días, midió la producción de saliva del perro en cada ocasión.



Pavlov obtuvo el Premio Nobel de Medicina en 1904 por sus investigaciones sobre el tubo digestivo y la acción de los jugos gástricos.

- 4.º **Exponer al perro únicamente al estímulo neutral.** Una vez transcurrido un tiempo de realizar el paso anterior, expuso al animal solo al sonido de la campana. Como resultado obtuvo producción de saliva, aun sin mostrarle la comida.

Por medio de esta experiencia, Pavlov demostró que una respuesta podía resultar de un estímulo diferente al natural. Como resultado, llamó "condicionadas" a las respuestas aprendidas, y las diferenció de las naturales, como producir saliva al comer, a las que llamó "incondicionadas". Concluyó entonces que en el animal podía producirse una asociación entre dos estímulos que antes no la tenían.



Representación del diseño experimental de Pavlov para comprobar la posibilidad de que se produjeran estímulos condicionados.

ACTIVIDADES

17. ¿Qué relación tiene este experimento con el modelo estímulo-procesamiento-respuesta? Identificá los órganos receptores y los efectores.
18. ¿Qué conocimiento aportó la investigación de Pavlov?
19. ¿Te parece que esta investigación pudo generar otros problemas científicos? ¿Cuáles?
20. Averiguá qué investigaciones en relación con el ser humano pudieron desprenderse a partir de esta.

Figura 9

Pág.20 de Ll. Cap.1

Actividades finales

24. Indicá las diferencias entre:

- a) Estímulo y respuesta.
- b) Receptor y efector.
- c) Respuesta vinculada con movimiento en animales y en plantas.
- d) Control endocrino y respuesta secretora.

25. Identificá, en cada caso, el o los estímulos y analizá el tipo de respuesta.



a) Cuando hace frío, los lagartos tienden a ocultarse y a paralizar toda actividad, para reducir al mínimo su consumo de energía.



b) Las lombrices de tierra huyen de la luz y buscan la humedad, ocultándose bajo la tierra.



c) Las medusas, al rozar a otro animal, disparan un filamento presente en algunas de sus células y a través de él inyectan un líquido urticante.



d) Los camaleones, ante la presencia de un predador, tienden a camuflarse, adquiriendo la misma tonalidad que el lugar donde se encuentran.

26. Las vacunas actúan de la siguiente manera: se inyectan en un organismo, por ejemplo, un ser humano, agentes patógenos que han sido tratados en el laboratorio y, por lo tanto, son prácticamente inofensivos. Sin que el microorganismo enferme al ser humano, se logra una respuesta del sistema inmunológico. Se estimula la producción de anticuerpos específicos que inmunizan contra esa enfermedad.

a) ¿Cómo se relaciona este tema con las interacciones entre los seres vivos y el medio?

b) ¿Qué componentes del organismo humano están involucrados? ¿Por qué?

27. El contenido de agua de una persona adulta equivale aproximadamente al 70% de su peso corporal. Es decir, en una persona que pesa 100 kg, 70 kg corresponden al peso del agua que contiene su cuerpo. Observá la información que aporta la ilustración y resolvé:



Ganancias:
Bebida: 1.200 ml
Comida: 1.000 ml
Actividad celular: 350 ml

Pérdidas:
Orina: 1.500 ml
Piel y pulmones: 900 ml
Materia fecal: 100 ml
Sudor: 50 ml

- a) ¿De qué maneras el cuerpo incorpora y elimina agua?
- b) ¿Qué conclusión podés sacar a partir de los valores de ganancias y pérdidas?
- c) Mencioná dos maneras en que el organismo podría compensar un aumento en la cantidad de agua eliminada en forma de sudor. Indicá con qué funciones del organismo se relaciona tu respuesta.
- d) Analizá la siguiente frase del científico Claude Bernard (1813-1878) y relacionala con el caso presentado: "Todos los mecanismos vivientes, tan variados como son, tienen un solo objeto: el de preservar constantes las condiciones de la vida en el medio interno".

Figura 10

Pág.27 de Ll. Cap.2



¡Qué honitos ojos tienes!

Conocido como "el señor de las abejas", el zoólogo austriaco Karl von Frisch estudió en detalle las abejas de la miel. Sus grandiosos trabajos a principios del siglo xx permitieron descubrir un mundo: cuando se suponía que solamente los seres humanos teníamos visión en colores, él demostró que las abejas también la tienen. Pero no termina todo acá. Se sabe que la luz está formada por diferentes longitudes de onda. Algunas de ellas son detectadas por nuestros ojos y, por eso, vemos determinados colores. Pero no sucede así con otras, como la infrarroja o la ultravioleta, a las cuales no podemos percibir. Unos años después de que Von Frisch informara acerca de la visión en colores de las abejas, otro científico, llamado Khün, descubrió que las abejas eran capaces de detectar y ver la luz ultravioleta. ¿Qué tal?

LO QUE SABÉS

1. Si tanto las abejas como los seres humanos poseen ojos, ¿cómo explicás que vean cosas diferentes?
2. Si un águila real con un solo ojo intenta cazar a su presa, lo más probable es que se golpee contra el suelo. ¿Cómo podrías explicarlo?
3. Existen seres vivos, como las plantas y algunos animales (como ciertas especies de lombrices), que no poseen ojos. ¿Significa que no ven? Proponé una explicación para tu respuesta.
4. Los seres vivos requieren la captación de información del entorno. ¿De qué manera lo hacen? Mencionalá algunos ejemplos.

27

Las cataratas que no dejan ver

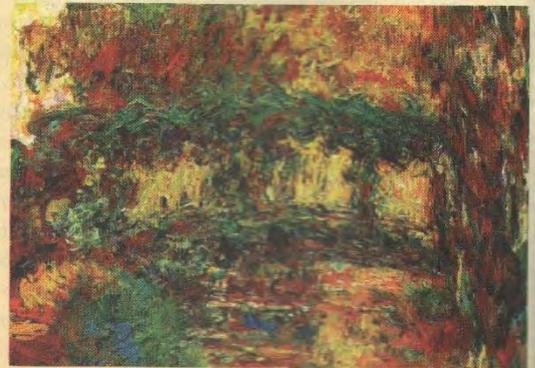
Claude Monet se mudó a Giverny en 1883, donde empezó a cultivar todas las variedades existentes de nenúfares –entre ellos, nenúfares blancos o “lunas de agua” que inspiraron su famosa serie *Nenúfares* de 1914 a 1926– en un “jardín de agua” atravesado por un “puente japonés”. Tras el armisticio del 11 de noviembre de 1918 escribió a su amigo Georges Clemenceau, entonces primer ministro: ‘Estoy a punto de acabar dos paneles decorativos que me gustaría firmar el día de la victoria y regalárselos al Estado. Es poco, pero es la única forma que tengo de participar en la alegría colectiva.’

Clemenceau visitó Giverny y propuso a Monet instalar sus *Nenúfares* en la Orangerie de las Tullerías, a orillas del Sena, un lugar privilegiado para este pintor que veneró la Naturaleza durante toda su vida. Monet quería regalar a Francia un conjunto decorativo de ocho composiciones murales inmensas que tenía previsto instalar en dos salas de forma elíptica bañadas con luz natural. Sobre 22 paneles de dos metros de alto y cerca de cien metros de largo se desarrollaría un paisaje de agua jalonado de nenúfares, ramas y sauces, reflejos de árboles y nubes, que darían al visitante ‘la impresión de mirar un todo sin fin, una onda sin horizonte ni orilla’.

Monet, que por entonces ya se había hecho construir un nuevo taller en Giverny, trabajó sin descanso para terminar su regalo histórico a Francia. Pero en 1912, con 72 años de edad, empezó a sentir los primeros ataques de cataratas, y se dio cuenta de que había perdido la visión del ojo derecho. Un especialista diagnosticó una catarata bilateral, más pronunciada en el ojo derecho que en el izquierdo –un drama para este enamorado de la luz y del color–. Monet rechazó la operación, como le aconsejaba su amigo Clemenceau, temiendo que la intervención lo dejara ciego o alterara su percepción de los colores. Solo en 1923, cuando su ojo izquierdo estaba tan débil que apenas podía leer y escribir, aceptó la operación, que resultó todo un éxito. Así, logró terminar su serie de *Nenúfares*, a la que dedicó los últimos veinte años de su vida, pero nunca llegó a ver su museo, un lugar mágico que el pintor André Masson llamaría ‘la Capilla Sextina del Impresionismo’ y que fue inaugurada en mayo de 1927, pocos meses después de la muerte de Monet, el 5 de diciembre de 1926 [...].’

Canetti, Claudine.

‘Monet, el ojo impresionista: cómo Monet ganó la batalla contra las cataratas’. En http://www.diplomatie.gouv.fr/es/article_imprim.php?id_article=6777. Enero 2009. [Consultado en noviembre de 2009].



Claude Monet pintó el puente japonés del jardín de su casa en Giverny, cerca de París, en 1899. La misma escena, captada de nuevo entre 1918 y 1924, revela alteraciones en su visión.

ACTIVIDADES

14. ¿Cuál es el contexto en el que se desarrolla esta etapa de la vida de Monet? Averiguá, por ejemplo, dónde queda Giverny y de qué armisticio se habla.
15. ¿Qué pretendía pintar Monet y qué se interpuso al momento de realizar sus obras?
16. ¿Cuáles son las diferencias que se aprecian en ambos cuadros y que ponen en evidencia sus dificultades de visión?
17. Las cataratas se generan cuando ciertos pigmentos se acumulan en el cristalino y forman un conglomerado, lo que origina una mancha borrosa en el campo de visión. Teniendo en cuenta tu respuesta anterior y sabiendo que durante las últimas etapas de su vida solo distinguía luces y sombras, proponé una explicación a los cambios de percepción observados en Monet. Podés buscar más información.

Figura 12

Pág. 39 de LI. Cap. 2

¡Qué rica forma!

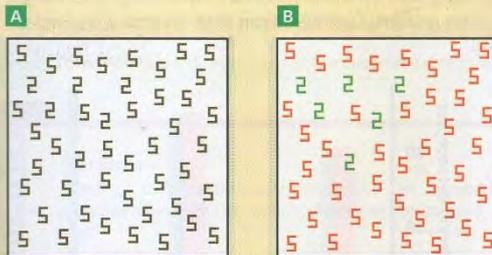
“Cuando Matias Blázquez prepara hamburguesas con sus manos, experimenta un intenso sabor amargo. Esmeralda Juárez percibe su entorno de un color azulado si escucha un ‘do’ al piano: el resto de las notas le evocan distintos colores. Las teclas de su piano están codificadas mediante colores para que, aprovechando su peculiar facultad, progrese en la ejecución de piezas musicales. Ante números impresos en negro, Colomán Arteche los ve de diferentes colores. Blázquez, Juárez y Arteche pertenecen al reducido número de personas que padecen de **sinestesia**. Experimentan la vida cotidiana y parecen habitar en un mundo misterioso, a medio camino entre la fantasía y la realidad. La ciencia se acercó por primera vez a la sinestesia en 1880, año en que Francis Galton, primo de Charles Darwin, publicó un artículo sobre esta en la revista *Nature*. Pero quienes se siguieron ocupando del fenómeno, la minusvaloraban por considerarla una impostura o resultado del abuso de drogas; a lo sumo, se trataría de una rareza singular.

Desde hace unos seis años, sin embargo, nuestro grupo comenzó a investigar este fenómeno [...]. A tenor de la explicación al uso, las personas sinestésicas se limitan a recordar y asociar experiencias vividas en la infancia. En coherencia con ello, un individuo que al observar el número cinco lo ve de color rojo cuando es negro, habría jugado de niño con figuras imantadas, entre las que habría un cinco de color rojo y un seis de color verde, por ejemplo. Pero tal hipótesis no explica por qué solo algunas personas retienen en su memoria recuerdos sensoriales tan intensos. Se puede pensar en la sensación de frío cuando se observa una fotografía de un cubito de hielo, pero no se sentirá frío, cualesquiera que hayan sido las vivencias relacionadas con la nieve y el frío experimentadas durante la adolescencia. Para otros, los sinestésicos emplean un lenguaje metafórico, cuando hablan de una nota do ‘roja’ o del sabor ‘puntiagudo’ del pollo, del mismo modo que las personas normales califican un queso como ‘fuerte’ o dicen que un vestido es ‘chillón’. Nuestro lenguaje ordinario está plagado de metáforas relacionadas con los sentidos. Los sinestésicos estarían especialmente dotados para ellos.

[...] Para determinar si una experiencia guarda relación directa con la percepción, la psicología emplea el test de segregación... ¿Qué ocurriría si mostráramos la representación de números impresos en negro a un grupo de sinestésicos que percibiesen los cinco de color rojo y los dos (2) de color verde? Distribuímos los dos (2) de suerte tal que, en el cuadro de números, dibujaran un triángulo [...].

Ramachandran, Vilayanur S. y Hubbard, Edward M.

“Escuchar colores, saborear formas”, en *Temas de Investigación y Ciencia* 39. *Los cinco sentidos*. 1.º trimestre 2005.



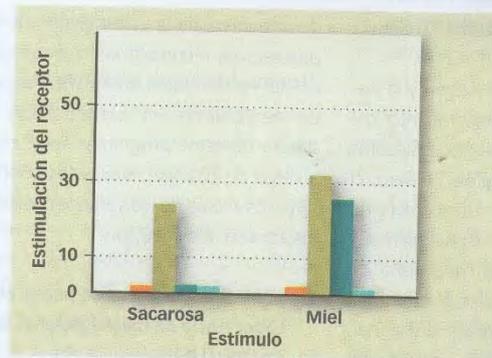
Ensayo para analizar la capacidad de segregación visual en personas con sinestesia: **A**. Tarjeta que se mostró a los sinestésicos. **B**. Así perciben la tarjeta el 90% de los sinestésicos.

ACTIVIDADES

18. ¿Por qué el título del artículo es “¡Qué rica forma!”?
19. ¿Cuáles son las hipótesis que se formularon en relación con este fenómeno?
20. ¿En qué consiste el ensayo de segregación visual propuesto por este equipo de investigación? ¿Qué se tuvo en cuenta en relación con la percepción de los sinestésicos al momento de preparar las tarjetas empeladas en la experiencia?
21. ¿Cuál es la hipótesis planteada por estos investigadores en relación con el fenómeno de sinestesia? ¿Te parece que los resultados de la experiencia rechazan las hipótesis anteriores? Explicá.
22. ¿De qué manera podría explicarse la sinestesia? Conversalo con un compañero.

Figura 13

Pág.41 de Ll. Cap.2



27. Tanto las aves como los seres humanos pertenecen al grupo de los vertebrados. Sin embargo, nosotros contamos con miles de papilas gustativas en la lengua, mientras que las aves poseen menos de cien. ¿Qué información acerca del sentido del gusto te aporta este dato?
- ¿Qué representa cada uno de los colores de las barras y cómo se relaciona con las estructuras especializadas de los insectos? Pista: revisa la página 32.
 - ¿Cuáles son los estímulos químicos estudiados? ¿En qué eje del gráfico se informa este dato?
 - Asigne a cada estímulo su valor aproximado de estimulación y mencione a qué quimiorreceptor (color) corresponde.
 - ¿Qué ocurre con el quimiorreceptor representado con naranja? Proponga una explicación.
 - ¿Por qué puede decirse que cada receptor es más sensible a una clase particular de estímulo químico?

28. Leé el siguiente texto y responde.

Hacia finales del siglo XVIII, el naturalista italiano Lazzaro Spallanzani descubrió que los murciélagos volaban y se orientaban detectando el eco que se producía por el batido de sus alas. También explicó que podían localizar a sus presas guiándose por el zumbido producido por el batido de las alas de los insectos. Sin embargo, sus conclusiones no fueron aceptadas.



Luego de la tragedia del Titanic, en 1912, se propuso la construcción de algún instrumento que detectara objetos en el mar tal como estos animales lo hacían en la oscuridad. A estos instrumentos se los denomina **sonares**.

En 1938, dos estudiantes de la Universidad de Harvard, con un equipo de reciente fabricación, determinaron que estos mamíferos, los murciélagos, emiten gritos ultrasónicos y usan el eco para "ver en la oscuridad". A este fenómeno de orientación mediante señales auditivas se lo llama **ecolocación** y es posible encontrarlo no solo en algunas especies de murciélagos, sino que también lo presentan algunos cetáceos como los delfines y las ballenas y unas pocas aves. Como dijimos antes, a través de la ecolocación, el animal emite vibraciones de alta frecuencia que rebotan sobre distintas superficies y producen eco. Así, el murciélago puede detectar la dirección, la distancia, el tamaño, la velocidad, la posición y la textura de los objetos de su entorno.

- ¿En qué consiste la ecolocación?
- Muchos organismos acuáticos pueden orientarse en relación con los estímulos de vibración. Algunos insectos que nadan sobre la superficie del agua y muchos peces y anfibios perciben las reflexiones iniciadas por sus movimientos de natación, los cuales han rebotado en objetos cercanos. ¿En qué se parece y en qué se diferencia el mecanismo de orientación de insectos, peces y anfibios del que poseen los murciélagos? Explícalo.

NO TE LO PIERDAS

■ Libros

Carthy, J. D. "Los estímulos y los sentidos". En: *La conducta de los animales*. Tomo 13. Madrid, Ediciones Salvat, 1969, pp. 25-48.

Se trata de un capítulo destinado a los sentidos en todos los animales, de manera que amplía y profundiza lo trabajado en este capítulo. También podrá ser útil para el capítulo siguiente.

■ Internet

<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111108.html>
Hugues, B.; Navaroli, F.; Torres, M. y Soto, C.J. "La visión cromática en los animales". En: *Revista Electrónica de Veterinaria (REDVET)*. Vol. IX, N.º 11, noviembre de 2008.

Se trata de un interesante artículo divulgativo que pretende ofrecer información actualizada acerca de la visión en colores de los animales.

Figura 14

Pág.47 de Ll. Cap.3



Respuestas de las abejas...

¡Uno para todos y todos para uno!

Si se colocan sobre la mesa hojas de papel y sobre ellas se deja caer unas gotitas de miel, tras algunas horas, o a veces al cabo de días, llegará una abeja que pasa casualmente, atraída por el olor de la miel y descubrirá ese tesoro. Unos minutos más tarde otras abejas habrán llegado a servirse el banquete, y algunas horas después podrá haber centenares de ellas sobre la mesa". Este es un pequeño fragmento que puede leerse en el libro Karl von Frisch. El señor de las abejas, de Fedro Carlos Guillén. Quizás lo que más llama la atención de esta escena es el hecho de que la gran mayoría de las abejas provienen de la colmena de la primera abeja visitante. Este hecho es tan solo una pequeña muestra de las numerosas investigaciones realizadas por el alemán Von Frisch. A ellas también se sumaron otros dos científicos: el austriaco Konrad Lorenz y el neerlandés Niko Tinbergen. Por sus aportes al estudio del comportamiento animal, los tres científicos fueron galardonados, en 1973, con el Premio Nobel de Medicina, la máxima condecoración que un investigador puede recibir.

LO QUE SABÉS

1. ¿Cómo explicarías que todas las abejas que aparecieron en la hoja de papel con gotitas de miel provenían de la misma colmena?
2. Según lo estudiado en el capítulo anterior, las abejas perciben el color de las flores de manera diferente de como lo hacemos nosotros. ¿Cuál será la ventaja adaptativa?
3. Aunque pueden hacerlo de diferentes maneras, todas las aves construyen un nido. ¿Cómo es que "saben" hacerlo?
4. ¿Qué le sucede a una planta si se la ilumina lateralmente con luz solar? ¿Y si se ilumina con luz roja o luz azul?

© Camilliano S.A. Prohibida su fotocopia. Ley 17.331

47

Figura 15

Pág. 50 de Ll. Cap. 3

Fototropismo y heliotropismo

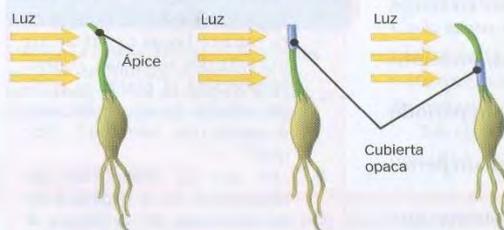
La capacidad de movimiento de las plantas (*The power of Movement in Plants*) es el nombre del libro publicado en 1880 por Charles Darwin y su hijo Francis. Padre e hijo estaban intrigados por un fenómeno muy cotidiano, que se relaciona con las respuestas de las plantas en presencia de un estímulo lumínico lateral. Esta respuesta es el **fototropismo**.

Observá las ilustraciones de esta página. Los Darwin llevaron adelante algunos sencillos experimentos cubriendo diferentes secciones del tallo de plántulas de gramíneas (plantas herbáceas). Realizaron observaciones sobre la curvatura del tallo hacia la luz y analizaron qué sucedía en cada caso. Demostraron que los ápices son las partes de las plantas responsables de la captación del estímulo luminoso, pero que la respuesta de curvatura ocurre más abajo.

En la actualidad, se sabe que en las respuestas fototrópicas intervienen fotorreceptores específicos, las **fototropinas**, unas proteínas sensibles a longitudes de onda que se corresponden con la luz azul. Como la respuesta de crecimiento implica la curvatura de una parte de la planta en el mismo sentido que el estímulo, se denomina "fototropismo positivo".

Las hojas y las flores de algunas plantas, como el girasol, siguen el movimiento del sol en el transcurso del día en algún momento de su ciclo de vida. A esta respuesta orientada a la luz se la conoce vulgarmente como "giro al sol" o, técnicamente, **heliotropismo**. Existen dos tipos de heliotropismos:

- ▶ **Diaheliotropismo:** el movimiento de las hojas es tal que siempre permanecen perpendiculares a los rayos del sol.
- ▶ **Paraheliotropismo:** las hojas siempre se orientan paralelamente a los rayos del sol.



Si se cubren diferentes secciones del tallo puede estudiarse la respuesta fototrópica de las plantas.

Las respuestas de las hojas de orientación al sol también se relacionan con la estimulación de las fototropinas sensibles a la luz azul.

Nictinastia

¿Escuchaste hablar de la planta rayito de sol? Se caracteriza por abrir sus flores durante la mañana y cerrarlas cuando llega la tarde.

Algunas plantas, como el trébol, despliegan sus hojas al sol y las pliegan durante la noche. A estas respuestas lumínicas se las denomina **nictinastias** ("cierre de noche").

En ambos casos, las plantas responden a cambio de luminosidad y no importa la procedencia del estímulo lumínico. Por eso, son consideradas ejemplos de nictinastias. Sin embargo, difieren un poco respecto del estímulo desencadenante: en el primer caso, se debe a la detección de la transición oscuridad/luz, mientras que en el segundo, a la transición luz/oscuridad. Como se guro notaste, estas respuestas a la luz son mucho más rápidas en comparación con los tropismos.



La planta del poroto (A) y los tréboles (B) muestran una respuesta de movimiento que no depende de la dirección de procedencia del estímulo lumínico. En ambos casos, la detección de la transición oscuridad/luz o luz/oscuridad depende del fotoperíodo.

Figura 16

Pág.51 de L1. Cap.3

Respuestas de las plantas a los estímulos mecánicos

Como recordarás, las plantas vasculares son aquellas que presentan un sistema de conducción. Además de permitir el transporte de sustancias, el tallo les proporciona sostén. Sin embargo, las plantas vasculares epífitas viven sobre otras a través de las cuales trepan. Dentro de este grupo están las plantas trepadoras que germinan en el suelo y ascienden sosteniéndose de los troncos o de cualquier objeto que se les presente. Muchas de ellas cuentan con zarcillos, o con mecanismos especializados que responden ante estímulos mecánicos, como los movimientos de circunmutación.

- ▶ **Zarcillos:** son tallos u hojas modificadas como si fuesen un aparato prensil. Cuando el zarcillo capta el estímulo mecánico, responde enrollándose alrededor del objeto.
- ▶ **Movimientos de circunmutación:** los pecíolos de las hojas y los tallos se enrollan en forma helicoidal alrededor del objeto detectado.

En estos casos, la respuesta de crecimiento está orientada por el estímulo, el contacto con un objeto sólido, y hablamos de **tigmotropismo**.

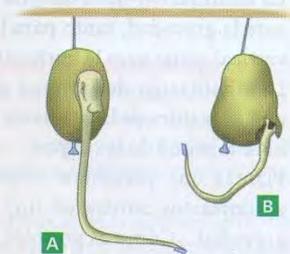
Las partes aéreas de la planta no son las únicas que presentan este tipo de respuesta. Charles y Francis Darwin observaron raíces mientras penetraban el suelo y se topaban con un obstáculo. A través de sencillos experimentos, demostraron que la caliptra (cobertura que rodea el ápice de la raíz) es el sitio encargado de captar el estímulo mecánico (como veremos más adelante) y que, además, las raíces estimuladas por el contacto físico ignoran el estímulo de la gravedad; en lugar de crecer a favor de ella, se mueven alejándose.

Otras plantas, como *Mimosa pudica*, también presentan respuestas de este tipo. Se trata de una planta formada por hojas compuestas divididas en segmentos, los folíolos. Cuando es rozada por algún objeto o animal, algunas de sus células liberan agua, lo que provoca que las hojas se cierren. Según la especie de planta y la intensidad del estímulo, pueden estimularse una o todas sus hojas. En el caso de la mimosa, la sola estimulación de un folíolo se transmite a toda la planta. Estas respuestas rápidas se conocen como **sismonastias**. Existen al menos dos hipótesis que pretenden explicar la ventaja adaptativa que podría representar, para la mimosa, contar con este tipo de respuesta:

- ▶ **Hipótesis hídrica:** sostiene que le otorga beneficios hídricos, ya que esta planta es característica de climas áridos, de vientos muy secos y fuertes. Así, evitaría la pérdida de agua.
- ▶ **Hipótesis defensiva:** sostiene que se debe a la respuesta al ataque de insectos herbívoros, que la encuentran mucho menos apetecible cuando se encuentra plegada.



Ante el contacto físico con algún objeto, algunas plantas responden con un movimiento de circunmutación.



Experiencias de Darwin con semillas de arveja a las que les colocaba cuadrados de papel pegados con goma laca a los costados del ápice, de manera tal que actuaran como estímulos mecánicos: en 24 horas, las raíces giraban 90° (A) o se dirigían hacia arriba (B).

ACTIVIDADES

10. En el Parque Nacional Iguazú se recolectaron plantas epífitas que suman dieciséis especies, mientras que en otros parques nacionales se encuentran muchas menos. ¿Qué ventaja adaptativa supone contar con respuestas tigmotropicas en este ambiente?

Figura 17

Pág.55 de L1. Cap.3

La orientación

El escorpión del desierto coloca sus ocho patas en contacto con la arena para detectar la ubicación precisa de algún artrópodo, su fuente de alimento (incluidos ejemplares de su misma especie). La pata más próxima a su presa es la primera en detectar las vibraciones, y unos segundos más tarde, el resto de ellas. La integración de toda esta información le permite responder orientándose y acercándose al alimento.

Otro ejemplo de orientación es el de los murciélagos, que capturan insectos en tres etapas:

1. Fase de cruceo: ocurre durante el vuelo y consiste en la emisión de sonidos algo espaciados, que van desde los 100.000 hasta los 20.000 Hz (hercios).
2. Fase de detección: se inicia cuando detecta, por eco, una posible presa, por ejemplo, un insecto, y responde emitiendo ultrasonidos a intervalos más cortos y entre la misma banda de frecuencias.
3. Fase de captura: el murciélago emite constantes zumbidos dentro de una banda de sonidos más acotada hasta atrapar a su presa. Cuando está cerca, lo atrapa empleando sus alas o las membranas de sus extremidades posteriores y luego lo dirige hasta la boca.

Veamos otro ejemplo. Como te contamos anteriormente, Karl von Frisch descubrió que las abejas pueden orientarse utilizando la posición del sol en el cielo, incluso durante un día nublado. Además, se fascinó al observar que la mayoría de las abejas que se acercaban a la hoja con miel provenían de la colmena de la primera abeja visitante. Esto es posible gracias a las propiedades de sus ojos compuestos. De esta manera, pueden guiarse al regresar a la colmena e indicarles a sus compañeras la ubicación precisa de una fuente de alimento.

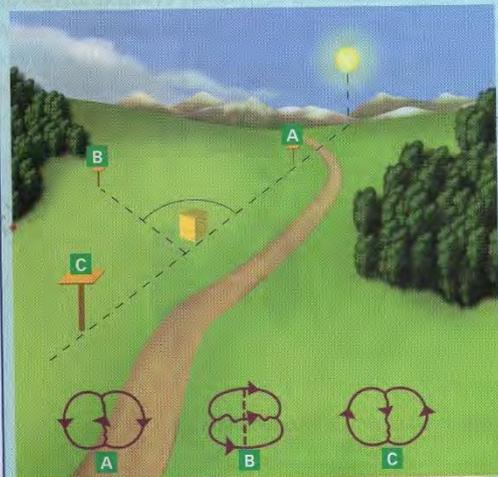
ACTIVIDADES

20. Si bien desde hace mucho tiempo los apicultores habían notado este comportamiento en las abejas, no fue sino hasta el siglo xx cuando Von Frisch lo describió en detalle. ¿Qué hizo diferente Von Frisch que le permitió una explicación detallada de este fenómeno? Conversalo con un compañero y relaciónenlo con el proceso de investigación científica.

EL DETALLE

¿Las abejas bailan?

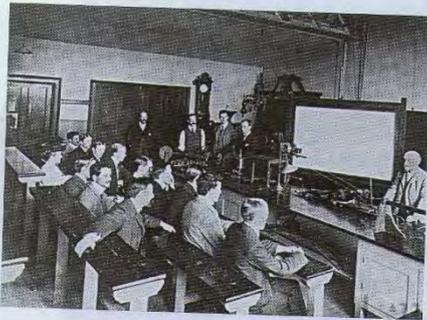
Estos insectos poseen un notable sentido de orientación, que les permite codificar la información acerca de la localización de una fuente de alimento en relación con la colmena. A su vez, indican a sus compañeras la dirección respecto de la posición del sol. Desde hace muchos años, los apicultores observaron que las abejas, al regresar a la colmena cargadas de alimento, realizan una serie de movimientos rítmicos que se conoce como la "danza de las abejas". El mensaje que transmite la abeja exploradora al resto de sus compañeras se realiza en las paredes verticales de los paneles de la colmena. Dependiendo de la ubicación y la distancia a la fuente de alimentación, las danzas pueden ser en círculos (distancias cortas, de menos de cien metros) o semicírculos (distancias largas, superiores a cien metros). La intensidad y la duración de la danza proporcionan información acerca de la abundancia de alimento en la fuente detectada. El olor impregnado en su cuerpo indica qué tipo de néctar o polen deben buscar.



Esquemización del experimento de Von Frisch para estudiar el comportamiento de las abejas. Él observó diferentes danzas en semicírculos para la ubicación del alimento en tres posiciones estratégicas (A, B y C). En el centro del paisaje está ubicada la colmena.



Ernest Starling.



William Bayliss realizando la denervación del páncreas en un perro. Los estudios de estos y otros fisiólogos generaron una importante controversia en relación con el uso de animales en las investigaciones científicas.

Los mensajeros químicos

Como viste en capítulos anteriores, una propiedad de los seres vivos es la homeostasis, es decir, el mantenimiento de sus condiciones internas relativamente estables. Esto requiere la coordinación de la información proveniente tanto del exterior como de las actividades internas del organismo, para generar las respuestas adecuadas en el momento preciso. Esta comunicación se produce fundamentalmente a través de señales químicas que “disparan” una serie de reacciones, capaces de originar respuestas en las células donde actúan. Como ya sabés, algunos de esos mensajeros químicos se transmiten a través de las neuronas, pero no son los únicos. Otros mensajes “viajan” a través de la sangre. ¿De qué manera? Para comenzar, veamos cómo y cuándo se identificaron esos mensajeros.

El concepto de “hormona”

A comienzos del siglo xx, los fisiólogos ingleses William Bayliss y Ernest Starling investigaban el funcionamiento del páncreas y su acción en la digestión. Habían observado que ese pequeño órgano ubicado detrás del estómago descargaba sus jugos en el momento en que los alimentos ingresaban en el intestino delgado desde el estómago. Los científicos estaban intrigados por la coordinación de esos eventos. ¿Cómo era que el páncreas liberaba su contenido en el momento “justo”? ¿De qué manera recibía la información? Por aquellos años se creía que el “responsable” era el sistema nervioso, ya que era el único medio de comunicación interna conocido. Esas ideas se debían, en parte, a lo postulado por el ruso Ivan Pavlov, cuyo experimento sobre reflejos condicionados leíste en el capítulo 1. Él explicaba la secreción del jugo gástrico en un perro al poner en su boca un trozo de carne, por la acción del nervio denominado “vago”. En el caso de la producción de jugos pancreáticos, se pensaba que probablemente el ingreso de los alimentos en el intestino delgado estimulaba ciertas terminaciones nerviosas, las que retransmitían el mensaje al páncreas por medio del cerebro o de la médula.

Para probar esa teoría, Bayliss y Starling denervaron el páncreas en un perro, es decir, cortaron todos los nervios que llegaban a ese órgano. Para su sorpresa, observaron que seguía secretando su jugo en el momento oportuno. Continuaron investigando en busca de otro sistema de comunicación y finalmente lograron identificar una sustancia que al ser inyectada en la sangre estimulaba la secreción de jugos en el páncreas denervado de un animal, aunque este no estuviera comiendo. Concluyeron entonces que, en condiciones normales, el ingreso de los alimentos estimulaba la mucosa o cubierta interna del intestino, la cual secretaba una sustancia que “viajaba” por la sangre hasta el páncreas, y desencadenaba la liberación de sus jugos digestivos. Bayliss y Starling dieron a dicha sustancia el nombre de **secretina**, y plantearon que esos mensajeros químicos podían actuar “a distancia” sobre otros órganos. Los llamaron **hormonas** en alusión a una palabra griega que significa “excitar a la actividad”. Hoy se sabe que la hormona secretina es una pequeña molécula de proteína.

Figura 19

Pág.133 de Ll. Cap.7

Las hormonas en la historia

La palabra “hormona” comenzó a utilizarse en 1902, pero ¿hubo indicios de sus efectos en épocas anteriores? Para revisar un poco la historia, comencemos diciendo que la **endocrinología** es la especialidad de la medicina que se ocupa de las hormonas o humores, término que sí fue utilizado en la Antigüedad. Veamos un poco a qué se referían los antiguos médicos y en qué contexto se gestaron sus ideas.

Los egipcios planteaban que en el cuerpo humano había un sistema de vasos que conectaban todas las partes del organismo y transportaban líquidos como la sangre, el esperma y la orina, o sólidos como los excrementos. En la antigua Grecia, Hipócrates, autor de una especie de “enciclopedia médica”, postulaba que las enfermedades son el resultado de un desequilibrio entre los humores líquidos del cuerpo. ¿Cuáles eran? Según este importante médico que vivió en el siglo V a.C., eran la sangre, la flema, la bilis amarilla o cólera y la bilis negra o melancolía. Surgió entonces la idea de que los humores eran los elementos activos que contenía el cuerpo: la sangre podía verse en las heridas, la flema en los resfríos o catarros, la bilis negra en los excrementos y la bilis amarilla en los vómitos. Esos humores se relacionaban con las estaciones del año, como el exceso de flema que se consideraba responsable de las enfermedades pulmonares, o la diarrea, ambas afecciones vinculadas al invierno. También se planteaba la relación de esos líquidos internos con los temperamentos. ¿De qué manera? El melancólico, por ejemplo, estaba asociado a la bilis negra, de ahí su nombre. ¿Cuándo



Hipócrates (izquierda) y Galeno, las dos figuras médicas más importantes de la Antigüedad.

era considerada sana una persona? Cuando poseía una buena “mezcla” de humores, ya que eso representaba la armonía. Incluso existía un concepto llamado *consensus partium* que establecía que los órganos debían tener una cooperación armoniosa entre sí para que el estado de salud fuera “justo, fuerte, equilibrado y bello”.

En el Imperio Romano, diversos médicos plantearon cuestiones interesantes en relación con las hormonas y sus efectos. Sorano de Efeso, quien vivió en el siglo II d.C., es recordado por ser autor de un libro acerca de las enfermedades femeninas, y se lo considera el gran “ginecólogo de la Antigüedad”. Si bien solo se conserva una parte de su obra, se han hallado textos que mencionan brevemente la anatomía de los genitales femeninos. Allí se habla de la menstruación, el embarazo, el parto y la asistencia al recién nacido. Por su parte, el famoso Galeno, quien habitó en Europa entre los años 129 y 216 de nuestra era y fue médico de distintos emperadores romanos, sostuvo, al igual que su antecesor Hipócrates, la idea del equilibrio entre la sangre y los distintos humores como requerimientos de un estado saludable. Aunque esas concepciones prevalecieron durante siglos, hasta bien entrada la Edad Media, no existía la idea de que hubiera humores especiales transportados por la sangre, ya que el concepto de circulación sanguínea sería planteado recién en 1628 por William Harvey.



Representación del carácter en relación con la teoría de los cuatro humores: colérico, melancólico, flemático y sanguíneo.

Figura 20

Pág.134 de LI. Cap.7

Las investigaciones en los siglos XIX y XX

El gran naturalista Aristóteles había descrito, en el siglo IV a.C., las consecuencias de la castración (extirpación de los testículos) en la conducta de los gallos, pero pasaron más de 2.000 años hasta que el médico alemán Arnold Adolph Berthold corroboró las ideas del antiguo griego. Mediante los experimentos realizados en 1849, comprobó que los testículos secretaban cierta sustancia fundamental para mantener los caracteres sexuales de los gallos y su comportamiento social, que se veía modificado en los animales castrados. La reimplantación de los testículos en diferentes partes del cuerpo del animal, sin restablecer las conexiones nerviosas, restituía los caracteres sexuales perdidos, tales como el tamaño de la cresta, el canto y la conducta agresiva. Ya los antiguos médicos habían utilizado la "organoterapia", porque creían que un órgano enfermo podía ser curado mediante la ingesta del mismo órgano sano. Y en el siglo XVI, Paracelso aseguraba que la mejor cura para un órgano enfermo era la administración o el implante de un órgano similar.

Un año después de las experiencias de Berthold, el médico británico Thomas Addison confirmó la relación existente entre una lesión en las glándulas suprarrenales (ubicadas encima de cada riñón) y la enfermedad que lleva su nombre. Previamente, ciertos experimentos habían demostrado que la inyección de un extracto de esas glándulas podía aumentar la presión sanguínea. En 1901, el químico japonés Jokichi Takamine identificó y purificó la sustancia responsable y la denominó **adrenalina**, y en 1902, Bayliss y Starling presentaron en sociedad a su secretina. Muchos otros estudios se realizaron antes y después del "hallazgo" de esta primera hormona. Los endocrinólogos pioneros sostenían que cada glándula producía su propio mensajero químico con un determinado efecto. Las nuevas investigaciones fueron ampliando el conocimiento acerca de la interrelación entre las glándulas, y las consecuencias de la deficiencia o el exceso de las hormonas que producen.

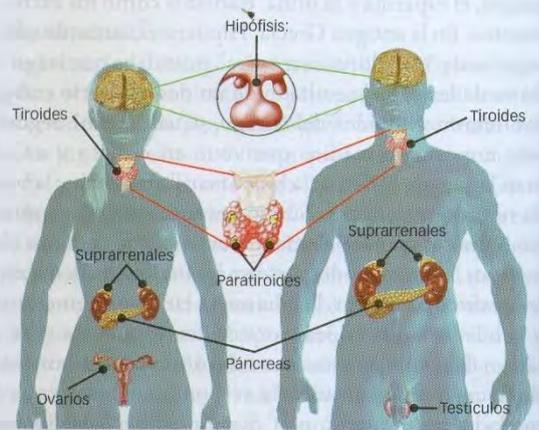
ACTIVIDADES

- ¿Qué relación podría establecerse entre el concepto de *consensus partium* y la "organoterapia"?
- ¿En qué se parecen y en qué se diferencian los experimentos de Berthold y los de Starling y Bayliss?

Las glándulas endocrinas

Las hormonas son sustancias producidas en órganos llamados glándulas **endocrinas**, que se denominan así debido a que sus secreciones son liberadas "dentro" del cuerpo. Están formadas por grupos de células productoras de hormonas, y rodeadas por una red de capilares sanguíneos hacia donde se vuelca su contenido, que se distribuye a través de la sangre por todo el organismo.

Existen otras glándulas que no producen hormonas, como las lacrimales o las sudoríparas, cuyas secreciones se liberan fuera del organismo o en una cavidad interior, y se denominan **exocrinas**.



Las únicas glándulas endocrinas que difieren entre varones y mujeres son las gónadas o glándulas sexuales: ovarios y testículos.

EL DETALLE

¿Se acumulan las secreciones glandulares?

Las células que producen secreciones, en general, están polarizadas, es decir, sintetizan sustancias en una parte de la célula y las liberan por otra. La mayoría de las sustancias que salen de la célula lo hacen en vesículas rodeadas por membrana, tal como se explicó en el capítulo 5 con los neurotransmisores. ¿Y cuánto tiempo se almacenan estas secreciones en las glándulas? Depende. La mayoría, hasta que se provoca su liberación por un estímulo, que puede ser otra hormona o un neurotransmisor. Una vez en la sangre, circulan en ella hasta que ejercen su acción o son degradadas. Otras sustancias no son empaquetadas, y salen de las células secretoras pasados unos minutos de su síntesis.

Figura 21

Pág.137 de L1. Cap.7

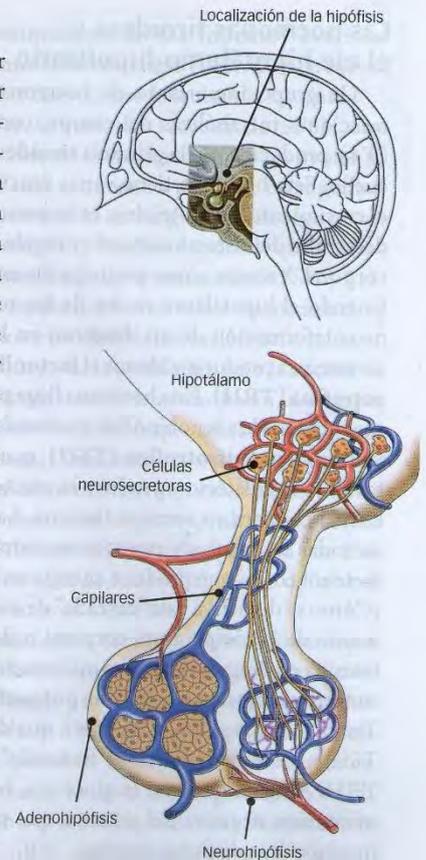
La diabetes

¿Conocés a alguna persona diabética? Tal vez sepas que debe consumir alimentos con pocos hidratos de carbono, como azúcares o harinas. ¿Por qué? La **diabetes mellitus** es una enfermedad caracterizada por la falta total o parcial de acción de la insulina. En la diabetes **tipo 1** no hay producción de insulina, y en la **tipo 2**, el problema es la falla en los receptores para dicha hormona. Es decir, hay insulina circulante, pero no puede ingresar en las células y se produce hiperglucemia, glucosuria y una disminución en la capacidad de producir grasas y proteínas, porque el organismo las degrada para obtener energía. Debido a que la insulina estimula la formación de grasa por el tejido adiposo, al faltar esta hormona, las partículas de grasa se acumulan en la sangre y forman **cuerpos cetónicos**, que pueden interferir o alterar la función del hígado. Todos estos cambios en el metabolismo de las grasas, de los hidratos de carbono y de las proteínas producen distintas complicaciones. Las grasas circulantes pueden depositarse en los vasos sanguíneos y causar hipertensión y enfermedades cardíacas. Si se trata de vasos pequeños, pueden provocar ceguera, cataratas e insuficiencia renal y, en general, una disminución en la esperanza de vida. Para saber más sobre la diabetes podés leer “La Posta” al final de este capítulo.

El eje hipotálamo-hipofisario

Para comprender mejor el funcionamiento de otras glándulas endocrinas y la acción de sus hormonas, es preciso conocer algunos detalles anatómicos. La **hipófisis** o **pituitaria** es una pequeña glándula del tamaño de un poroto, ubicada en la base del encéfalo. En ella pueden identificarse tres partes o lóbulos. El lóbulo anterior, o **adenohipófisis**, el lóbulo posterior o **neurohipófisis** y una parte que los conecta, el lóbulo intermedio, muy pequeño en los seres humanos. La hipófisis produce y libera una gran cantidad de hormonas. Algunas de ellas estimulan a otras glándulas que, a su vez, producen sus propias hormonas y controlan una gran variedad de funciones. Así, directa o indirectamente, la hipófisis tiene influencia sobre la mayoría de las actividades del organismo, razón por la cual se la denomina glándula “maestra o rectora”.

Las secreciones de la hipófisis están controladas, a su vez, por el **hipotálamo**, un importante centro de control de la homeostasis ubicado en el cerebro. El hipotálamo está formado por **células neurosecretoras**, grupos de neuronas especializadas que producen diversas hormonas, las almacenan y las liberan cuando reciben un estímulo. ¿Adónde van esas secreciones? A un grupo de capilares sanguíneos que rodea a la hipófisis anterior, donde actúan estimulando o inhibiendo (según sea el caso) la secreción de las hormonas hipofisarias. La neurohipófisis, por su parte, no es una verdadera glándula endocrina, ya que no produce hormonas, sino que almacena las secreciones hormonales que se producen en el hipotálamo. Dada la estrecha relación entre ambas glándulas, se habla del **eje hipotálamo-hipofisario**. ¿Cómo se evidencia esta acción conjunta? En la próxima página veremos un ejemplo.



Detalle de la relación entre la hipófisis y el hipotálamo.

ACTIVIDADES

- Diabetes *mellitus* significa “enfermedad de la orina dulce”. ¿Por qué se la llama así?
- Cuando no existían los métodos actuales para medir la glucosa en sangre, ¿cómo creés que la diagnosticaban los médicos?
- En la Edad Media, a la diabetes se la llamaba “mal de la orina” debido a la gran cantidad de este líquido que producían los pacientes. Averiguá cuál es la causa.

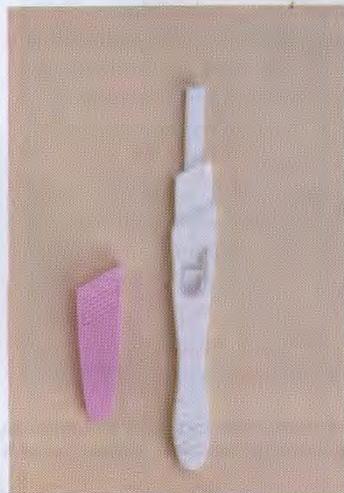
Figura 22

Pág.140 de LI. Cap.7

EL DETALLE

¿Cómo se detectaba antes el embarazo?

En 1927, los alemanes Bernhard Zondek y Selmar Aschheim detectaron que la inyección de extractos de orina de una mujer embarazada en las hembras de ratas o ratones activaba el celo en esos animales. La sustancia responsable resultó ser la GCH, que puede detectarse en la orina en los primeros días de la gestación. De esos experimentos surgió la primera prueba de embarazo. Años después se utilizaron conejos, en los cuales la inyección de orina estimulaba la ovulación. Claro que, para ver si los ovarios mostraban cambios, había que sacrificar a los animales. Posteriormente, el test de la rana, basado en los estudios de los argentinos Carlos Galli Mainini y Eduardo de Robertis, permitió comprobar la expulsión de espermatozoides en sapos y ranas machos luego de la inyección de orina de mujeres embarazadas, pero sin matarlos. Durante décadas este método fue la mejor alternativa, hasta que llegaron los tests de embarazo actuales, que detectan GCH en la orina mucho más fácilmente y en pocos minutos.



Las hormonas en el embarazo, el parto y la lactancia

¿Qué ocurre con el ciclo menstrual si hay fecundación? Probablemente sepas que la forma más antigua en que las mujeres se enteraban de que estaban embarazadas era la falta de menstruación. Aunque no es la única causa, durante el embarazo generalmente se inhibe el sangrado uterino. ¿Por qué? Al producirse la fecundación, el embrión se implanta en el tejido del endometrio, que fue “preparándose” para recibirlo, y comienza a desarrollarse un nuevo tejido, la **placenta**, que alimentará al embrión y luego al feto durante el embarazo. La placenta en formación produce otra hormona, la **gonadotropina coriónica humana** o **GCH**, que induce el crecimiento del cuerpo lúteo. Por lo tanto, como este no se destruye, continúa produciendo estrógenos y, sobre todo, progesterona. Alrededor del tercer mes de embarazo, el cuerpo lúteo desaparece y la placenta continúa produciendo esas hormonas. ¿Cuándo vuelve la hipófisis a liberar FSH y LH? Luego del parto, por acción de las hormonas que ya vimos, se reanuda el ciclo menstrual.

¿Por qué comienzan las mamas a producir leche? Aquí intervienen nuevamente los estrógenos y la progesterona. Estas hormonas, secretadas durante la gestación primero por el cuerpo lúteo y luego por la placenta, activan el crecimiento de las glándulas mamarias y las preparan para la lactancia. También intervienen otras hormonas hipofisarias, como la **prolactina**, cuya producción se activa por la succión del bebé.

La retroalimentación positiva

¿Cuándo llega el embarazo a su fin? Cuando el útero se contrae “intentando” expulsar al bebé. Durante el embarazo, las contracciones uterinas están inhibidas por la acción de la progesterona, pero su secreción disminuye hacia el final y son los estrógenos los que estimulan las contracciones. Además, la presión que ejerce el bebé sobre las paredes del útero activa la liberación de **oxitocina**, una hormona secretada por el hipotálamo que se almacena en la neurohipófisis. La oxitocina actúa sobre el útero estimulando las contracciones. Esto empuja al feto contra el cuello uterino, lo que induce mayor liberación de oxitocina, que sigue contrayendo el útero, lo cual a su vez aumenta la presión que ejerce el bebé sobre ese órgano. Este efecto se repite sucesivamente y va aumentando las contracciones uterinas hasta que se produce el nacimiento. Este tipo de regulación de la propia síntesis y liberación que activa el sistema continuamente se denomina **retroalimentación positiva**, a diferencia de la retroalimentación negativa, que vimos en el caso de las hormonas tiroideas o en el ciclo menstrual.

Las contracciones uterinas también permiten que el útero recupere su forma y su tamaño luego del parto. Y la oxitocina, además, interviene en la secreción de leche materna al activar la contracción de las fibras musculares que rodean a las células secretoras de las glándulas mamarias.

Los métodos caseros para determinar la existencia de embarazo, así como los que se realizan en los laboratorios de análisis, detectan gonadotropina coriónica humana, una hormona producida por la placenta.

Los famosos castrati

Durante siglos, en todas las épocas y regiones existieron los **eunucos**, palabra que significa 'guardián del lecho', y que describe una variedad de síntomas que se desarrollan como consecuencia de la **castración en seres humanos**. Así como en los gallos la cresta se achica, dejan de cantar y no muestran interés por las gallinas, otros animales, como los caballos y nuestras mascotas e incluso los seres humanos, modifican sus características físicas y conductuales como resultado de la castración, es decir, la extirpación de los testículos o los ovarios.

¿Cuándo y por qué razones se realizaba la castración en seres humanos? Parece ser que se usaba como castigo en las cortes, para preservar la castidad, para obtener eunucos que cumplieran funciones de guardianes y para conservar la voz aguda en los hombres adultos. Esta última razón fue muy importante para la música en la Edad Media.

No se sabe por qué comenzó esta práctica. Se supone que pudo deberse a que las mujeres no podían cantar en las iglesias y los niños integrantes del coro, al crecer, perdían sus bellas voces y emitían los horribles 'cantos de gallo'.

Cuenta la historia que en el siglo XVIII se efectuaban ¡hasta 4.000 castraciones anuales! en niños de entre ocho y once años. Si bien eran ilegales, se practicaban para conseguir las espectaculares voces espirituales que 'glorificaban a Dios' y que el público de la época idolatraba. Además, muchas de las familias pobres lo hacían con la esperanza de tener un mejor futuro económico, ya que los ídolos de la ópera cobraban fortunas en los teatros europeos. ¿Por qué los *castrati* tenían esas voces tan especiales? El tono de la voz depende del tamaño, grosor y flexibilidad de las cuerdas vocales, características que son similares en los niños y las niñas, pero difieren en la pubertad. En las chicas, las cuerdas vocales también se alargan y se engrosan, pero menos que en los varones, por eso suelen tener la voz más fina.

Los *castrati* tenían voces dulces, pero poderosas, lo que se debía a la mayor capacidad pulmonar y a la resistencia física a la vibración de las cuerdas. Uno de los más famosos fue Carlo Broschi (1705-1782), conocido como Farinelli, por cuya voz de gran belleza, flexibilidad y fuerza se lo consideró el mejor intérprete de todos los tiempos. Dicen que podía entonar 250 notas en una sola respiración. El público lo aclamaba al grito de 'eviva il coltello' (viva el cuchillo).

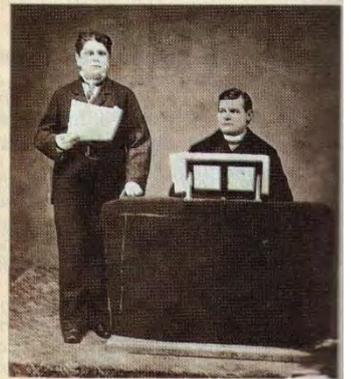
Afortunadamente, la castración fue prohibida, aunque los *castrati* continuaron cantando en las iglesias italianas hasta comienzos del siglo XX. El último de ellos fue Alessandro Moreschi, quien murió en 1922. De él se conserva un documento histórico sonoro grabado en El Vaticano en 1902, al que puedes acceder en: <http://www.operasiempre.es/2007/01/alessandro-moreschi-el-ultimo-castrato/>



Retrato de Farinelli realizado por el pintor Jacopo Amigoni alrededor de 1750.



La película *Farinelli, il castrato* se basa en la vida de Carlo Broschi, quien podía mantener una nota durante un minuto sin respirar.



Alessandro Moreschi (1858-1922), el último *castrati* y el único de quien se conserva registro de su voz.

ACTIVIDADES

14. ¿Cuáles son las consecuencias de la castración?
15. ¿Por qué se practica la castración en los animales?
16. ¿A qué se debe la voz aguda de los *castrati*?
17. ¿Por qué se los castraba antes de los once años?
18. ¿Tendría el mismo efecto sobre la voz si la castración se realizara, por ejemplo, a los veinte años? ¿Y sobre la fertilidad? ¿Por qué?
19. ¿Cómo se explica que las mujeres también modifiquen el tono de voz pero menos que los hombres?
20. ¿Qué otras características, además de la voz aguda, tienen los castrados?

Actividades finales

25. Después de haber leído el capítulo, resolvé las siguientes preguntas sobre las hormonas en la historia.

- ¿Quién dirías que tenía razón sobre si el control de las secreciones digestivas es nervioso u hormonal, el científico ruso Ivan Pavlov o los ingleses Bayliss y Starling? ¿Por qué?
- ¿Qué dirías ahora de las ideas acerca de los humores que tenían los egipcios, griegos y romanos?
- ¿Hay algún concepto de los mencionados en el capítulo que podrías relacionar con las ideas de los médicos en la Antigüedad?
- ¿Qué les dirías ahora a esos médicos de la Antigüedad para refutar las ideas que en la época actual podríamos considerar erróneas?

26. En un hospital de Indonesia nació un bebé con un peso de 8,7 kilos. La madre, quien padece diabetes, declaró, feliz, que su hijo "tiene hambre todo el tiempo y mi leche no le alcanza". ¿A qué puede deberse el extraordinario peso del bebé?

27. ¿Por qué los pacientes diabéticos tienen mucha sed, suelen estar cansados, tienen más apetito (y por lo tanto comen más) y, sin embargo, pierden peso?

28. En el ciclo menstrual intervienen distintas hormonas. Completá el cuadro con los datos que faltan.

Hormonas	Órganos	Acciones
		Estimula en la hipófisis la síntesis y secreción de FSH y LH.
	Hipófisis	
LH		
Estrógenos		
	Ovario	

29. Resolvé teniendo en cuenta la regulación del ciclo menstrual.

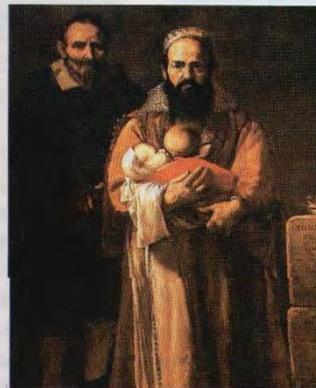
- En una escuela vecina a la tuya, una alumna comenta que en el ciclo menstrual se produce un efecto de retroalimentación positiva. Su compañero de banco

plantea que no se visualiza ese tipo de control. ¿Vos con quién estás de acuerdo? ¿Por qué?

- Al explicar el ciclo menstrual se dice que la hormona liberadora de gonadotrofinas se secreta en forma continua, a menos que otras hormonas la supriman. ¿Cómo se lo explicarías a un compañero que no lo comprende?
- Los anticonceptivos orales (la famosa "píldora") contienen estrógenos y progesterona y se utilizan para evitar el embarazo. Suele decirse que "engañan al organismo". ¿A qué se debe esta idea?

30. Resolvé en grupo las siguientes situaciones.

- Los pacientes hipotiroideos, en los cuales la glándula tiroides funciona deficientemente, reciben una dosis diaria de hormonas tiroideas. En los estudios clínicos, muchas veces se realiza una ecografía de dicha glándula y se encuentra que los pacientes la tienen atrofiada, de un tamaño muy inferior al normal. ¿Cómo podrían explicarlo? ¿Qué relación tiene esta situación con el bocio?
- Algunas personas, cuando pasan por situaciones estresantes, suelen decir: "Saqué fuerzas de no sé dónde". ¿Cómo podrían explicar esta afirmación?
- Antiguamente en los circos se presentaban como rarezas las mujeres barbudas. ¿Cuál podría ser la causa de esa afección, conocida como "hirsutismo"?



Pintura de Magdalena Ventura de los Abruzos, mujer italiana y madre de siete niños que padecía hirsutismo. La obra fue realizada en 1631 por el pintor José de Ribera.

Ciencia en tus manos

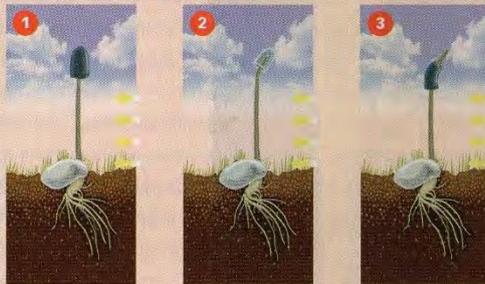
Los experimentos: el análisis de los resultados

En su trabajo cotidiano, las científicas y los científicos llevan a cabo diversas tareas. Una de ellas es el diseño y la realización de experimentos, a partir de los cuales obtienen datos cuyo análisis, en conjunto con otros datos y conceptos teóricos, les permiten elaborar conclusiones. Diversos experimentos realizados a lo largo de la historia de la ciencia fueron aportando indicios o evidencias acerca de la existencia de sustancias vegetales que se comportan como hormonas. Vamos a trabajar con algunos de ellos.

ACTIVIDADES

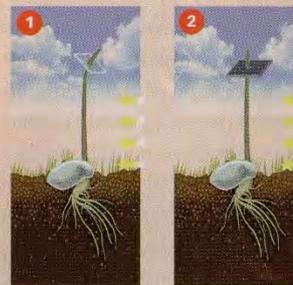
12. Lee las siguientes experiencias y resuelve las consignas para analizar los resultados.

Experiencias de Charles Darwin y su hijo Francis (1880). Estudiaron la orientación de las plantas hacia la luz, es decir, el fototropismo. Primero iluminaron desde diversos ángulos plántulas de alpiste, y observaron que la punta se curvaba hacia la luz. Luego, para determinar las causas de ese movimiento, sometieron a las plántulas a diferentes tratamientos:



Los Darwin cubrieron el extremo de una plántula con un capuchón oscuro (1) y observaron que la plántula no se curvó al iluminarla. También cubrieron el coleóptilo de otra plántula con un capuchón transparente (2) y el de una tercera con un capuchón oscuro, pero dejando al descubierto el coleóptilo (3). Estas dos últimas sí se curvaron.

Experiencias de Peter Boysen-Jensen (1913). Continuó con las investigaciones de los Darwin y trató de vincular el coleóptilo de las plántulas con su movimiento hacia la luz. Primero cortó el coleóptilo de una plántula, la expuso a la luz y observó que no se curvaba. Luego colocó en su lugar la punta cortada, la volvió a iluminar y observó que se curvaba. A continuación realizó la siguiente experiencia.



Boysen-Jensen cortó el coleóptilo de dos plántulas. En una de ellas colocó entre el coleóptilo y el resto de la planta una capa delgada de gelatina porosa (1), que impedía el contacto directo pero permitía el pasaje o la difusión

de sustancias. En la otra colocó una lámina de mica (2), un material impermeable. A continuación, iluminó ambas plantas y observó que solo se curvaba la primera.

Experiencias de Fritz Went (1913). Avanzó en la identificación de las causas de la curvatura de las plantas al ser iluminadas. Recortó los coleóptilos de plántulas de avena y los colocó sobre un bloque de gelatina durante unas horas. Luego cortó pequeños trozos de esa gelatina, los colocó sobre los extremos de las plántulas sin coleóptilo y observó que se curvaban al iluminar las plántulas. A partir de este experimento pudo aislarse e identificarse la sustancia responsable de la curvatura de las plantas, que fue la primera hormona vegetal conocida.

- ¿Qué conclusiones se pueden obtener de las experiencias que realizaron los Darwin? ¿Por qué creés que si dos plántulas se cubrieron con un capuchón oscuro, una se curvó y la otra no?
- ¿Qué relación tienen las experiencias de Boysen-Jensen con las que hicieron los Darwin?
- ¿Qué función cumplía la mica que utilizó Boysen-Jensen? ¿Cuáles creés que fueron las conclusiones de este investigador?
- ¿Qué función cumple la luz?

Figura 26

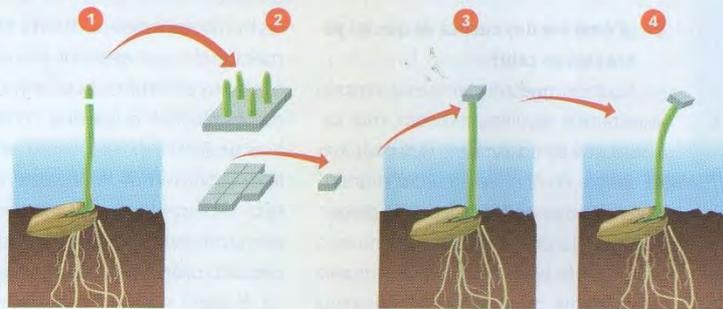
Pág.165 de L1. Cap.8

30. Los lenguados son peces que cambian su coloración.



- ¿Qué mecanismo permite ese cambio y qué función suponés que cumple?
- ¿Qué otras funciones puede tener el cambio de coloración en los animales? Mencioná un ejemplo.

31. La siguiente imagen ilustra la experiencia realizada por Fritz Went en 1913.



- ¿Qué pretendía investigar Went con esta experiencia?
- ¿Qué antecedentes tuvo en cuenta Went para realizar esta experiencia?
- Redactá un texto para cada uno de los pasos numerados.

NO TE LO PIERDAS

■ **Libro**

Cristóbal, Pilar. *También los jabalíes se besan en la boca y otras curiosidades sexuales del reino animal*. Barcelona, Ediciones Temas de Hoy, 2005.

Libro escrito por una antropóloga y sexóloga que relata curiosidades sexuales de los animales, sus celos, su promiscuidad, su fidelidad y otras costumbres.

■ **Internet**

<http://www.biologia.edu.ar/plantas/hormona.htm>

Hipertextos del área de biología. Página de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) con información sobre el sistema endocrino de las plantas.

<http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/1bachillerato/animal/contenidos19.htm>

Página con información para nivel medio. Actividades, animaciones sobre las funciones de nutrición, reproducción y relación en animales.

http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/1bachillerato/reino_vegetal/contenidos9.htm

Página con información para nivel medio. Actividades, gráficos y animaciones sobre regulación hormonal de las plantas.

<http://www.youtube.com/watch?v=nfznJbNEvEE>

Vídeo que muestra a un insecto en proceso de muda.

<http://www.tu.tv/videos/metamorfosis-de-la-libelula-waw>

Vídeo que muestra la metamorfosis de una libélula.

Fragmentos del Libro 2

Figura 27

Tapa del texto (L2)

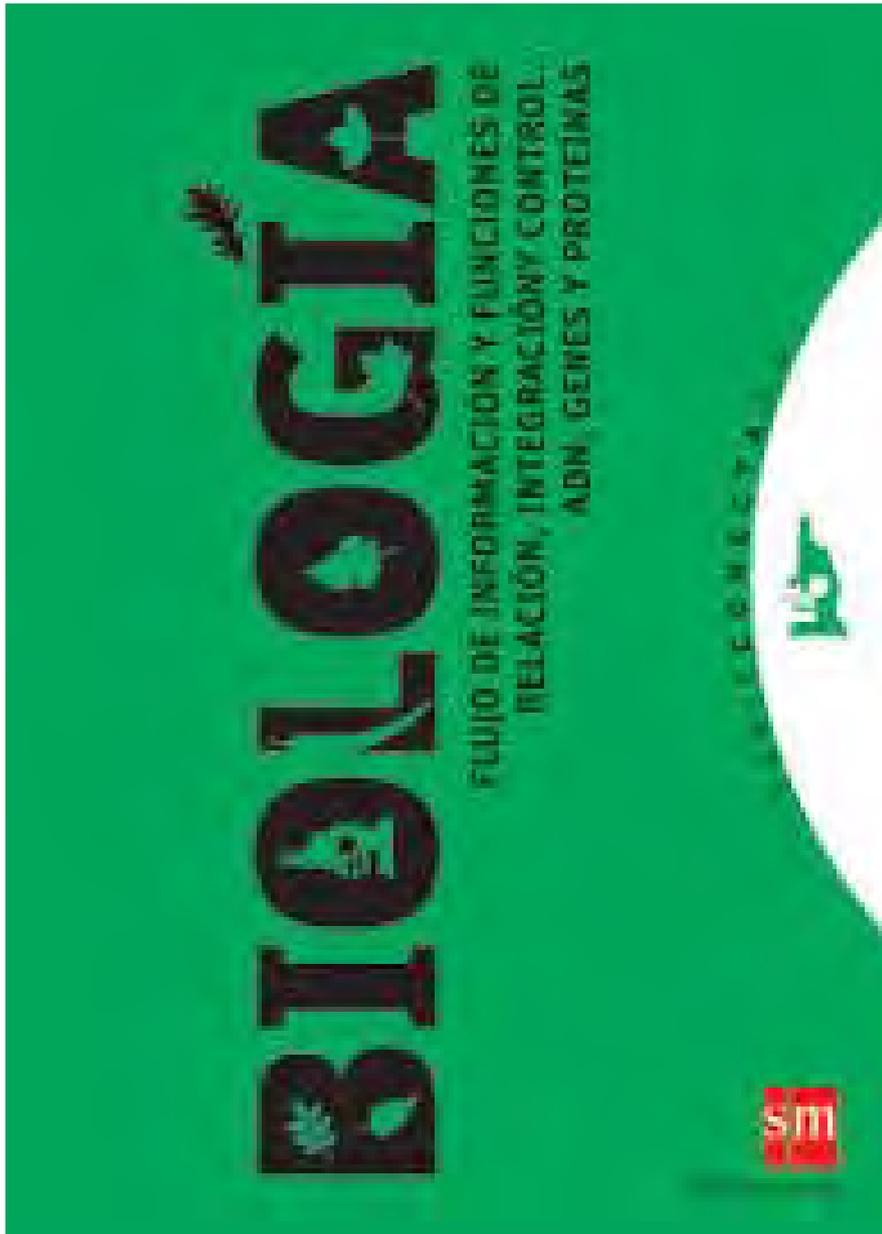


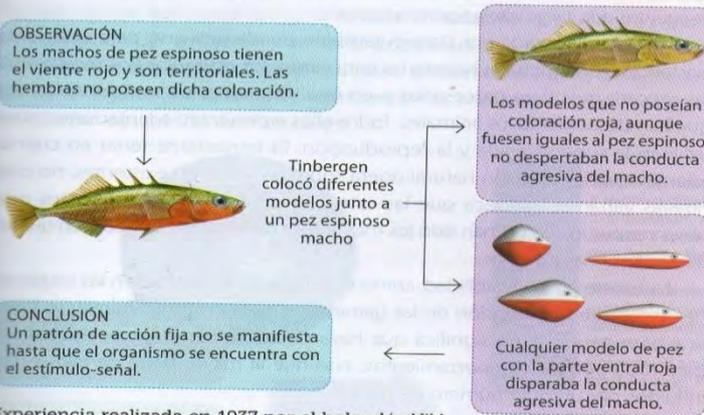
Figura 28

Pág.15 de L2. Cap.1

Respuestas que se saben, respuestas que se aprenden

Una araña, para obtener su presa, puede construir eficientemente una tela una primera vez que lo intenta; un bebé apenas nace es capaz de llorar frente a un estímulo del ambiente. A este tipo de comportamientos se los llama **instintos**. Los instintos son innatos; son respuestas que se llevan a cabo prácticamente siempre del mismo modo, constituyen en muchos casos patrones de acción fija y, en general, no cambian durante la vida.

Estas respuestas o comportamientos instintivos son disparados por determinadas características de los estímulos, llamados **señales**. Por ejemplo, en el caso del pez espinoso macho, la coloración roja ventral es una señal que desencadena una conducta agresiva en otros machos y atracción en las hembras. Otros aspectos de su anatomía, como las aletas o las espinas, no disparan este comportamiento y, por lo tanto, no constituyen una señal.



Experiencia realizada en 1937 por el holandés Nikl Tinbergen, un clásico ejemplo de estímulo-señal.

Por otro lado, un gran número de comportamientos en los animales requieren también de **aprendizaje**, un proceso en el cual las respuestas del organismo se modifican como resultado de la experiencia. Por ejemplo, muchas aves no identifican sus presas por instinto y se alimentan cuando son jóvenes de todo tipo de insectos: aquellos que tienen buen sabor siguen siendo consumidos, pero luego de una experiencia de alimentarse con una mariposa monarca, cuyo sabor es desagradable, las evitan por el resto de su vida.

Si bien los seres humanos aprendemos muchos comportamientos, no todas nuestras respuestas son aprendidas, como la risa y el llanto, y a su vez, no todas las respuestas de los animales son instintivas: los chimpancés, por ejemplo, se enseñan unos a otros técnicas para procurarse el alimento. De todos modos, la habilidad para el aprendizaje otorga a los organismos una ventaja en la supervivencia y en la reproducción. En la mayoría de los comportamientos, ya sean instintivos o aprendidos, intervienen factores tanto genéticos como ambientales.

CONECTA SIGNIFICADOS

Innato: que ha nacido con el ser vivo, no adquirido por educación ni experiencia.

CONECTA MÁS

Las respuestas instintivas son esenciales en los recién nacidos, quienes no han tenido tiempo de aprender cómo actuar. Por ejemplo, las crías de los mamíferos que no maman, mueren de inanición.



ACTIVIDADES

- 11 Analicen el caso de las lagartijas verdes de la página 13, durante su época de apareamiento, de acuerdo con el modelo de comunicación.
- 12 Identifiquen el patrón de acción fijo en los machos y en las hembras en el caso del pez espinoso.
- 13 ¿Por qué el pez espinoso macho no ataca al modelo similar pero sin el vientre rojo? ¿Atacaría a un pez de cualquier otra especie que tuviera el vientre rojo? ¿Por qué?

Figura 29

Pág.16 de L2. Cap.1

CONECTA SIGNIFICADOS

Variante: variación para determinada característica entre los individuos de una misma especie.



Algunas especies, como los cocodrilos, han cambiado muy poco a lo largo de millones de años. Esto indicaría que sus respuestas ante los estímulos del medio continúan siendo efectivas, a pesar de los cambios en el ambiente.

ACTIVIDADES

14 Supongan que, en algún momento de su historia evolutiva, las zarigüeyas no poseían el comportamiento descrito frente a un inminente ataque de sus predadores. Discutan en pequeños grupos, en términos de la teoría evolutiva de Darwin y de la teoría cromosómica de la herencia, de qué modo pudo aparecer dicho comportamiento, cómo se generó y por qué se esparció en la especie.

Las respuestas de los seres vivos, la selección natural y la herencia

Los distintos tipos de respuestas ejemplificadas hasta aquí, ya se trate microorganismos, hongos, plantas o animales, nos conducen a uno de los interrogantes planteados al comienzo del capítulo: para una determinada especie ¿existen respuestas más exitosas que otras para la supervivencia?

De acuerdo con la teoría de la evolución por **selección natural**, postulada por Charles Darwin (1809-1882), durante la historia evolutiva de cada especie los individuos podrían haber desarrollado diferentes respuestas ante los estímulos del medio; aquellas que fuesen más favorables les otorgarían ventajas para la supervivencia y la reproducción a los individuos que las desarrollaron frente a aquellos que presentaran otras respuestas diferentes. Estas respuestas más ventajosas serían entonces favorecidas por la selección natural. Dado el carácter hereditario de muchas de las respuestas, estas se irían haciendo más frecuentes a lo largo de las generaciones.

La teoría elaborada por Darwin también puede aplicarse para explicar la existencia de estructuras necesarias para captar los estímulos (los receptores) y los mecanismos para procesarlos y, en muchos casos, los comportamientos que han desarrollado los animales. Todos ellos representan adaptaciones, que facilitan la supervivencia y la reproducción. Es importante tener en cuenta además que la selección natural opera sobre las variantes existentes, no crea nuevas variantes, es decir que las estructuras y los comportamientos que observamos hoy en día han sido los más aptos con respecto al medio en que se desarrollaron las especies.

La fuente de la variabilidad, como es sabido, se encuentra en las mutaciones y durante la formación de las gametas. Si bien el comportamiento tiene una base genética, no significa que haya necesariamente genes específicos para todo tipo de comportamientos, sino que la mayor parte de ellos es influenciado por un gran número de genes.



La zarigüeya es un marsupial que suele huir ante la amenaza de algún predador. No obstante, ante situaciones límite en las que la escapatoria es imposible, se hace literalmente la muerta. El depredador pierde el interés en ella. Una vez que se ha alejado, la zarigüeya "despierta".

Figura 30

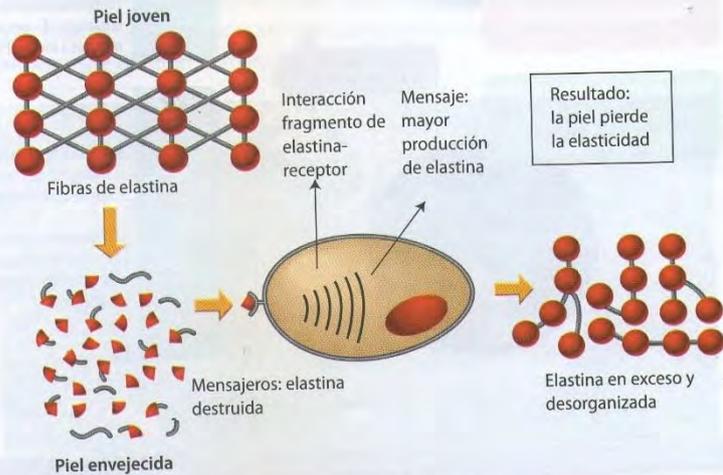
CONECTA MÁS

Existe un cierto tipo de enfermedades, llamadas *autoinmunes*, que afectan la comunicación entre las células. Hace más de cien años, el inmunólogo alemán Paul Ehrlich se preguntó si el sistema inmune reacciona únicamente contra todo aquello que reconoce ajeno al organismo, como los virus y bacterias. Luego de sus investigaciones, propuso que el sistema inmune no atacaba a células propias del cuerpo. Pero dos años después, en 1904, el médico austriaco Karl Landsteiner demostró lo contrario al encontrar una rara enfermedad en que el sistema inmune generaba una respuesta en contra de sus propias células, es decir, la primera enfermedad autoinmune descubierta.

Las células también se comunican

Así como los organismos pluricelulares son capaces de percibir los estímulos del medio y elaborar respuestas, las células que los conforman presentan la misma capacidad: las células musculares se contraen como respuesta a una señal producida por células nerviosas con las que tienen contacto; las células de la retina del ojo, como respuesta a la luz, envían una señal a las células nerviosas; ciertas células del sistema inmune reconocen a las bacterias como extrañas y se unen a ellas eliminándolas. Además, como respuesta al medio en el que se encuentran las células, pueden dividirse, detener su división, cambiar de forma, transformarse en otros tipos de células o incluso morir. La supervivencia de los organismos pluricelulares depende del funcionamiento conjunto de las células que conforman los diferentes tejidos y de que estos cumplan sus funciones específicas.

Ahora bien, ¿cuál es el medio externo para una célula de un organismo pluricelular? Se trata de sus células vecinas. ¿Y cuáles son los mecanismos de que disponen las células para percibir su entorno? Como se profundizará en un capítulo posterior, las células poseen en su membrana, que las limita del medio y les brinda identidad, **receptores** que responden a sustancias químicas provenientes del medio. Es decir que se establece una comunicación entre las células: estas no son entidades aisladas, sino que están en permanente intercambio con el entorno y son así capaces de adaptarse a los cambios que ocurren. El modelo estímulo-procesamiento-respuesta, presentado al comienzo del capítulo para los organismos macroscópicos, es también válido para las células que los conforman, así como para organismos unicelulares como las bacterias y los protistas. Este patrón sigue resultando común incluso en niveles más bajos de organización, como lo es el celular.



ACTIVIDADES

- 17 Realicen un dibujo simple de una célula y su entorno. Rotúlenlo.
- 18 ¿Qué podría suceder si la comunicación entre las células de un determinado tejido, que a su vez conforman un órgano, se viese afectada?

Las células se comunican para moderar el funcionamiento de la piel. Sin embargo, con el pasar de los años, ocurren diferencias en este proceso de comunicación celular. Esto provoca la producción excesiva de elastina, fibra responsable de la elasticidad de la piel.

Figura 31

Pág.19 de L2. Cap.1

Los seres vivos como un cúmulo de información

Los seres vivos somos capaces de percibir información, procesarla y elaborar respuestas, e incluso cada una de nuestras células pareciera “recibir” instrucciones sobre sus actividades. Pero ¿dónde se encuentran las instrucciones para que los seres vivos puedan relacionarse eficientemente con el medio externo y controlar su medio interno?, ¿de qué manera las células realizan ordenadamente sus actividades y logran llevar al organismo al estado de homeostasis? Los seres vivos portamos un cúmulo de información; esta se encuentra en el material genético de cada una de las células, más precisamente en sus núcleos, conformando el **genoma**. Los seres vivos estamos influidos por la expresión de nuestro propio programa genético, un “manual de instrucciones” repetido en cada célula, a partir del cual se reconstruye y se mantiene cada una de ellas. Estas instrucciones están “escritas” en un tipo de molécula muy especial, el **ADN**, y son expresadas por cada célula.

Ahora bien, ¿quiénes son los encargados de ejecutar estas órdenes? Se trata de otro tipo de moléculas que son las que el ADN codifica: las proteínas. ¿El producto final?: el **fenotipo**, es decir, las características físicas, químicas y biológicas que hacen único a cada ser vivo.

Cada individuo, a pesar de ser único, es capaz a su vez, gracias a la información genética que porta, de desarrollar las funciones comunes a todos los seres vivos. Muchos de los comportamientos animales, específicamente los innatos, como se ha visto, están también “escritos” en su material genético. Todos los animales buscan alimentarse y reproducirse, pero estos fines no se los da el animal a sí mismo, sino que le vienen programados de antemano por el instinto, y la selección natural “se encarga”, sobre la base de las variantes disponibles, de que sean alcanzados del mejor modo posible. ¿Y el hombre? El hombre, en cambio, tiene la capacidad de autoprogramarse, es decir, de elegir sus propios fines y, sobre la base de ellos, adoptar los comportamientos que lo ayuden a llegar a su meta. Los humanos, ecológicamente hablando, somos animales que hemos aprendido a cambiar nuestros nichos ecológicos, sin alterar nuestra estrategia reproductiva.



Según Cesare Lombroso (1835-1909), médico y criminalista italiano, ciertas personas portaban en su herencia “algo” que las hacía ser criminales. Incluso describió determinados rasgos físicos que reflejaban dicha condición. Actualmente, la mayoría de los científicos no aceptan estas ideas.



Del ADN al individuo.

CONECTA SIGNIFICADOS

Genoma: es la totalidad de la información genética de un organismo.

Nicho ecológico: es la función que cumple cada especie en un ecosistema, en relación con el resto de los factores que integran dicho ecosistema.

ACTIVIDADES

- 19 Expliquen en un breve texto, utilizando los términos adecuados, el esquema superior de esta página: “Del ADN al individuo”.
- 20 Discutan la siguiente frase: “Los humanos, ecológicamente hablando, somos animales que hemos aprendido a cambiar nuestros nichos ecológicos, sin alterar nuestra estrategia reproductiva”.
- 21 ¿Qué opinan de la teoría de Lombroso? Argumenten sus ideas.

Figura 32 Pág. 20 de L2. Cap. 1

EXPERIENCIAS

El experimento de los Darwin

Charles Darwin y su hijo estudiaron el fototropismo. Estos naturalistas se preguntaron en qué parte de la planta estarían los receptores que captan la luz. En esta experiencia, les proponemos recrear un experimento histórico.

MATERIALES

Cuatro plántulas de porotos (pueden germinarlas ustedes; cuando tengan unos 5 cm, estarán listas); dos trocitos de papel de aluminio y uno de film transparente; una fuente lumínica, como un velador; una caja de cartón grande, o bien un ambiente oscurecido; una tijera o trincheta.



PROCEDIMIENTO

Importante: durante el procedimiento, deben regar las plántulas cada dos días, aunque no en exceso.

PASO 1. Si van a utilizar una caja grande, realicen, con la tijera o la trincheta, un agujero en uno de los laterales, de modo que la luz del velador llegue a las plántulas que colocarán dentro de ella. También se pueden colocar en un ambiente oscurecido.

PASO 2. A una de las plántulas cúbrale el ápice, es decir, el extremo del tallo, con papel de aluminio, con cuidado de no quebrarla; esta será la planta 1. En otra de las plántulas, cubran formando un "anillo" con papel de aluminio, debajo del ápice, sin tapar este: esta será la planta 2. En la tercera, cubran el ápice con el trocito de papel film: esta será la planta 3. La planta 4 quedará totalmente al descubierto.

PASO 3. Coloquen las plántulas en fila, ya sea dentro de la caja o en el ambiente oscurecido, de modo que la

luz les llegue desde el mismo lateral. Si cuentan con un ambiente oscurecido, coloquen el velador delante de una de las plántulas de la fila (puede ser la primera o la última) a unos 30 cm de distancia aproximadamente.

PASO 4. Enciendan el velador y déjenlo prendido durante los próximos 5 a 7 días. Pueden apagarlo a últimas horas de la tarde y volverlo a encender a la mañana siguiente.

PASO 5. Observen cada dos días aproximadamente el desarrollo de la planta, completando en un cuadro como el siguiente con el dibujo correspondiente:

	Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4
Inicio experiencia				
Día...				
Día...				
Día 7				

ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

- 1 ¿Dónde se encuentran los fotorreceptores? Justifiquen escribiendo un texto que explique los resultados.
- 2 En las plantas en las cuales se ha curvado el tallo, ¿qué parte lo hace primero?, ¿qué va sucediendo con el resto del tallo?
- 3 Discutan si la siguiente afirmación es verdadera o falsa de acuerdo con sus observaciones. Fundamenten su

respuesta: "Charles Darwin y su hijo concluyeron que algún factor se transmitía desde la punta de la planta hacia las regiones inferiores, causando su curvatura".

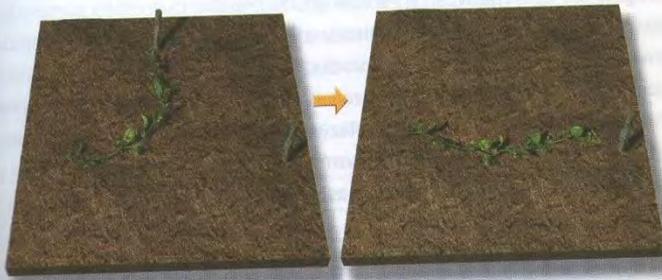
- 4 Confeccionen un informe de laboratorio (presencia de planta control, variables dependientes e independientes), que incluya la hipótesis, la metodología empleada, los resultados y las conclusiones.

Figura 33

Pág.25 de L2. Cap.2

La percepción de las plantas

A principios del siglo XX, un biólogo austriaco experto en botánica, llamado Raoul Francé, postuló que las plantas "parecen ser capaces de percibir y reaccionar a lo que está ocurriendo en torno suyo, con una exquisitez y delicadeza muy superior a la de los humanos". Francé se dedicó a observar una gran variedad de especies vegetales; entre las especies trepadoras, encontró un curioso fenómeno:



Según Francé, una planta trepadora crece en dirección al puntal más cercano; si este se retira, a las pocas horas altera su curso para tomar una nueva dirección.

Francé, maravillado frente a esto, se preguntó si la planta podía "ver" al puntal, de qué manera misteriosa era capaz de sentirlo. Hasta afirmó que cuando una planta crece entre obstáculos, sin poder "ver" un apoyo potencial, lo hace sin equivocarse hacia donde haya uno oculto, y no recorre una zona donde no haya ninguno.

Según el investigador, las plantas son capaces de mover su cuerpo frente a estímulos del ambiente como cualquier animal; la razón por la que no lo notamos es porque lo hacen a un ritmo mucho más lento y el hombre no se toma el tiempo suficiente para observarlas. No hay planta que no tenga movimiento -deca-; todo crecimiento es una serie de movimientos; las plantas están dedicadas constantemente a inclinarse, girar y temblar... Pueden alargarse o explorar en dirección a lo que quieren... Sin duda, este investigador se dedicó detenidamente a contemplar las plantas, realizando gran cantidad de observaciones, y sus contribuciones a la ciencia fueron numerosas y algunas de ellas, polémicas.

Todos los seres vivos somos capaces de percibir los estímulos del ambiente y elaborar una respuesta, de acuerdo con el modelo estímulo-procesamiento-respuesta. Pero ¿Raoul Francé estaría en lo cierto?, ¿qué estímulos son capaces de percibir las plantas?, ¿con qué estructuras cuentan para captarlos?, ¿qué tipo de respuesta son capaces de elaborar?

ACTIVIDADES

- 1 Respondan, de acuerdo con sus ideas, las preguntas planteadas en el texto. Al final del capítulo, volverán a contestarlas.
- 2 Lean el epígrafe de la figura del lateral. ¿Qué tipo de características relacionadas con la evolución serían las que analizaba Francé? Justifiquen su respuesta.



Raoul Francé fue un respetado investigador científico. Es considerado uno de los fundadores de la Biónica, pues observaba las características de las plantas e intentaba aplicarlas a problemas técnicos.

CONECTA SIGNIFICADOS

Biónica: aplicación de soluciones biológicas a diversos campos, como la tecnología y la ingeniería. El velcro, por ejemplo, está inspirado en semillas que se adhieren a la ropa por medio de pequeños "ganchitos".

CONECTA 2.0

Ingresen en www.youtube.com/watch?v=e86rmr5-9_Q&feature=fvwrel, donde podrán observar un video. Identifiquen el estímulo y la respuesta de la planta. ¿Qué tipo de receptores creen que tendrá esta especie para percibir el estímulo?

Figura 34

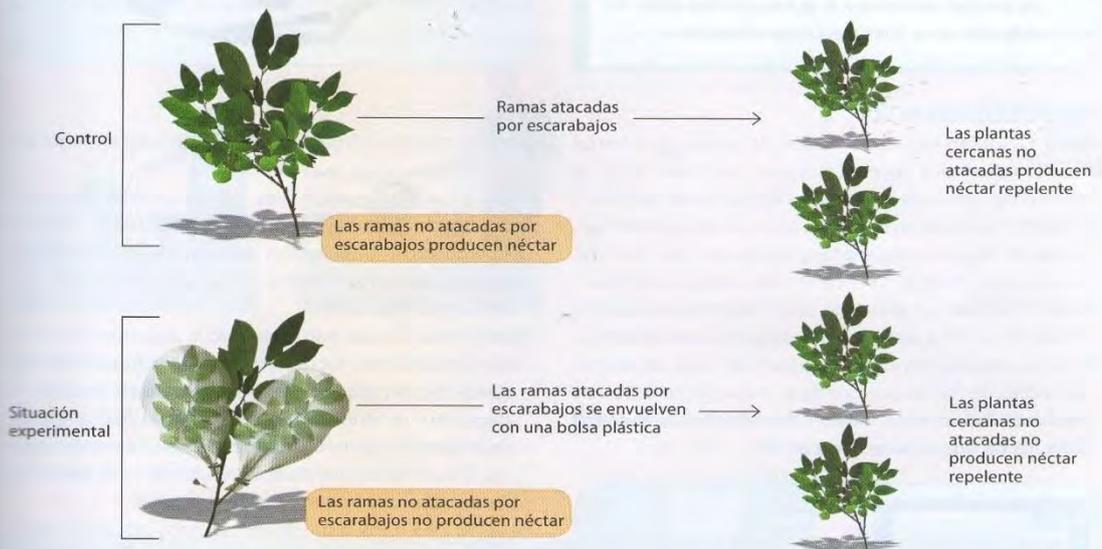
Pàg.37 de L2. Cap. 2

Las plantas se comunican

Los sauces son atacados por cierta especie de orugas que se alimentan de sus hojas. En un experimento, a un sauce le fue colocada esta especie nociva de oruga, que comenzó a atacarlo. Tal como ya se sabía, luego de un tiempo el sauce, en respuesta, modificó la composición química de sus hojas, haciendo que dejen de ser comestibles para las orugas. Lo impresionante y novedoso del experimento fue que, al colocarles esta oruga a otros árboles de la misma especie que se encontraban cerca del sauce, estos ya habían modificado su estructura química y también habían dejado de ser comestibles para las orugas. El árbol que fue atacado, ¿fue capaz de enviar un aviso a los árboles cercanos para advertirles sobre la amenaza? Si así fuera, ¿de qué manera logran comunicarse las plantas? Para dar respuesta a estos interrogantes, un grupo de científicos investigó con una planta que, al ser atacada por escarabajos, segrega un néctar que los repele o atrae a hormigas que se alimentan de ellos. La experiencia realizada fue la siguiente:



En los sauces, se cree que el ácido salicílico es el compuesto que sirve como señal de ataque para alertar a otros miembros de la especie. Una forma modificada de este compuesto es el principio activo de la aspirina.



A partir de estas y otras investigaciones, los científicos creen que las plantas, al ser atacadas, emiten compuestos orgánicos volátiles (se evaporan con facilidad) que las plantas cercanas de la misma especie pueden percibir. Pero queda mucho por investigar y se desconoce la naturaleza de los receptores de estos estímulos.

Estos ejemplos y otros citados anteriormente constituirían una evidencia de que las plantas, además de comunicarse entre sí, lo hacen con ciertos animales, como las orugas y las hormigas. Las plantas, sin duda, son capaces de percibir más estímulos y elaborar respuestas más sofisticadas de lo que aparentan.

Retomando el primer apartado de este capítulo, Raoul Francé supo darle importancia a la sensibilidad de las plantas como ningún otro científico de su época. La búsqueda de nuevos problemas es lo que hace avanzar a la ciencia.

ACTIVIDADES

- 16 Identifiquen las ideas principales expuestas en el texto.
- 17 A partir de la actividad anterior, escriban un breve texto con sus palabras en el que expliquen de qué manera logran comunicarse las plantas, de acuerdo con los estudios recientes.

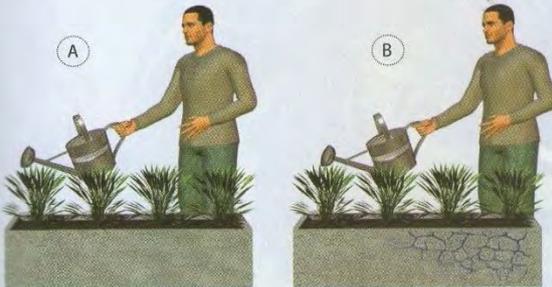
Figura 35

Pág. 39 de L2. Cap. 2

ACTIVIDADES

DE INTEGRACIÓN Y REPASO

- 1 Escriban una carta de no más de una carilla de extensión a Raoul Francé, suponiendo que este pudiera leerla, en la que le expliquen las posibilidades de las plantas para percibir estímulos y responder a ellos, actualizándolo sobre lo que hoy se sabe, de modo de argumentar sus apreciaciones hacia las plantas.
- 2 Una persona tiene en su balcón un cantero, como se muestra en la imagen. Al regarlo, lo hace siempre comenzando por el mismo extremo y descargando la mayoría del agua desde allí hasta la mitad de este cantero (A). A los pocos meses, para su asombro, nota que el extremo derecho se ha partido (B). Teniendo en cuenta que la acción del agua sobre el cantero no es la causa de esta rotura, resuelvan las siguientes consignas:



- a) ¿A qué estímulo están respondiendo las plantas alejadas del extremo derecho?
- b) ¿Qué nombre recibe dicha respuesta?
- c) En función de la respuesta anterior, dibujen, en el siguiente cantero, cómo se vería su interior:



- 3 Seleccionen algún ejemplo de los citados en este capítulo que evidencie la comunicación entre las plantas y los animales. A partir de él, confeccionen una historieta de entre cuatro y seis cuadros de ilustraciones.
 - a) ¿Qué sucederá con las raíces de la planta en la posición B si se la coloca nuevamente en posición vertical?
 - b) Dibujen cuál sería su forma.



- 4 Justifiquen la siguiente frase: "Las plantas pueden detectar la gravedad por la posición de los estatolitos de las células de la coifa de sus raíces".

Autoevaluación

- 1 Respondan nuevamente las preguntas planteadas al inicio del capítulo. Luego, respondan también las siguientes, y determinen qué diferencias encuentran entre sus respuestas iniciales y las formuladas al terminar el capítulo.
 - a) ¿Qué estímulos son capaces de percibir las plantas?
 - b) ¿Qué tipo de respuestas son capaces de elaborar?
 - c) ¿Con qué estructuras cuentan para captarlos?
 - d) ¿Cómo se comunican las plantas?
 - e) ¿Con qué sistema de defensas cuentan las plantas?

- 2 Completen en sus carpetas el siguiente cuadro:

Conceptos comprendidos	Conceptos no comprendidos

- a) ¿Qué dificultades tuvieron al estudiar este capítulo? ¿Cómo intentaron resolverlas?
- b) ¿Cuáles creen que son las causas por las cuales tuvieron dificultad en comprender algunos conceptos?
- c) ¿Cómo podrían mejorar lo que no comprendieron?

Figura 36

Pág.53 de L2. Cap.3

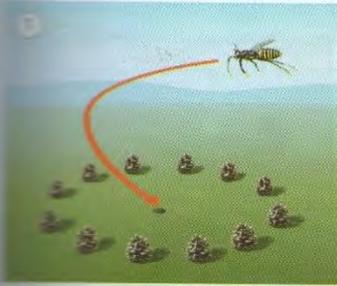
Comportamiento animal

Todas las respuestas a estímulos internos o externos son consideradas **comportamientos**. La **etología** estudia el comportamiento animal y sus fundadores fueron Konrad Lorenz, Niko Tinbergen y Karl von Frisch, quienes recibieron el Premio Nobel de Medicina y Fisiología en 1973 tras largos años de investigaciones.

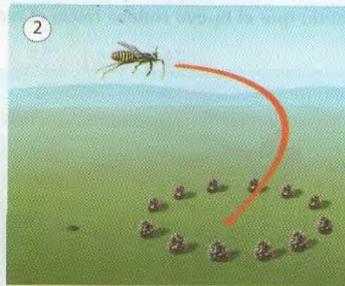
Muchos animales tienen una sorprendente habilidad para desarrollar tareas complejas, pero ¿los animales aprenden todo lo que hacen, o nacen sabiendo qué hacer y cómo hacerlo? Para responder este interrogante, se puede tomar como ejemplo la avispa cavadora, llamada así porque construye sus nidos en pequeñas madrigueras en la tierra. Las avispas cavadoras hembra cavan y cuidan diariamente cuatro o cinco nidos diferentes, en cada uno de los cuales se desarrolla una sola larva. Estos comportamientos de anidación están programados por los genes. Sin embargo, Tinbergen realizó un experimento para probar que las avispas usan marcas en el terreno para encontrar sus nidos, y obtuvo interesantes resultados.



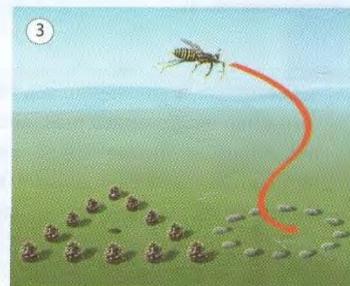
Las arañas nacen sabiendo tejer sus telas de araña, es un comportamiento programado genéticamente.



Tinbergen colocó un círculo de piñas alrededor del nido de la avispa, en ausencia de ella. La hembra regresó y atendió el nido.



Cuando la avispa se fue, cambió la ubicación del círculo de piñas. Al regresar, la avispa voló hacia el círculo, probando que utiliza marcas en el terreno para orientarse.



Al irse la avispa, puso las piedras en forma de triángulo alrededor del nido e hizo un círculo con piedras al lado. La avispa voló hacia las piedras: esto indica que se orienta por las formas.

Mediante esta experiencia, Tinbergen demostró que la avispa responde a estímulos ambientales para orientarse y que este comportamiento de localización del nido puede ser modificado por la experiencia, es decir que la avispa puede aprender a diferenciar marcas en el terreno. Muchos estudios indican que en el comportamiento animal intervienen tanto **factores genéticos** como el **aprendizaje**.

El comportamiento permite a los animales adaptarse a su ambiente, por lo que afecta a la supervivencia de los individuos y, de esta manera, a la perpetuación de la especie. Las características del comportamiento de un organismo son entonces producto de la **selección natural**, como lo puede ser el color del pelaje, producto también de la interacción de la información genética con el ambiente.

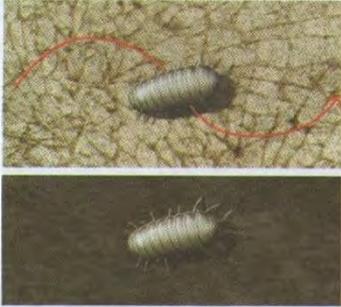
Hay comportamientos que están más fuertemente marcados por la información genética que otros, mientras que, en otros casos, la influencia del ambiente tiene un papel decisivo en la conducta de los animales.

ACTIVIDADES

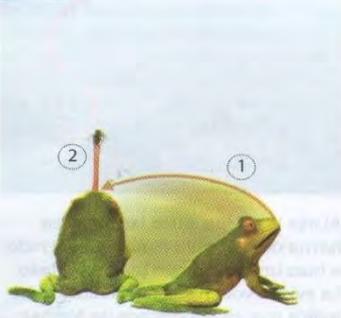
- 19 Sobre la base de la selección natural, expliquen de qué manera las características de un comportamiento afectan a la supervivencia de una especie.
- 20 Justifiquen la siguiente frase: "Los animales responden a los estímulos que perciben mediante su comportamiento".

Figura 37

Pág.54 de L2. Cap.3



La **cinesis** es un movimiento automático, en que la intensidad del estímulo afecta el grado de movimiento. Los bichos bolita se mueven más en ambientes secos que húmedos. Estos movimientos aumentan la probabilidad de que hallen un ambiente húmedo y permanezcan en él.



La **taxia** es un movimiento automático de alejamiento o acercamiento a un estímulo. Por ejemplo, las ranas giran desplazándose en dirección a la presa (taxia) (1) y la atrapan con la lengua (PAF) (2).

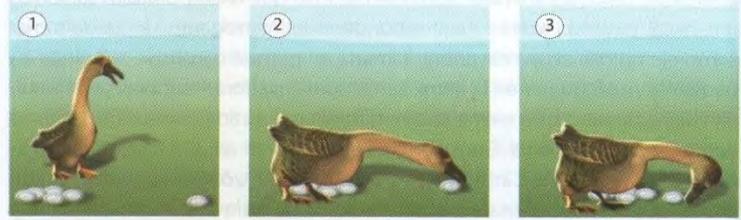
ACTIVIDADES

- 21 ¿Qué son los comportamientos innatos?
- 22 ¿Qué ventaja adaptativa pueden representar los PAF para los insectos respecto de las respuestas que deben ser procesadas por el cerebro?

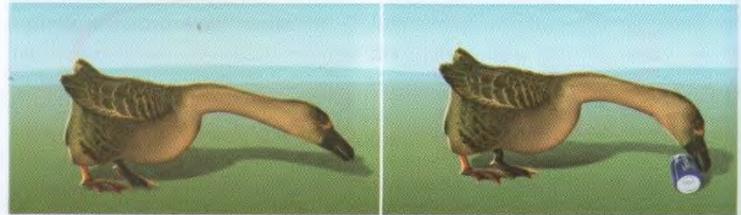
Comportamientos fijos

Las crías de cualquier mamífero, incluido el hombre, pueden mamar apenas nacen. Asimismo, un pez o un insecto saben cómo sobrevivir desde que nacen. A este tipo de conductas se las llama **instintivas**.

Una contribución interesante a la etología provino de los estudios de Lorenz y Tinbergen sobre la conducta de hacer rodar huevos, que tiene la gansa gris:



Lorenz observó que, cuando una gansa veía un huevo fuera de su nido, realizaba una serie de movimientos de modo que el huevo rodase hacia el nido.



Si se sacaba el huevo mientras la gansa comenzaba a extender el cuello, ella completaba el patrón de hacer rodar un huevo inexistente hacia el nido.

Tinbergen notó que una gansa gris puede ser estimulada a realizar la secuencia de rodar el huevo con objetos como una lata de bebida o una pelota.

Este tipo de comportamientos que son rígidos, predecibles, y que una vez que se disparan por determinado estímulo externo prosiguen hasta su finalización, se llaman **patrones de acción fija (PAF)**. Se trata de respuestas innatas ante cierto estímulo. Lorenz y Tinbergen denominaron **estímulo señal** al objeto que efectivamente dispara esta clase de respuesta, en este caso en particular, una pelotita, por ejemplo.

Los comportamientos innatos son un ejemplo de respuestas fuertemente marcadas por la información genética y que se transmiten de generación en generación, pero que de todos modos necesitan un ambiente en el cual se expresen los genes. Los seres humanos también presentamos PAF, en los bebés, que sonríen ante una imagen que se asemeje a un rostro humano. Los estudios sobre los PAF realizados en insectos sugieren que los estímulos señal desencadenantes no son procesados por el cerebro, sino que directamente se activa una vía nerviosa que provoca los movimientos necesarios en los músculos involucrados. Esto les permite llevar a cabo actividades vitales la primera vez que lo intentan.

Muchos movimientos de desplazamiento también tienen fuertes influencias genéticas, como la cinesis, la taxis y las migraciones.

Figura 38

Pág.55 de L2. Cap.3

El aprendizaje

El aprendizaje que se adquiere a lo largo de la vida está fuertemente influenciado por el entorno, la capacidad para aprender está también determinada por la información hereditaria de cada especie e incluso de cada individuo. Hay diferentes tipos de aprendizaje, algunos más sencillos y otros más complejos.

HABITUACIÓN

En numerosos casos se observa que muchos animales, a pesar de seguir percibiendo determinados estímulos, dejan de responder a ellos cuando son repetidos o constantes y no los afectan en forma significativa. Por ejemplo, un espantapájaros puede resultar efectivo por unos días para evitar que ciertas aves se acerquen a comer maíz de las plantaciones, pero pronto se habitúan a él, por lo que es necesario cambiar su aspecto o ubicación para que continúe cumpliendo su función.



ASOCIACIÓN

El aprendizaje por asociación es aquel en que un estímulo o una conducta son relacionados por el animal con otro estímulo o conducta que funcionan como recompensa o castigo. Este es un tipo de **aprendizaje asociativo**. En ocasiones, el aprendizaje asociativo relaciona un color, un sonido, un sabor o una conducta con algo positivo o negativo, según el caso. Por ejemplo, los perros llegan a asociar su correa con un paseo.



IMPRONTA

Konrad Lorenz separó los huevos de un nido de gansos grises en dos grupos: uno fue empollado por la madre, y otro fue colocado en una incubadora. Al nacer, los del primer grupo permanecieron con su progenitora, y su comportamiento se desarrolló normalmente. Los del segundo grupo, al eclosionar, tomaron contacto con Lorenz, y a partir de ese día lo siguieron constantemente y nunca quisieron estar en contacto con otros gansos, sino con humanos. Este aprendizaje es irreversible, está limitado a un corto período inicial en la vida de un animal y se denomina **impronta**.



IMITACIÓN

Los animales que viven en grupo suelen copiar comportamientos de otros miembros del grupo y, de ese modo, aprenden nuevas destrezas. Los pájaros jóvenes aprenden a cantar escuchando a los adultos. Muchos depredadores aprenden tácticas de caza imitando a su madre. Los bebés imitan a los adultos para aprender a hablar. La **imitación** puede incluso involucrar a animales de otras especies. Este mecanismo implica además un aprendizaje por ensayo y error hasta lograr desarrollar esas conductas.



55

Figura 39

Pág.56 de L2. Cap.3

Cognición

La capacidad de **cognición** implica razonar y resolver nuevos problemas que surgen, pero ¿pueden los animales no humanos hacer esto? Bernd Heinrich y Thomas Bugnyar un investigador alemán contemporáneo, realizó una prueba con cuervos en la cual estos debían obtener alimentos colgados en una cuerda en una situación que no se les presenta en la naturaleza. Varios cuervos, sin experiencia previa alguna y sin emplear un mecanismo de ensayo y error, observaron la situación y en el primer intento respondieron de la siguiente manera:

La experiencia de Heinrich con cuervos

Para obtener el alimento, los cuervos debían seguir una secuencia precisa de pasos que varios cuervos adultos realizaron en 30 segundos. El cuervo mira hacia abajo a la cuerda colgando con el alimento, sin tocarla. Luego, toma la sogla con el pico, tan abajo como puede, y se levanta. Acto seguido, sostiene con una pata la

cuerda que subió y la suelta del pico, con la cabeza inclinada como para recoger más cuerda. Vuelve a agacharse, toma nuevamente una parte de la sogla con el pico y la levanta para acercarse aún más a la comida; suelta la sogla que pisaba con la pata y vuelve a pisarla a la nueva altura. Así continúa hasta alcanzar el alimento.



En otras experiencias con estas aves, los mismos investigadores colocaron a un grupo de esta especie en un área cerrada, en donde había alimento. Luego, lo trasladaron a otro lugar donde no había ningún alimento, y repitieron esta acción en varias oportunidades. Cuando finalmente liberaron a las aves y dejaron abiertas ambas áreas, todas se apresuraron a entrar a la que tenía alimento, para trasladarlo y enterrarlo en la arena de la otra área. Pareciera que estas aves poseen la capacidad de planear el futuro.

Resultados más recientes demuestran que también hay otras especies con algunas de estas cualidades. El chimpancé es capaz de apilar varias cajas para llegar a una banana colgada del techo; el delfín, por su parte, puede transmitir estados de ánimo y elaborar códigos con la posibilidad de sostener diálogos.

Hasta hace un tiempo, los especialistas creían que era imposible la existencia de animales no humanos que pensaran y tuvieran un concepto del mundo, pero en los últimos años se ha demostrado que muchos de ellos poseen un comportamiento, en ciertos casos, sumamente inteligente.

Cuando se observa la manera en que algunos animales resuelven un problema, se hace evidente que su sistema nervioso tiene una capacidad notable para procesar y almacenar la información: es decir que poseen capacidad de cognición. Los animales con mayor nivel cognitivo son capaces de resolver problemas más complejos. Aquellos que reconocemos como "más inteligentes" tienen dos cosas en común: presentan un cerebro grande en comparación con el tamaño del cuerpo y viven formando grupos sociales complejos, como los elefantes. Algunos autores han especulado que los delfines podrían ser casi tan inteligentes como los humanos.

ACTIVIDADES

- 23 ¿Por qué es importante que un animal realice la impronta con animales de su misma especie?
- 24 Expliquen qué significa el término *cognición*. Busquen, en distintas fuentes de información, ejemplos de otros comportamientos de alto nivel cognitivo.

Figura 40

Pág. 61 de L2. Cap. 3

Comportamiento humano

Los seres humanos y el resto de los animales tenemos en común necesidades instintivas, es decir, impulsos a cumplir, ciertos actos con los cuales está ligada la conservación de la vida. En el hombre, los instintos fundamentales son:

- **Conservación:** impulsan al hombre a satisfacer su necesidad de alimentarse, de protegerse contra el frío y el calor excesivos, a huir automáticamente ante los peligros, a luchar para conservar la vida cuando esto es inevitable, etcétera.
- **Reproducción:** impulsan al hombre a perpetuar la especie humana.
- **Gregarios:** impulsan al hombre a buscar la sociedad con otros seres humanos. *Gregario* también es un calificativo que se aplica a las personas de hábitos gregarios.

Estos instintos además están presentes en muchos animales, pues son en definitiva comportamientos adaptativos.

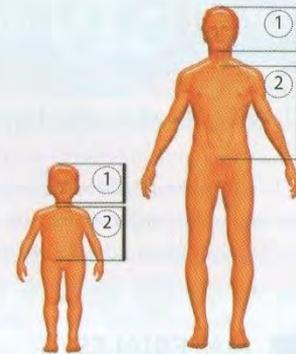


Las expresiones faciales con que mostramos nuestras emociones residen en nuestros genes y no son consecuencia del aprendizaje.

En el ser humano, si bien el impulso instintivo es innato, en la mayoría de los casos, su ejecución depende del ambiente social y de la personalidad de cada individuo. En esos casos, no actuamos de manera automática en respuesta a los estímulos, sino que somos capaces de decidir nuestros actos.

Al igual que el resto de los animales, el comportamiento es el resultado de los genes y el ambiente. Si bien cada individuo nace con una combinación de genes particular, es decir, su genotipo, que provee una base biológica para la conducta, nuestro comportamiento está muy influenciado por factores ambientales para determinar nuestro fenotipo. Nuestros genes no determinan nuestro destino: la conducta humana probablemente sea la más compleja de todo el reino Animal, y tenemos una gran capacidad para aprender.

Vivimos en sociedades, cada una con particulares modelos de conducta que nos son transmitidos y mediante los cuales interactuamos con los demás: la familia, los amigos, la escuela, etcétera. Somos animales culturales: el *Homo sapiens* está adaptado para actuar y pensar cooperativamente en grupo de un modo desconocido en otras especies. Los logros cognitivos más formidables de nuestra especie, sin excepción, no son producto de individuos que obran solos, sino de individuos que interactúan entre sí; las tecnologías complejas, los símbolos lingüísticos y matemáticos, y las más complicadas instituciones sociales son ejemplos de ello. Estos elementos son únicos de nuestra especie.



En 1943, Konrad Lorenz propuso que la proporción entre el tamaño de la cabeza (1) y el tronco (2) del bebé actúa como una señal que dispararía en los adultos el comportamiento afectivo protector. Esto también sucedería en otros mamíferos.

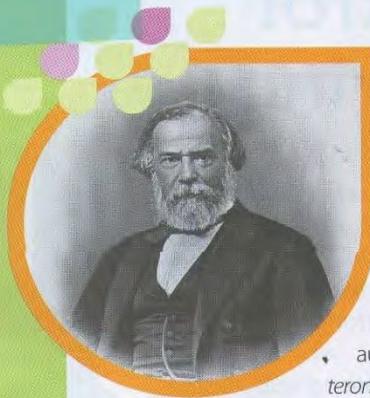
ACTIVIDADES

- 33 Citen tres ejemplos de comportamientos innatos en el hombre y tres que correspondan a comportamientos aprendidos.
- 34 ¿Qué tipo de sociedades conforma el hombre: altruistas, egoístas o cooperativas?, ¿podría hablarse de casos de "sociedades maliciosas"?
- 35 Investiguen en diversas fuentes de información qué es la sociobiología, qué postula y cuáles son las críticas que ha recibido.

Figura 41

Pág.102 de L2. Cap.6

CIENCIA EN CONTEXTO



Señales químicas e investigación

En Francia se corre una prestigiosa carrera de ciclismo internacional, el *Tour de France*. Es una competencia agotadora de un mes de duración, a través de llanuras y montañas. En los últimos años, esta carrera se vio impregnada de acusaciones y rumores acerca del uso de sustancias prohibidas por parte de muchos competidores, entre ellos el supuesto ganador del año 2006. Estas sustancias, conocidas como *esteroides anabólicos*, permiten aumentar el rendimiento de los atletas. Pero ¿cómo ejercen su acción sobre el organismo?

En los varones, a partir de la pubertad, el sistema reproductor aumenta la producción de una hormona o señal química llamada *testosterona* (hormona sexual masculina). Las células que poseen receptores para ella están implicadas en el desarrollo de las características sexuales del hombre: vello facial y corporal, voz grave, aumento de la masa muscular, etcétera. Los esteroides anabólicos son derivados de la testosterona y, si se consumen durante períodos de actividad muscular intensa, favorecen el incremento de la masa muscular, lo que aumenta el rendimiento en los deportistas.

Se considera a Eduard Brown-Séquard (1817-1894), un fisiólogo y neurólogo francés, como el descubridor de las hormonas masculinas. En 1889, obtuvo extractos de testículo de cobayos y perros que se inyectó a sí mismo en forma subcutánea y reportó haber sentido mayor rapidez mental y mayor potencia física. Pero fue Ernest Laqueur quien consiguió aislar e identificar estas hormonas a partir de testículos de toro; a las que luego, en 1935, bautizó con el nombre de *testosterona*.

Otras hormonas fueron identificadas mediante el uso de animales: la insulina, una hormona segregada por el páncreas y encargada de la regulación de la concentración de azúcar en sangre fue aislada por primera vez en 1922, utilizando perros.

Si nos remontamos a la historia de la ciencia, ya desde la época del médico griego Claudio Galeno (130-200 d.C.) se encuentran registros de experimentos diseñados para estudiar la función del cuerpo en animales. Galeno, por ejemplo, realizaba disecciones y vivisecciones de primates y otros mamíferos para verificar las ideas que él tenía sobre la fisiología del organismo.

Las personas nos hemos valido de los animales para lograr gran parte de los conocimientos actuales sobre la anatomía y fisiología humana. Cada año se utilizan entre 50 a 100 millones de vertebrados, desde peces hasta primates no humanos, solo en los Estados Unidos. Muchas veces es necesario que el animal muera durante el experimento o fallece luego de este.

La investigación con animales es fundamental para el avance de la medicina y la farmacología: gracias a esta práctica se salvaron millones y millones de vidas humanas. Solemos gozar de estos avances, sin embargo, sin conocer cómo se investiga con los animales y sin reflexionar acerca de ello.

Para charlar y pensar

1. ¿Por qué creen que los extractos de Brown-Séquard producían esos efectos sobre él? ¿Qué indicaba el hecho de que estos, aun proviniendo de animales tan diferentes, surtieran efectos en seres humanos?
2. Algunas mujeres deportistas, como las fisicoculturistas, también usan esteroides anabólicos. ¿Qué efectos tendrán estos sobre su cuerpo?
3. Investiguen acerca del uso de animales en la investigación científica, cosmética, etcétera. ¿Qué normas éticas deben seguirse en estas investigaciones? ¿Están de acuerdo? Investiguen si el test de Draize cumple estas normas.

Figura 42

Pág.103 de L2. Cap.6

El avance en el conocimiento de la regulación y el control del organismo

Muchos descubrimientos a lo largo de la historia de la ciencia causan poco impacto en su momento y, sin embargo, más adelante sientan las bases para el avance del conocimiento científico. Tal fue el caso del médico alemán Arnold Berthold (1803-1861), quien en 1849 realizó el siguiente experimento con seis gallos en desarrollo, obteniendo estos resultados:

<p>Grupo 1 Dos gallos fueron castrados, es decir que se les extirparon sus testículos.</p>		<p>No desarrollaron sus crestas, el plumaje, la agresividad, el canto ni el comportamiento sexual característicos del gallo maduro.</p>
<p>Grupo 2 Dos gallos fueron castrados, pero se les reimplantaron sus propios testículos en la cavidad abdominal, cerca del torrente sanguíneo y alejados de los nervios principales.</p>		<p>Se desarrollaron normalmente: vistosas crestas, plumaje tupido, canto, agresividad e impulso sexual típicos del gallo maduro.</p>
<p>Grupo 3 Dos gallos no fueron castrados.</p>		

Varios años más tarde, Berthold descubrió que las diferencias observadas entre los gallos castrados se debían a la falta de una sustancia producida por los testículos y que estas podían ser revertidas al administrarles ciertas sustancias producidas por los testículos o incluso al reimplantar estos órganos. Estos experimentos finalmente cambiaron el concepto existente hasta entonces respecto de los mecanismos de regulación y control corporal: las sustancias producidas por ciertos órganos del cuerpo podían ser transportadas a través de la sangre y ejercer efectos en otros lugares del cuerpo, alejados del lugar donde se originaron.

Las investigaciones continuaron y, en 1905, los ingleses Ernest H. Starling (1866-1927) y William Maddock Bayliss (1860-1924), a partir de sus estudios en intestinos de perros, expusieron ante la sociedad científica una conferencia en la que se demostraba cómo las células de un organismo se comunicaban por medio de mensajeros químicos que utilizaban a la circulación sanguínea para efectuar su acción biológica específica a distancia, sin intervención del sistema nervioso. Bautizaron a estos mensajeros con el nombre de **hormonas** (del griego *horman*, que significa "excitar, provocar, incitar"). A partir de ese momento, los estudios sobre las hormonas comenzaron a ganar gran interés entre los investigadores: durante el siglo XX, la medicina ganó una nueva rama, la endocrinología, y con ella, la respuesta y la cura a muchas enfermedades.

CONECTA MÁS+

En la Europa del siglo XVIII, era frecuente que las habilidades para el canto fueran sometidas a una castración para conservar su voz aguda y lograr convertirse en famosos cantantes. Aunque estas prácticas estaban prohibidas, las familias se escudaban en alguna excusa médica para llevarlas adelante. El italiano Farinelli (1705-1782) fue el cantante castrado más famoso de su siglo.



CONECTA SIGNIFICADOS

Endocrinología: es la especialidad médica encargada del estudio de la estructura, la función normal y los desórdenes producidos por alteraciones del sistema endocrino.

ACTIVIDADES

- 1 ¿Por qué los gallos del grupo 2 del experimento de Berthold se desarrollaron normalmente?
- 2 ¿Cómo creen que está formado el sistema endocrino?, ¿qué enfermedades o alteraciones de este sistema conocen?

Figura 43

Pág.104 de L2. Cap. 6

CONECTA MÁS

El **enanismo hipofisario** es causado por una deficiencia de la **hormona del crecimiento** y da lugar a individuos de baja estatura con proporciones corporales anormales. Actualmente, si es detectado a una edad temprana, puede corregirse mediante la administración de esa hormona.



Esta parte de la pintura *Las meninas*, del pintor español Diego Velázquez, presenta un personaje con enanismo hipofisario.

Sistema endocrino: estructura y función

El **sistema endocrino** de los vertebrados está constituido por una serie de órganos que no están físicamente conectados entre sí, llamados **glándulas endocrinas**. Las células de estas glándulas fabrican sustancias que viajan por la sangre hacia otros tejidos u órganos sobre los cuales actúan, controlando y/o regulando sus actividades. Estas sustancias son las hormonas, y tienen la capacidad de atravesar las membranas de las células que las producen, la pared de los vasos sanguíneos e ingresar a la circulación por donde son distribuidas a todo el organismo. Existen muchas hormonas diferentes que controlan distintas funciones, pero solo actúan sobre aquellas células capaces de detectarlas.

La mayoría de las glándulas producen distintas hormonas, pero algunas, además de fabricar hormonas, elaboran otro tipo de sustancias que no son vertidas al torrente sanguíneo, sino que se dirigen hacia otro órgano mediante un conducto. A estas glándulas se las conoce como **glándulas mixtas**. Por ejemplo, el páncreas secreta hormonas a la circulación sanguínea que controlan el nivel de azúcar en la sangre, pero a la vez se comunica con el intestino delgado mediante el conducto pancreático por el que vierte un jugo digestivo.

En las células de todo el cuerpo ocurren un conjunto de reacciones químicas, el **metabolismo**; el sistema endocrino es el encargado de controlarlas, pues le llega información acerca de la disponibilidad de reservas y de las necesidades del organismo, y de esta manera regulan los procesos químicos celulares para garantizar la **homeostasis**. Además, otros procesos como el crecimiento y el desarrollo sexual están también controlados por hormonas.

A diferencia del sistema nervioso, el sistema endocrino permite responder de manera integrada a los estímulos del medio, lo hace de una forma más lenta, pero, a la vez, más sostenida.

Glándulas del sistema endocrino y sus funciones

El **hipotálamo** es una parte del cerebro que se conecta con la hipófisis, y relaciona al sistema nervioso con el endocrino. Fabrica factores de liberación u "hormonas controladoras" que regulan la homeostasis, el hambre, la sed, las emociones, etcétera.

La **hipófisis** es una glándula que produce hormonas que controlan el crecimiento y, además, regula el funcionamiento de otras glándulas.

La **tiroides**, cuyas hormonas controlan el metabolismo celular.

La **corteza de las glándulas suprarrenales**, cuyas hormonas controlan en las células la transformación de los lípidos y las proteínas.

La **paratiroides** es una glándula que regula mediante sus hormonas el nivel de calcio en la sangre.

La **médula de las glándulas suprarrenales** cuyas hormonas, como la adrenalina, regulan el funcionamiento del cuerpo en los comportamientos de huida y de estrés.

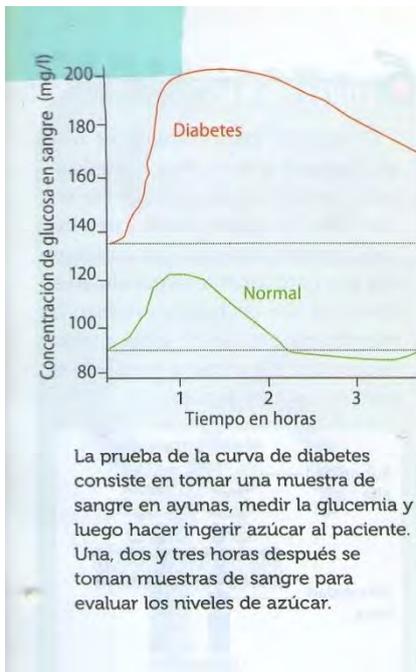
El **páncreas** produce hormonas que regulan la concentración de azúcar en la sangre.

Las gónadas, **ovarios** en las mujeres y **testículos** en los hombres, que producen hormonas sexuales.

Todas las glándulas son compartidas por la mujer y el hombre excepto las gónadas, que son diferentes.

Figura 44

Pág.108 de L2. Cap.6



La insulina y su relación con la diabetes

En 1889, Joseph von Mering y Oskar Minkowski, científicos alemanes interesados en el estudio de los hidratos de carbono en el organismo, experimentaron con perros, extirpándoles el páncreas para analizar cuál era el rol de este órgano en el control del azúcar. El resultado fue que estos perros orinaban con mucha frecuencia y eliminaban glucosa a través de la orina, tenían una sed insaciable, comían más de lo habitual, padecían de hiperglucemia y, finalmente, morían. Estos síntomas coincidían con los de una enfermedad humana conocida pero intratable hasta ese momento: la **diabetes**. Frederick Banting, científico canadiense, realizó un extracto de páncreas, lo separó en distintas fracciones químicas, fue inyectándolo a perros que no poseían este órgano y detectó una sustancia que permitía a estos animales controlar la glucemia, a la que se llamó **insulina**. Desde entonces, la administración de insulina ha sido un recurso valiosísimo para el control de esta enfermedad. En un primer momento, la insulina se obtenía de los animales, principalmente de los cerdos, hasta que en 1965 se logró producirla artificialmente.

La diabetes es una enfermedad en la cual la glucosa no puede pasar de la sangre a las células, provocando una elevada hiperglucemia.

Existen dos tipos principales de diabetes y se originan por distintas causas:

- **Diabetes tipo I.** Aparece antes de los 40 años de edad. En esta afección, por una falla genética, las células del organismo no reconocen como propias a las células productoras de insulina del páncreas y las atacan, y, con el paso de los años, estas células resultan totalmente destruidas. Es decir que se trata de una **enfermedad autoinmune**. El resultado es que el organismo ya no produce más insulina. En estos casos, es necesaria la administración de insulina inyectable diariamente en una dosis exacta, pues una sobredosis provocaría una hipoglucemia, que puede incluso llevar a un estado de coma.
- **Diabetes tipo II.** Aparece en edades más avanzadas. El páncreas fabrica insulina, pero los receptores de las células para la insulina se vuelven defectuosos y no pueden reconocerla. La manifestación de esta alteración, si bien es de origen genético, se ve favorecida por circunstancias como la obesidad o el embarazo. En general, quienes la padecen no presentan síntomas, por lo que no son diagnosticados, aunque representan el 90% de los casos. El tratamiento en este tipo de diabetes es el ejercicio, la dieta y medicamentos que ayudan a que la glucosa penetre en las células. Normalmente no se requiere el empleo de insulina.

ACTIVIDADES

- 7 ¿Por qué en la diabetes tipo I es necesario suministrar insulina, mientras que en la tipo II no lo es?
- 8 En el gráfico de la prueba de diabetes, ¿a qué momento de la prueba corresponde el valor inicial?, ¿qué diferencias notan en cuanto a la recuperación de los valores normales de glucemia?
- 9 ¿Por qué las personas que padecen diabetes presentan síntomas como cansancio y presencia de glucosa en la orina (glucosuria)?

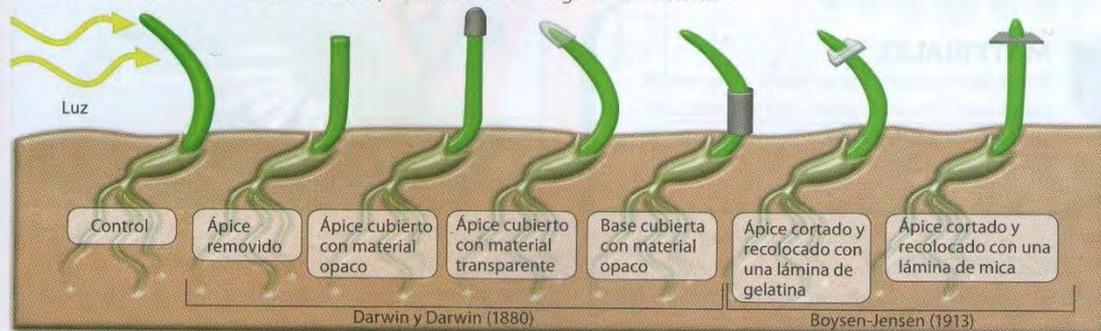


Figura 45

Pág.117 de L2. Cap.6

Hormonas vegetales

Cuando el naturalista inglés Charles Darwin y su hijo Francis estudiaron el fototropismo, vieron que las puntas de las plantas se curvan primero y que la curvatura se extiende luego hacia abajo a lo largo del tallo. Entonces, concluyeron que *cuando las plántulas son expuestas libremente a una luz lateral, se transmite cierta influencia desde la parte superior hacia la inferior, que obliga a la planta a encorvarse*. Luego, el danés Boysen-Jensen demostró, en 1913, que dicha influencia era una sustancia química. Se llamó *auxina* a esta sustancia, la primera hormona vegetal descubierta.



Darwin notó la curvatura del tallo al tapar distintas partes del coleóptilo. Boysen-Jensen cortó un coleóptilo y lo reimplantó intercalando un material permeable (gelatina) o una aislante (mica).

Existen otras hormonas vegetales o **fitohormonas**, pero sus mecanismos de acción aún no son bien conocidos. Se trata de sustancias químicas producidas en pequeñas cantidades por algunas células secretoras de tejidos vegetales, y son capaces de regular el funcionamiento y el desarrollo de la planta. Pueden actuar en el propio tejido que las genera o bien a determinada distancia de ellos, mediante el transporte a través de los vasos de conducción. Las hormonas vegetales más importantes y conocidas son:

- **Auxinas:** intervienen en la regulación del crecimiento vegetal mediante la elongación de las células y son responsables, además, del gravitropismo negativo del tallo. Al ser producida por la yema apical, inhibe el crecimiento de las yemas laterales.
- **Citoquininas:** regulan el ciclo celular, estimulando la división celular. Se encuentran especialmente en órganos con tejidos que se dividen de forma activa: semillas, frutos y raíces. Retrasan el envejecimiento de las hojas.
- **Etileno:** madura los frutos, promueve la caída de hojas, flores y frutos, produce la curvatura de las hojas hacia abajo, induce la formación de raíces.
- **Ácido abscísico:** se encuentra especialmente en hojas y frutos, y se relaciona con la facultad de ciertas plantas para restringir su crecimiento o su capacidad reproductora en épocas desfavorables; induce la latencia de yemas y semillas, inhibe el crecimiento de los tallos, induce el envejecimiento de las hojas, controla la apertura y el cierre de los estomas.
- **Giberelinas:** producen un incremento en el crecimiento del tallo, estimulan la división celular e inducen la germinación de las semillas y la floración.



Zonas de biosíntesis de las fitohormonas.

ACTIVIDADES

- 25 Las plantas, ¿tienen un sistema endocrino? Fundamenten su respuesta.
- 26 ¿Por qué el experimento de Boysen-Jensen comprobó que existía la sustancia que los Darwin propusieron? Expliquen en un breve texto.

Fragmentos del Libro 3

Figura 46

Tapa del texto (L3)

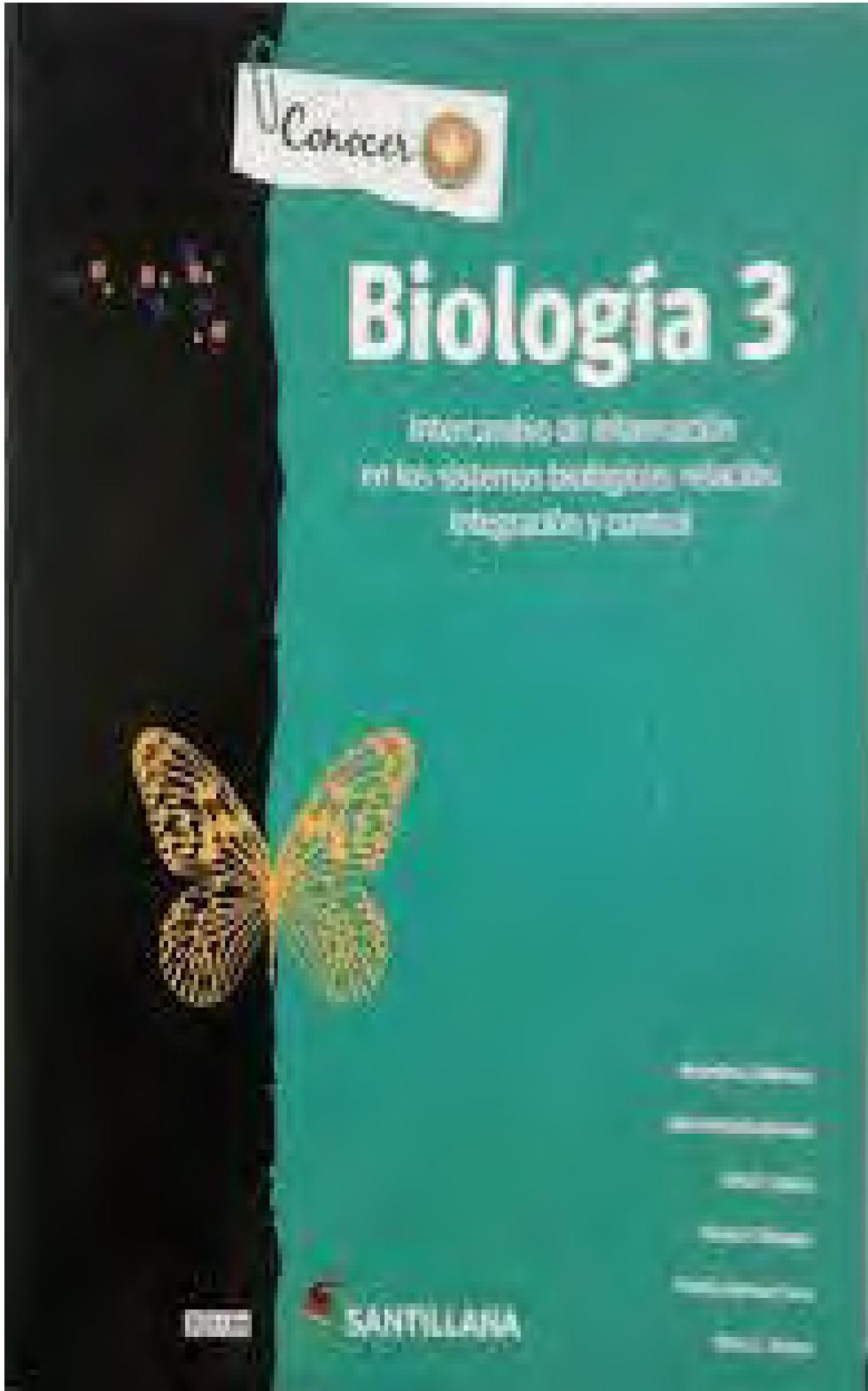


Figura 47

Pág.18 de L3. Cap.1

Conocé +

Los seres vivos como sistemas

Habitando el ambiente

El término **ambiente** (del latín *ambiens*, rodear) suele emplearse con diferentes significados. Uno de ellos hace referencia a una habitación, como cuando decimos que una casa tiene tres ambientes. Otro remite a las condiciones de una reunión, por ejemplo, al decir que el ambiente de una fiesta fue muy divertido. También suele emplearse con relación al aire o la atmósfera, al hablar de la temperatura ambiente. En Ciencias naturales, en particular cuando se habla de un ser vivo, el ambiente incluye los componentes tanto físicos (temperatura, agua, luz, etc.) como biológicos (otros seres vivos, sus restos y desechos) y también las relaciones que se establecen entre ellos, que influyen sobre ese ser vivo.

No es la primera vez que hablamos de los seres vivos. ¿Qué se tiene en cuenta para caracterizarlos? ¿Cómo se los estudia? Hasta mediados del siglo xx, se tenía una mirada analítica de la naturaleza en general y de los seres vivos en particular, es decir, se consideraba que debían estudiarse "por partes". Se suponía, por ejemplo, que entender cómo funciona una célula permitía entender cómo funciona el organismo completo al que pertenece.

Para esa época, el biólogo austríaco Ludwig von Bertalanffy planteó la **teoría general de sistemas**. Con ella propuso una mirada diferente: no tenía en cuenta solo los componentes aislados de un organismo, sino también las posibles relaciones entre ellos. A partir de ese momento se comenzó a estudiar a los seres vivos como sistemas. ¿Qué significa esto? Se considera **sistema** a un conjunto de componentes que se relacionan entre sí. Si bien cada componente posee una función particular, no actúa de manera aislada sino coordinadamente como parte de un todo. Pensemos por ejemplo en nuestro sistema digestivo, que transforma en nutrientes los alimentos que ingerimos, como un componente del organismo. Su función cobra sentido en el marco del funcionamiento general de nuestro cuerpo, ya que al liberar los nutrientes permite que el sistema circulatorio los transporte a cada una de sus células, que a su vez los utilizarán para cumplir con sus funciones.

Tipos de sistemas

Así como al estudiar un sistema es importante considerar las relaciones entre sus componentes, también hay que tener en cuenta las que establece con el **ambiente** al que pertenece. Al hacerlo, es posible identificar tres tipos de sistemas.

- **Sistemas aislados.** No interaccionan con el ambiente, no hay intercambios entre el sistema y el exterior. Es el caso de un termo ideal perfectamente cerrado que contiene agua caliente. No incorpora ni elimina materia ni energía, por lo que el agua permanece siempre a la misma temperatura y con el mismo volumen.
- **Sistemas cerrados.** Interaccionan con el ambiente a través del intercambio de energía pero no de materia, por ejemplo, una taza con leche caliente puesta sobre la mesa. Al cabo de un rato, la leche estará más fría, parte de su calor habrá pasado al ambiente, aunque el volumen de leche se habrá mantenido constante.
- **Sistemas abiertos.** Interaccionan con el ambiente intercambiando con él materia y de energía. Por ejemplo, una fogata se mantiene encendida al incorporar oxígeno del ambiente, mientras le entrega dióxido de carbono y energía en forma de luz y calor.

Los seres vivos son sistemas abiertos. Todos incorporan materia y energía del ambiente, que aprovechan para su crecimiento y su mantenimiento. Además, producen sustancias de desecho que liberan al ambiente y disipan energía en forma de calor.



Es posible armar un sistema cerrado con un frasco en el que se coloca tierra húmeda y una planta, y luego se cierra herméticamente. En esas condiciones, el sistema solo intercambia energía en forma de luz y calor con el ambiente. Este sistema no se podrá mantener de manera indefinida.



Energía (luz, calor, sonido)

Materia (alimento, oxígeno)

Materia (dióxido de carbono y otros desechos)

Energía (calor, movimiento)

Todos los seres vivos, como este pingüino, son sistemas abiertos porque intercambian materia y energía con el ambiente.

18

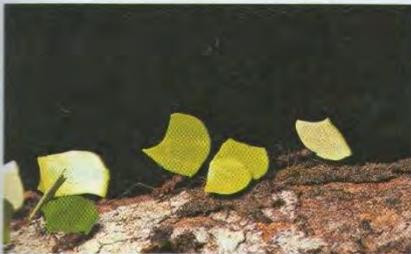
Figura 48

Pág.19 de L3. Cap.1

Los niveles de organización

A través de su teoría de sistemas, Bertalanffy propuso que se debía estudiar de manera similar desde lo más diminuto, como un átomo, hasta lo más enorme y distante a nosotros, como una lejana galaxia. Esta mirada llevó a considerar que en la naturaleza se pueden reconocer una serie de **niveles de organización**, cada uno de los cuales constituye un sistema. Ya en la Grecia antigua, en el siglo IV a. C., Aristóteles sostenía que el todo es más que la suma de las partes. Esa idea, retomada por Bertalanffy, lo condujo a definir las llamadas **propiedades emergentes** como aquellas que un determinado nivel de organización adquiere por la suma de las partes que lo forman y que no eran propiedades de cada parte por separado. Tomemos como ejemplo los huesos, que a pesar de su dureza característica, cumplen con la función de sostén solo al unirse por medio de articulaciones y conformar el esqueleto. Por lo tanto, el esqueleto es más que una suma de huesos, y la función de sostén constituye una propiedad emergente del nivel de sistemas de órganos, al que corresponde el esqueleto.

En cada nivel de organización también es posible encontrar regularidades o **propiedades trascendentes**, es decir, propiedades comunes a todos los sistemas, que permiten explicar su funcionamiento. Para el caso de los seres vivos, una de sus propiedades trascendentes es la de ser sistemas abiertos, lo que nos permite generalizar su característica de intercambiar materia y energía con el ambiente. Otras propiedades trascendentes de los seres vivos son la función de relación y la función de control, que analizaremos en las páginas siguientes.



En el caso de los insectos sociales, como las hormigas, la comunidad se puede considerar un nivel de organización, ya que sus integrantes actúan en general colectivamente para asegurar la supervivencia de la colonia.

Cada nivel de organización se conforma con componentes del nivel anterior que funcionan de manera coordinada. Más allá del nivel de individuo, se pueden considerar otros niveles: población, comunidad, ecosistema, bioma y biosfera.



Recordá

1. a) ¿Cuál es la diferencia entre estudiar a los seres vivos con una mirada analítica y con una mirada de sistema?
- b) Completá con cruces el siguiente cuadro:

		Sistemas		
		Cerrado	Aislado	Abierto
Intercambio	Materia			
	Energía			

- c) En un sistema, ¿a qué se considera una propiedad emergente y a qué una propiedad trascendente?

Resolvé

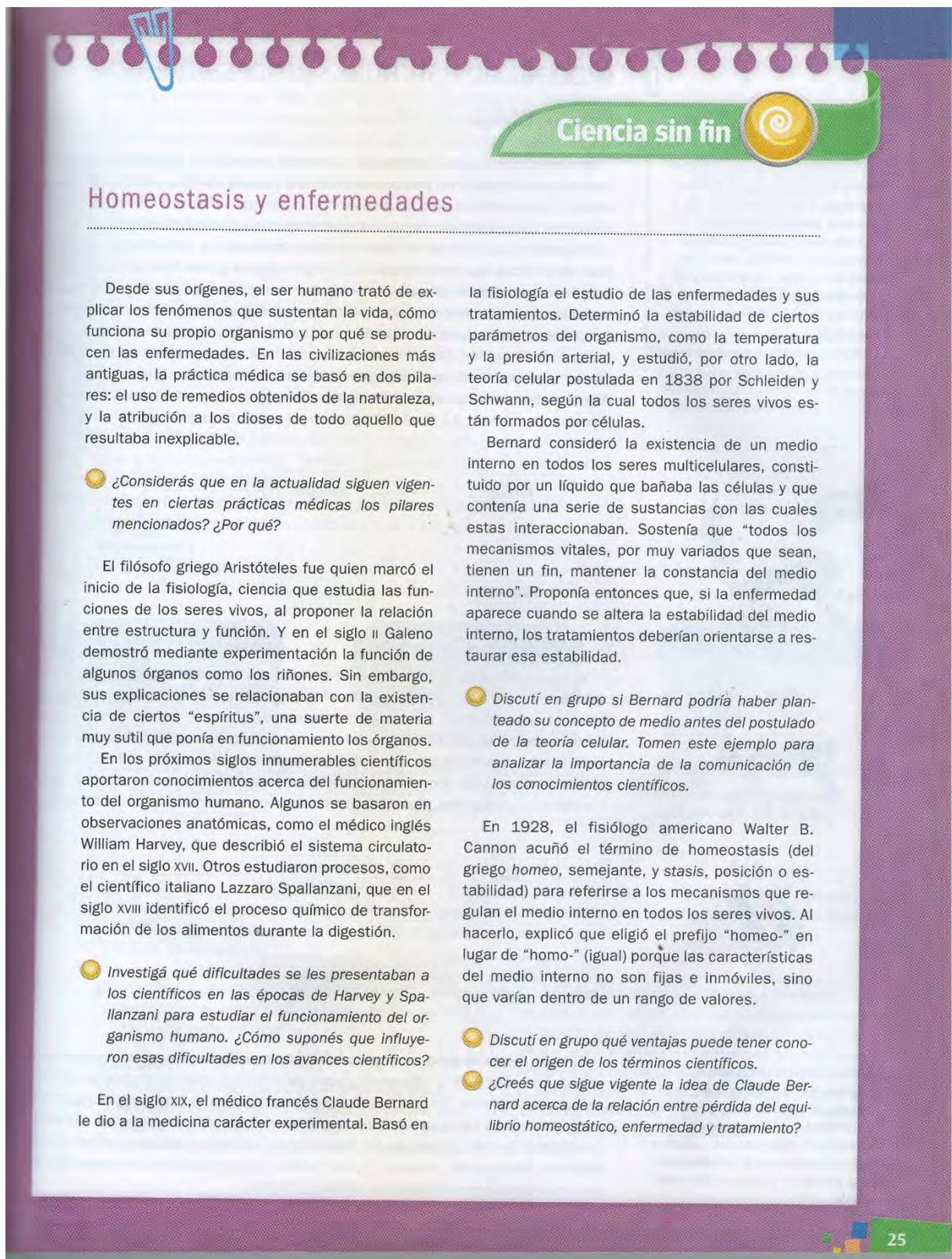
2. Mediante el proceso de fotosíntesis, las plantas elaboran su alimento a partir de dióxido de carbono del aire, agua y energía luminosa. Como resultado, también producen oxígeno y agua. Además, aprovechan las sales disueltas en el agua que incorporan en la producción de otras sustancias necesarias para su mantenimiento. ¿Cómo puede mantenerse en el tiempo un sistema cerrado como el del frasco mencionado en esta página?

Investigá

3. Una de las funciones de los seres vivos es la nutrición, en la que participan los sistemas digestivo, respiratorio, circulatorio y urinario. Investigá qué función particular aporta cada uno de esos sistemas. A partir de esa investigación, ¿por qué te parece que la nutrición puede considerarse una propiedad emergente en el nivel de organización de individuo?

Figura 49

Pág.25 de L3. Cap.1



Ciencia sin fin 

Homeostasis y enfermedades

Desde sus orígenes, el ser humano trató de explicar los fenómenos que sustentan la vida, cómo funciona su propio organismo y por qué se producen las enfermedades. En las civilizaciones más antiguas, la práctica médica se basó en dos pilares: el uso de remedios obtenidos de la naturaleza, y la atribución a los dioses de todo aquello que resultaba inexplicable.

¿Consideras que en la actualidad siguen vigentes en ciertas prácticas médicas los pilares mencionados? ¿Por qué?

El filósofo griego Aristóteles fue quien marcó el inicio de la fisiología, ciencia que estudia las funciones de los seres vivos, al proponer la relación entre estructura y función. Y en el siglo II Galeno demostró mediante experimentación la función de algunos órganos como los riñones. Sin embargo, sus explicaciones se relacionaban con la existencia de ciertos "espíritus", una suerte de materia muy sutil que ponía en funcionamiento los órganos.

En los próximos siglos innumerables científicos aportaron conocimientos acerca del funcionamiento del organismo humano. Algunos se basaron en observaciones anatómicas, como el médico inglés William Harvey, que describió el sistema circulatorio en el siglo XVII. Otros estudiaron procesos, como el científico italiano Lazzaro Spallanzani, que en el siglo XVIII identificó el proceso químico de transformación de los alimentos durante la digestión.

Investigá qué dificultades se les presentaban a los científicos en las épocas de Harvey y Spallanzani para estudiar el funcionamiento del organismo humano. ¿Cómo suponés que influyeron esas dificultades en los avances científicos?

En el siglo XIX, el médico francés Claude Bernard le dio a la medicina carácter experimental. Basó en

la fisiología el estudio de las enfermedades y sus tratamientos. Determinó la estabilidad de ciertos parámetros del organismo, como la temperatura y la presión arterial, y estudió, por otro lado, la teoría celular postulada en 1838 por Schleiden y Schwann, según la cual todos los seres vivos están formados por células.

Bernard consideró la existencia de un medio interno en todos los seres multicelulares, constituido por un líquido que bañaba las células y que contenía una serie de sustancias con las cuales estas interactuaban. Sostenía que "todos los mecanismos vitales, por muy variados que sean, tienen un fin, mantener la constancia del medio interno". Proponía entonces que, si la enfermedad aparece cuando se altera la estabilidad del medio interno, los tratamientos deberían orientarse a restaurar esa estabilidad.

Discutí en grupo si Bernard podría haber planteado su concepto de medio antes del postulado de la teoría celular. Tomen este ejemplo para analizar la importancia de la comunicación de los conocimientos científicos.

En 1928, el fisiólogo americano Walter B. Cannon acuñó el término de homeostasis (del griego *homeo*, semejante, y *stasis*, posición o estabilidad) para referirse a los mecanismos que regulan el medio interno en todos los seres vivos. Al hacerlo, explicó que eligió el prefijo "homeo-" en lugar de "homo-" (igual) porque las características del medio interno no son fijas e inmóviles, sino que varían dentro de un rango de valores.

Discutí en grupo qué ventajas puede tener conocer el origen de los términos científicos.

¿Creés que sigue vigente la idea de Claude Bernard acerca de la relación entre pérdida del equilibrio homeostático, enfermedad y tratamiento?

25

Conocé 

Distintos giros

Heliotropismo y **fototropismo** son palabras que poseen en común el término "tropismo", que proviene del vocablo griego *tropé* y significa "girar" o "volverse". El prefijo de cada palabra indica el tipo de estímulo al que reacciona la planta mediante el tropismo. Del mismo vocablo *tropé* han derivado otras palabras como troposfera o trópico.

Los estímulos lumínicos

Las respuestas de las plantas al estímulo de la **luz** son unas de las que más fácilmente podemos evidenciar y, por lo tanto, su estudio resulta bastante sencillo. Como ya vimos, estas respuestas varían de una planta a otra y pueden ser tropismos o nastias. A continuación, veremos algunas: **fototropismo**, **heliotropismo** y **nictinastia**.

El fototropismo

Seguramente habrás observado alguna vez que en las plantas que crecen en ambientes poco iluminados, sus tallos y hojas tienden a curvarse hacia el lugar de donde proviene un estímulo lumínico. Esta respuesta se llama **fototropismo positivo**. El **fototropismo negativo** (crecimiento en contra de la luz) es poco común; se presenta, por ejemplo, en las raíces de algunas pocas plantas. Charles y Francis Darwin estudiaron el fototropismo positivo y publicaron sus observaciones en 1880. Tapando diferentes partes del tallo de plántulas de gramínea, determinaron que cuando se impedía la llegada del estímulo al extremo en crecimiento de la plántula, el ápice, no se producía la curvatura del tallo hacia la luz. Esto significaba, entonces, que en esta zona de la planta se captaba el estímulo aunque la respuesta se produjera en otra parte del tallo ubicada más abajo. El fototropismo tiene un valor muy importante para la supervivencia de las plantas.

Más adelante nuevos experimentos permitieron definir que, dentro del espectro electromagnético, las longitudes de onda correspondientes a la luz azul son las que estimulan a las plantas para producir los fototropismos.

El heliotropismo

Un tipo especial de fototropismo es el **heliotropismo**. En este caso, las hojas y/o las flores rastrean la dirección en que les llegan los rayos del Sol y se van moviendo en el mismo sentido, con lo que reciben siempre el máximo de luminosidad. Cuando el movimiento de las hojas y de las flores se produce de modo que los rayos solares caigan sobre ellas en forma perpendicular, se llama **diaheliotropismo**, una respuesta que optimiza la captación de la luz solar. Si observamos una planta de girasol durante un día, veremos que la disposición de hojas y flores sigue al Sol en todo su recorrido en el cielo. Al atardecer, las hojas están dispuestas casi verticalmente, apuntando hacia el lugar en el horizonte donde se oculta el Sol. En las dos horas siguientes las hojas se disponen perpendiculares a sus tallos, en posición de "descanso", y una o dos horas antes del amanecer vuelven a moverse para ubicarse mirando hacia el punto del horizonte donde asoman las primeras luces.

En otras plantas, el movimiento que se observa permite ubicar las hojas en forma paralela a los rayos solares y se llama **paraheliotropismo**.

La nictinastia

El trébol tiene sus hojas abiertas durante el día y las cierra en la noche, igual que otras plantas, como la margarita común. Las flores del rayito de Sol se abren cuando el Sol las ilumina plenamente y se cierran cuando la iluminación disminuye. En ambos casos se trata de un tipo de respuesta especial a la estimulación lumínica, la **nictinastia**. Estas especies detectan la transición de la oscuridad a la luz o de la luz a la oscuridad, independientemente de la dirección desde donde provenga el estímulo. El movimiento se debe a cambios en el tamaño de células motoras ubicadas en la base de las hojas ocasionados por la entrada de agua a través de sus membranas. Algunas de estas células provocan la apertura de las hojas y otras el cierre, ambas por el mismo mecanismo y dependiendo de su disposición.



▲ La incidencia de una fuente de luz lateral provoca la curvatura de los tallos en la dirección del estímulo.



▲ Las hojas y flores del girasol se mueven para recibir a pleno la luz del Sol durante todo el día.

34

Figura 51

Pág.38 de L3. Cap.2



A El tallo presenta gravitropismo negativo, mientras que la raíz crece siempre en dirección a la gravedad (gravitropismo positivo).

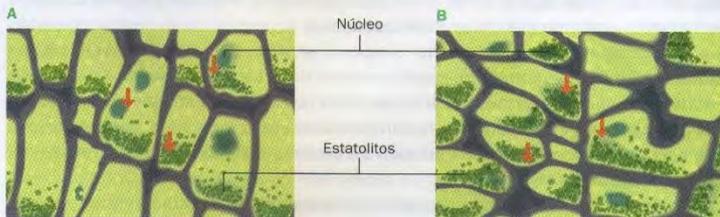
La gravedad como estímulo

Otra respuesta de alto valor para la supervivencia de las plantas es la capacidad para responder a la **gravedad**. Ante este estímulo, la planta que comienza a crecer se endereza: la raíz crece en dirección al estímulo y el tallo se aleja de este. Entonces, la raíz presenta **geotropismo** o **gravitropismo positivo**, y el tallo, **geotropismo** o **gravitropismo negativo**. Ante este proceso, surge una pregunta central: ¿de qué modo detecta una plántula en qué posición está? Según se sabe hasta el momento, la respuesta a la gravedad se debe a la presencia de **estanolitos**, unas organelas especializadas que contienen almidón. Los estanolitos se reúnen cerca de la zona inferior de las células. Si la raíz se coloca en posición horizontal, los estanolitos se deslizan y se disponen sobre la pared de las células que se encuentra más abajo. A los pocos minutos, la raíz comienza a curvarse hacia abajo, y los estanolitos vuelven lentamente a su posición original.

En los tallos, los estanolitos se ubican principalmente en el extremo en crecimiento, de modo que si un tallo se dispone horizontalmente, la superficie superior dejará de crecer, mientras que la superficie inferior continuará creciendo, incluso a mayor velocidad. El resultado es la torsión del tallo en dirección opuesta a la gravedad.

A fines del siglo XIX y principios del XX se realizaron distintos experimentos con el **clinóstato**, un dispositivo en donde una planta giraba lentamente sobre su eje longitudinal, ideado para eliminar el estímulo gravitatorio. La respuesta más rápida y evidente de una planta moviéndose en un clinóstato era la flexión hacia abajo de las hojas. Una explicación a este fenómeno fue que la flexión respondía a una tensión mecánica sobre la hoja, producto del movimiento del clinóstato. Sin embargo, recientemente se observó que las plantas que crecen en un transbordador espacial, en situación de ingravidez, también presentan como respuesta la flexión de las hojas. Por lo tanto, la flexión es un fenómeno relacionado con la falta de gravedad y no con estímulos de naturaleza mecánica.

Al variar la posición de la raíz, los estanolitos cambian su ubicación atraídos por la gravedad, como señales para el gravitropismo positivo.
A. Raíz vertical. B. Raíz horizontal.



Recordá

11. Realizá en tu carpeta los siguientes esquemas:
- Una planta en crecimiento indicando las partes que poseen respuesta gravitropica positiva y negativa.
 - Una célula de la raíz que contenga estanolitos indicando brevemente su función en la respuesta gravitropica.

Relacioná

12. Respondé las siguientes preguntas:
- ¿Cuál sería la ventaja adaptativa de la respuesta gravitropica positiva de la raíz?
 - ¿Qué sucedería con la planta si el tallo no presen-

tara gravitropismo negativo? ¿Podría tener alguna ventaja adaptativa?

Resolvé

13. Imaginá que sos un científico que está estudiando la respuesta de las plantas a los estímulos gravitropicos.
- Diseñá un experimento para probar qué porción del extremo de la raíz de una planta recibe el estímulo gravitropico.
 - Compará tu diseño con el de tus compañeros. Discutan las ventajas y desventajas de los distintos diseños, y elijan el que les parezca más útil para lograr el objetivo propuesto.

Figura 52

Pág.39 de L3. Cap.2

Ciencia sin fin

Descubriendo la fotoperiodicidad

Si bien los primeros estudios sobre el fotoperíodo datan del siglo XIX, su dilucidación requirió de varios años. El primer científico que sugirió que la duración del día podía influir en la distribución de las plantas fue el botánico inglés Arthur Henfrey, aunque al mundo científico de 1852 en el que vivía no le resultó sencilla de aceptar la idea de que las plantas pudieran medir el tiempo. Parece que hasta los mismos científicos se resistían a dar crédito a las ideas que surgían de sus propios datos. Recién en la década de 1910 el científico francés Julien Tournais se dedicó a estudiar la importancia de la cantidad de horas de luz en la floración del lúpulo. En 1914 enunció que "En las plantas jóvenes de lúpulo se presenta una floración precoz cuando, desde la germinación, se exponen a períodos muy breves de iluminación diaria", y "El florecimiento precoz no se debe tanto al acortamiento de los días sino al alargamiento de las noches". Tournais planeaba seguir sus estudios, pero murió combatiendo en la Primera Guerra Mundial.

● *¿Por qué pensás que a los científicos de aquella época les resultaba tan remota la relación entre la floración y la duración del día?*

Por la misma época el botánico Georg Klebs, en Alemania, trabajaba con plantas de siempreviva. Observó que al recibir varios días de luz constante, florecían y lo relacionó con la nutrición. Para demostrarlo, comparó resultados obtenidos aplicando intensidades bajas durante tiempos largos e intensidades altas durante tiempos menores, esperando resultados similares. No fue así, lo cual sugirió que el factor tiempo era importante.

En 1920, Wightman Garner y Harry Allard trabajaban en laboratorios del Departamento de Agricultura en Estados Unidos con plantas de tabaco. Observaron que, en el campo, las plantas crecían hasta una altura de 3 a 5 metros durante los meses de verano pero no florecían, mientras que en el invernadero, durante los meses de invierno

alcanzaban la altura de 1 metro pero florecían sin inconvenientes.

● *¿Te parece importante la elección de las especies de plantas para estudiar el fotoperíodo? ¿Qué puede cambiar si se eligen unas en lugar de otras?*

● *¿Garner y Allard se dedicaban a la ciencia básica o a la ciencia aplicada? Justificá tu respuesta.*

Experimentaron con varios factores ambientales que podían diferir entre los campos en verano y los invernaderos en invierno, sin poder concluir que fuera alguno de esos el que afectara la floración. Garner y Allard sabían que la duración del día variaba a lo largo de la temporada, pero les parecía remotísima la posibilidad de que ese factor fuera el que controlaba la floración...

● *¿Qué te parece que puede ocurrir cuando un científico está convencido de que un resultado no es posible antes de iniciar su investigación?*

Cuando finalmente obtuvieron resultados en ese sentido, fueron los primeros en sorprenderse, probablemente porque no conocían los estudios de sus antecesores europeos, y porque en el pensamiento científico de la época aun no cristallaba la idea de que las plantas podían responder a la duración del período de luz y oscuridad.

● *¿Qué relación encontrás entre la Primera Guerra Mundial y la construcción del conocimiento acerca del fotoperíodo?*

● *En las últimas décadas, las comunicaciones han sufrido un desarrollo muy vertiginoso. La telefonía celular, la comunicación virtual e Internet son ejemplos de esa evolución. ¿Pensás que los avances tecnológicos en la comunicación tienen relación con el desarrollo del conocimiento científico?*

39

Figura 53

Pág. 57 de L3. Cap.3

Ciencia sin fin

La visión en colores

Allá por 1666, un científico saltó a la fama mundial –e histórica– por elucubrar hipótesis a la sombra de un manzano. Era el físico inglés Isaac Newton, que también se dedicaba a pensar en la luz. Demostró, usando un prisma, que la luz blanca está compuesta por un espectro de siete colores, donde cada componente es monocromático, o sea que no puede separarse en más colores. Consideró entonces que esos colores serían los que se perciben como colores primarios para formar en nuestra mente imágenes a todo color. Sin embargo, los pintores podían demostrar una realidad distinta: en sus paletas podían lograr todos los colores mezclando tres pigmentos puros o primarios: rojo, azul y amarillo.

El fisiólogo alemán Ewald Hering no estaba totalmente satisfecho con la teoría tricrómica y en 1882 postuló una teoría diferente, la de los pares oponentes o procesos opuestos. Observando que era imposible registrar ciertas combinaciones de color, sugirió que el sistema visual funciona a partir de un proceso de oposición de colores: cuatro colores primarios estarían dispuestos en pares opuestos: rojo-verde y azul-amarillo (luego se consideró también blanco-negro). Solo se puede registrar uno de los colores de cada par a la vez y estas percepciones se combinan para producir en nuestra mente cada uno de los múltiples colores que tienen los objetos a nuestro alrededor. Esto explicaría por qué no se puede percibir un color rojo verdoso o azul amarillento.

¿Qué creés que ocurre cuando un científico elabora una teoría que se contrapone con un dato de la realidad?

Unos años más tarde, esta paradoja comenzó a develarse cuando, en 1802, el científico Thomas Young –también inglés– enunció una teoría según la cual la percepción del color es el resultado de la acción conjunta de tres receptores, cada uno de ellos sensible a luz de una longitud de onda determinada (rojo, azul y verde), que se encuentran en la retina humana. Esta teoría fue corroborada y ampliada por el científico alemán Hermann von Helmholtz en 1856. Él realizó experiencias que demostraban que la mayoría de las sensaciones de colores se podían conseguir superponiendo tres fuentes de luz de los colores primarios. A partir de estos estudios se postuló la llamada teoría tricrómica o de Young-Helmholtz.

¿Qué característica creés que necesitaron estos científicos, como muchos otros, para desarrollar sus teorías?

¿Qué relación existe entre la teoría y la experimentación en la investigación científica de un fenómeno natural?

¿Qué papel pensás que juega la duda en el trabajo de los científicos?

Hoy en día, se acepta que la visión del color en los seres humanos se explica mejor con una combinación de ambas teorías. La teoría tricrómica se aplica a la recepción del color a nivel de los fotorreceptores de la retina, y recién se vio fundamentada fisiológicamente en 1965, cuando se hallaron tres clases de conos, cada uno de los cuales absorbe luz de una única y particular longitud de onda (azul, verde y roja). La teoría de los pares oponentes es más útil para comprender el procesamiento de la sensación del color en el cerebro.

Estas teorías sustentan hoy el desarrollo tecnológico relacionado con la reproducción del color como la televisión, la fotografía o la impresión gráfica.

¿La teoría de los pares oponentes habría surgido si se hubiera descubierto la existencia de los conos en el siglo XIX en vez de durante el siglo XX?

Investigá qué otros desarrollos tecnológicos se fundamentan en estas teorías acerca de la visión del color.

57

Figura 54

Pág. 58 de L3. Cap. 3



- Muchas especies de aves construyen nidos, cada cual a su manera. **A.** Tacuarita. **B.** Horneros.



- La conducta innata de succión del pezón materno es característica de los mamíferos, indispensable para la supervivencia del recién nacido y muy importante también para su vida social posterior.

El comportamiento

Podríamos definir el **comportamiento** como todo aquello que hacen los seres vivos en respuesta a los estímulos. Como hemos estudiado hasta ahora, el modo en que responde cada ser vivo a los estímulos de su ambiente es fundamental para su supervivencia como individuo y como especie.

A comienzos del siglo xx se comenzó a investigar el comportamiento animal y humano desde un punto de vista relacionado con la evolución y la genética. Algunos científicos sostenían que el comportamiento solo dependía de factores ambientales, de lo que los individuos aprendían luego de su nacimiento. Sin embargo, estudios posteriores demostraron que parte del comportamiento de los animales depende de la información contenida en sus genes.

El comportamiento innato

El médico y zoólogo austriaco Konrad Lorenz y el zoólogo holandés Nikolaas Tinbergen, ganadores del premio Nobel en 1973, estudiaron muchas especies animales en su ambiente natural e introdujeron nuevos conceptos en el campo de la Etología, la rama de la Biología que estudia el comportamiento. Observaron, por ejemplo, que cuando una gansa veía un huevo fuera de su nido, se concentraba observando el huevo, extendía su cuello y lo hacía rodar hasta meterlo en el nido. Este comportamiento se desarrollaba de una manera muy mecánica. Si se retiraba el huevo mientras la gansa comenzaba a extender el cuello, igualmente completaba el movimiento de hacer rodar un huevo hacia el nido, aunque este ya no estuviera allí. Además vieron que las gansas recuperaban una variedad de otros objetos, como frutas o pelotas, al confundirlas con huevos. Lorenz y Tinbergen llamaron a este comportamiento **patrón fijo de acción**, movimientos fijos que se repiten en una secuencia siempre igual y que una vez iniciada se completa aunque desaparezca el objeto de la acción o cambien los estímulos externos.

El comportamiento que se observa como resultado del patrón fijo de acción es el **comportamiento innato** o **instintivo** y está determinado genéticamente. El objeto que desencadena la activación de este tipo de comportamiento se denomina **estímulo-señal**. La boca abierta de una cría representa para una ave madre el estímulo-señal que desencadena el comportamiento innato de alimentarlas.

Algunos comportamientos innatos se desencadenan solo cuando el estímulo-señal se presenta antes de determinada edad, como ocurre con la respuesta de escape de los gansos ante una sombra amenazante que se produce solamente hasta la edad de siete días.

Los estímulos-señal pueden ser muy variados. El color de la piel o los plumajes son disparadores de comportamientos de apareamiento o agresión entre muchos animales; olores o movimientos pueden desencadenar comportamientos de huida muy específicos. Todos los tipos de receptores y respuestas se pueden poner en juego en el comportamiento innato.

Los patrones fijos de acción, que aparecen a determinada edad, sexo y condiciones fisiológicas, se transmiten de padres a hijos igual que las características físicas. Algunos son semejantes entre especies distintas, y otros se encuentran solamente en una especie. Por ejemplo, los patrones que permiten a los animales caminar son similares en la mayoría de los mamíferos, mientras que los rituales de cortejo de las aves son muy específicos en cada especie.

Algunos patrones fijos de acción son muy rígidos, y la experiencia tiene escaso efecto sobre ellos; otras conductas instintivas son más elásticas y pueden ser modificadas por el aprendizaje y la experiencia. Los pollitos recién nacidos, por ejemplo, picotean para buscar alimentos pero requieren cierto tiempo de aprendizaje para picotear solo aquello que realmente les sirve como alimento.


Actividades finales

Recordá

20. Uní de manera adecuada los conceptos de la primera columna con las definiciones de la segunda.

Propioceptores	Unidad simple con lente y células fotorreceptoras que forma parte del ojo complejo de los artrópodos.
Omatidio	Transmiten información sobre la posición del cuerpo y su orientación en el espacio.
Sáculo	Estructuras relacionadas con la termorrecepción.
Fosetas faciales	Cámara que forma parte del órgano del equilibrio de los vertebrados.

Relacioná

21. Analizó el siguiente texto y luego contestá las preguntas que te proponemos.

En la gran ciudad los coches son muy veloces. Atraviesan las calles y avenidas a grandes velocidades. Las aves que viven en la ciudad son capaces de alimentarse de los granos que han caído desde un camión de transporte, echándose a volar justo antes de sucumbir bajo una rueda, y a la hora de mayor tránsito. Estudios recientes sobre el comportamiento animal establecen que cualquier animal que se haya desarrollado dentro de una gran ciudad logra habilidades para la supervivencia que difícilmente muestran sus congéneres que viven en condiciones naturales.

a) ¿El comportamiento de las aves de ciudad es innato o adquirido?

b) ¿Podrías decir que las aves de ciudad son más inteligentes que las aves que viven en la naturaleza?

c) ¿Podría aplicarse en este caso el concepto de aprendizaje?

22. Compará los distintos sistemas de recepción de estímulos. ¿Cuántos y cuáles poseen células ciliadas como parte del sistema de detección?

Investigá

23. Se han realizado muchas investigaciones acerca del aprendizaje en el uso de herramientas utilizando unas aves que parecen ser muy inteligentes, los cuervos.

Buscá información al respecto y armá un afiche que compendie la información que conseguiste. Una pista: el biólogo argentino Alejandro Kacelnik, que trabaja en el Reino Unido, es un referente en la materia.

Experimentá

24. Reunite con tu grupo para experimentar sobre la acción de diversos receptores en el ser humano. Van a necesitar: virutas de madera, un recipiente con agua caliente (a no más de 45 °C), un recipiente con agua y hielo, dos recipientes con agua a temperatura ambiente, una pizca de sal gruesa, un reloj con segundero, una manzana, una banana.

1.º Uno de los compañeros del grupo debe cerrar bien los ojos mientras otro le va tirando virutas de madera sobre la mano extendida. En el momento que sienta la presión sobre la mano, deben interrumpir el procedimiento y verificar qué cantidad de viruta fue necesario utilizar para lograr el efecto. Repitan la experiencia con tres o cuatro personas diferentes, y registren en forma aproximada si las cantidades fueron mayores, iguales o menores. ¿Cuánta viruta hace falta para poder percibir la presión? ¿Fue similar para todos los que probaron?

2.º Otro de los compañeros del grupo deberá introducir al mismo tiempo una mano en el recipiente con agua caliente y la otra en el que contiene agua fría. Luego de un minuto, pasarán ambas a los recipientes con agua a temperatura ambiente. ¿Recibe la misma sensación en ambas manos en el agua a temperatura ambiente?

3.º Otro compañero deberá colocarse los granos de sal gruesa sobre la lengua mientras otro toma el tiempo con el segundero para determinar cuánto tiempo pasa para que perciba el gusto. ¿Percibe el gusto inmediatamente o pasan algunos segundos?

4.º Con los ojos bien cerrados, huelan la manzana y la banana. Diferencien los aromas. Luego coman un trozo de manzana mientras huelen la banana. ¿Pueden diferenciar ambas frutas por el aroma? ¿Qué les parece que están comiendo?

a) Respondan por escrito las preguntas de cada punto y fundamenten las observaciones.

b) ¿Qué receptores intervienen en cada caso? ¿De qué tipo son?

Figura 56

Pág. 121 de L3. Cap. 7

Desde la primera menstruación –llamada **menarca**– hasta la menopausia, cada mes el ovario libera un óvulo (o al menos uno), y el útero se prepara para recibir eventualmente al embrión en el caso de que el óvulo sea fecundado. Veamos con más detalle cómo se llevan a cabo ambos procesos, la ovulación y las modificaciones del útero.

Todos los meses ocurre el mismo ciclo: por acción de la hormona folículo estimulante (FSH), comienzan a desarrollarse folículos en el ovario, los cuales segregan estrógenos, estimulando así el crecimiento del endometrio (tejido que recubre las paredes internas del útero). Uno solo de los folículos completa su maduración y produce un óvulo.

Alrededor del día 14, el folículo libera el óvulo (**ovulación**). Cuando esto sucede, por acción de la hormona luteinizante (LH) el folículo roto se transforma en el cuerpo lúteo o amarillo, y comienza a secretar estrógeno y gran cantidad de progesterona. Esta hormona prepara al útero engrosando el endometrio para la posible implantación del óvulo fertilizado. Este tejido es una especie de “colchón” formado por una gran cantidad de células y de vasos sanguíneos que, en el caso de que haya fecundación, nutrirán y albergarán al cigoto hasta que culmine su desarrollo.

Por el contrario, si la fecundación no se lleva a cabo, el cuerpo lúteo degenera, se interrumpe la secreción de estrógeno y de progesterona, lo que determina que deje de crecer el endometrio; entonces, este tejido se desprende y se elimina al exterior como un sangrado cada vez. Esto es lo que se denomina **menstruación**.

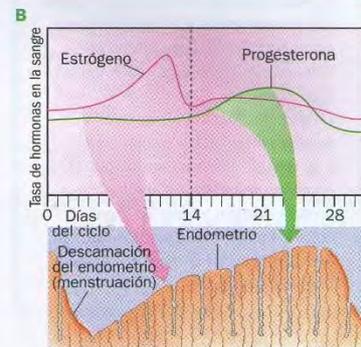
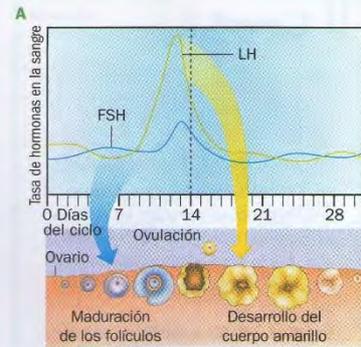
El ciclo menstrual, por lo general, dura entre 28 y 30 días, que se cuentan desde el inicio de la primera menstruación hasta el primer día de la menstruación del mes siguiente. Al iniciarse un nuevo ciclo, aumenta otra vez la producción de las hormonas folículo estimulante (FSH) y de la hormona luteinizante (LH).

La regulación del ciclo menstrual

Seguramente habrás escuchado que se puede optar por distintos métodos para “cuidarse” y evitar embarazos no deseados. De hecho, en la actualidad, está ampliamente aceptado que las personas, sea por el motivo que fuere, tienen derecho a controlar la natalidad o, lo que es lo mismo, decidir cuándo tener hijos. Los métodos para tal fin variarán de acuerdo con los estilos de vida, las creencias, las diferentes circunstancias y el desarrollo científico del momento.

Uno de los métodos anticonceptivos usados se basa en el control hormonal en las mujeres. Así, el ciclo menstrual puede ser alterado incorporando compuestos elaborados con hormonas sintéticas, similares a las que produce naturalmente la mujer. Estas sustancias, denominadas **anticonceptivos hormonales**, varían el funcionamiento normal de los ovarios e inhiben la ovulación, y así, un posible embarazo. Algunos de estos compuestos están elaborados con estrógenos y otros con progesterona, pero la mayoría contiene una mezcla de ambas hormonas.

Es importante igualmente tener en cuenta que estas sustancias no evitan el contagio de infecciones de transmisión sexual, y que deben ser recomendadas por un especialista después de un examen médico, ya que en muchas mujeres su consumo puede estar contraindicado.

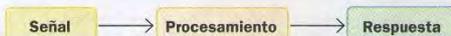


▲ Cambios en la concentración de hormonas FSH, LH, estrógeno y progesterona durante el ciclo menstrual. La variación de estas hormonas está relacionada con cambios que se producen: **A.** En el folículo ovárico dentro del ovario y **B.** En el endometrio en el interior del útero.



Resuelve

11. Completá el siguiente esquema indicando cuál es el estímulo, dónde se procesa y cuál es la respuesta a ese estímulo en el ciclo menstrual basándote en la acción de las hormonas.



Investigá

12. ¿A quiénes se denominó “castrati”? ¿Qué relación tiene este término con los temas que estudiaste hasta ahora?

Conocé

La enfermedad "dulce"

Cuando una persona tiene diabetes, en la mayoría de los casos, padece una enfermedad conocida en el ámbito científico como **diabetes mellitus**. ¿De dónde viene esta denominación? Estas palabras tienen raíces en el griego y el latín.

En griego, *diabétes* significa "andar o pasar a través" y se refiere a la facilidad con que el líquido que ingiere un paciente diabético sale al exterior como orina, es decir que no solo bebe mucho sino que también orina copiosamente.

En latín, *mellitus* deriva de miel, es exactamente: "dulce como la miel" y se refiere, precisamente, a que la orina de un paciente diabético suele contener azúcar y tener un gusto dulce como la miel. Este hallazgo fue descubierto por los médicos recién a fines del siglo XIX.



El médico canadiense Frederick Banting obtuvo el premio Nobel de Medicina en 1923 por su descubrimiento de la insulina.

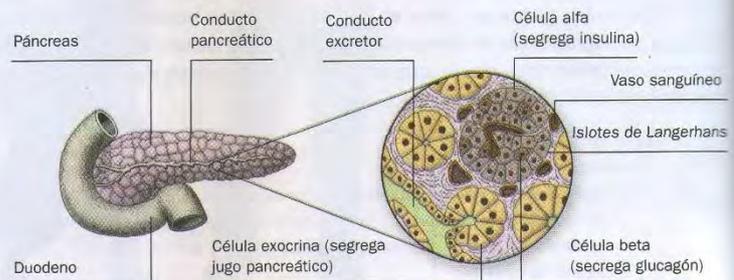
El páncreas y la regulación de la glucemia

Como ya te contamos, el páncreas es una glándula de secreción mixta; pero, en esta ocasión, vamos a centrar nuestra atención en la función endocrina de este órgano, es decir, en la función que cumplen las hormonas que el páncreas produce: **insulina y glucagón**.

Descubrir la función endocrina del páncreas fue un arduo y largo camino. Hasta el momento, los primeros registros que se conocen sobre la función pancreática datan de un papiro encontrado en Egipto en el 1500 a. C., donde se encuentra descrito un "extraño mal en el cual los enfermos adelgazan, tienen hambre continuamente, orinan en abundancia y se sienten atormentados por una enorme sed". Diez siglos después, en la India, también se encontraron escritos sobre "una enfermedad muy rara, propia de personas obesas que comen muchos dulces y arroz, y cuya característica más significativa es que su orina tiene un sabor dulce", por lo que la llamaron "orina de miel". Hoy sabemos que ambos tipos de descripciones hacen referencia a dos tipos diferentes de **diabetes**: la **diabetes insípida** (que estudiarás más adelante) y la **diabetes mellitus**.

Cientos de años después se implementó la técnica de diseccionar animales para estudiar sus órganos. Así fue que un grupo de médicos diseccionó un mono cuya orina tenía "sabor dulce", y encontró que su páncreas estaba seriamente dañado. Y, como era de esperar, ante esta observación surgió el interrogante de qué relación existe entre un mal funcionamiento del páncreas y la orina dulce. Fue entonces que, a fines del siglo XIX, dos médicos alemanes, Josef von Mering y Oskar Minkowski, se interesaron sobre el tema y comenzaron sus investigaciones, pero en esta ocasión, empleando perros. Para averiguar cuál era esta relación, extirparon el páncreas de un perro, y los resultados observados en el animal fueron hinchazón, mucha sed, un nivel alto de glucosa en sangre (**hiperglucemia**) y una elevada liberación de orina dulce. Entonces, llegaron a la conclusión de que la ausencia de páncreas provocaba estos síntomas en el animal.

Pero ¿cómo es "exactamente" que el páncreas está involucrado en la regulación de la concentración de la glucosa sanguínea (**glucemia**)? La respuesta a esta pregunta llegó en el siglo XX, de la mano del médico canadiense Frederick G. Banting, quien inyectó a un perro sin páncreas una "sustancia" que había logrado extraer de ese mismo órgano. Al recibir esta sustancia, el animal disminuyó su glucemia en el lapso de dos horas: habían descubierto la **insulina**. Este perro fue el primer animal que pudo vivir sin páncreas durante varias semanas recibiendo extracto pancreático. Por el descubrimiento de la insulina, Frederick G. Banting recibió el premio Nobel en 1923. Pero ¿cómo actúa realmente la insulina? Para averiguarlo, seguí leyendo...



Esquema del páncreas y corte del tejido pancreático, en donde se distinguen zonas llamadas islotes de Langerhans formados por células productoras de hormonas.

Figura 58

Página 125 de L3. Cap.7

Ciencia sin fin 

La orina y la detección del embarazo

En 1945, el autor finlandés Mika Waltari escribió una novela llamada *Sinuhé, el egipcio*. En esta obra, relata algunas prácticas médicas que se llevaban a cabo en Egipto, unos 1.350 años a. C. Una de ellas, muy particular por cierto, se utilizaba para averiguar si las mujeres estaban embarazadas. El procedimiento que se debía seguir era muy sencillo: se tenían que sembrar semillas de trigo en una maceta, regarlas todos los días con orina de la supuesta embarazada, y esperar. Entonces, si verdaderamente el embarazo existía, las semillas germinarían; de lo contrario, esto no sucedería.

Hoy en día, aunque parezca fantasía y no lo creas, esta determinación tiene un fundamento científico: la orina de la mujer embarazada contiene una hormona que hace crecer a las semillas.

grupo de científicos descubrió que la orina de las embarazadas contiene una hormona llamada gonadotropina coriónica. Esta hormona es sintetizada durante el embarazo y promueve, a su vez, la síntesis de progesterona, otra hormona que propicia el crecimiento del endometrio, donde se alojará el embrión.

Años después, los científicos comprendieron que si se puede detectar esta hormona en la orina, también se debería poder realizar un diagnóstico temprano del embarazo. En 1947, el médico argentino Carlos Galli Mainini publicó un trabajo llamado "Diagnóstico del embarazo con sapos macho". En esta ocasión, la propuesta era diferente: cuando se inyectaba debajo de la piel de un sapo (*Bufo arenarum*) la orina de una mujer embarazada, al cabo pocas horas, utilizando el microscopio, se observaba la liberación de espermatozoides en ese sapo.

Si bien ha pasado mucho tiempo, lo que se mantiene inalterable es la ansiedad que genera en una mujer saber si está embarazada; sin embargo, lo que ha variado notablemente son las técnicas que se utilizan para averiguarlo.

En 1928, dos científicos alemanes, Selmar Aschheim y Bernhard Zondek, realizaron la siguiente experiencia: inyectaron a ratones hembra algunos mililitros de orina de mujeres que supuestamente estaban embarazadas. Se constató así que la orina de aquellos embarazos que finalmente se confirmaron, provocaba un aumento notable en los ovarios de las ratas y favorecía la maduración de los folículos. Con el tiempo, esta práctica fue descartada porque implicaba matar a los animales para examinar sus ovarios. Ahora bien, ¿cuál es el "misterio" que esconde la orina de las mujeres embarazadas? La respuesta a este interrogante llegó a los dos años, precisamente en 1930, cuando un

Este método fue universalmente utilizado durante varios años hasta que, en la década del 60, y con el desarrollo de la biotecnología, llegaron al mercado las tiras reactivas de detección de gonadotropina coriónica. Este simple examen consiste en mojar con orina la tira reactiva y esperar unos minutos. El extremo de la tira contiene anticuerpos contra esta hormona; entonces, si en la orina está presente la gonadotropina coriónica, los anticuerpos se unen firmemente a esta hormona y el resultado es positivo: la mujer está embarazada.

- ¿Pensás que para esa época la detección del embarazo fue "de avanzada"?
- Investigá qué otros aportes hizo la medicina egipcia.

- ¿Encontrás alguna similitud entre el test de embarazo que se hace en la actualidad y los que se hicieron a lo largo de la historia?

- ¿Qué ventaja te parece que tienen las mujeres en la actualidad, con respecto a las mujeres egipcias, para detectar si están embarazadas? ¿Cómo influyó el avance de la tecnología?

Figura 59

Pág.128 de L3. Cap.7

Uso de esteroides anabólicos

“Esteroides anabólicos” es el nombre con el que se conoce a un grupo de sustancias sintéticas (hechas por el hombre) que tienen estructura química y funciones similares a las hormonas sexuales masculinas, principalmente, a la testosterona.

Como es sabido, las características de la testosterona se relacionan con la masculinidad, ya que durante la pubertad permiten el desarrollo sexual masculino, el crecimiento del vello en el cuerpo y el desarrollo de la voz grave en los varones. A la vez, las mujeres también producen testosterona –aunque en cantidades muy inferiores– debido a que la necesitan como los hombres para el mantenimiento de los huesos, de la masa muscular y la sensación de bienestar.

Ahora bien, al igual que la testosterona, los esteroides anabólicos promueven el crecimiento del músculo esquelético (efectos anabólicos) y el desarrollo de características sexuales masculinas (efectos andro-

génicos) tanto en hombres como en mujeres, por ello se denominan también “esteroides anabólico androgénicos”. Sus usos médicos incluyen el tratamiento de algunos problemas hormonales en hombres, el tratamiento de la pubertad tardía y la recuperación de la pérdida muscular provocada por ciertas enfermedades como el sida, ya que ayudan a los pacientes a aumentar de peso. Pero también son utilizados en terapias contra ciertas clases de anemia, en el cáncer de mama y para tratar o prevenir la pérdida de la densidad ósea y de la masa muscular.

Los esteroides anabólicos fueron desarrollados a finales de la década del treinta fundamentalmente para tratar el hipogonadismo, que es un trastorno por el que los testículos u ovarios no son funcionales, lo cual determina una falta de desarrollo de las características sexuales masculinas o femeninas. Pero, paradójicamente, este tipo de compuestos mal

usados también causan atrofia de los testículos, limitando la formación de espermatozoides y la síntesis de testosterona, y generando un daño irreversible que causa esterilidad en hombres. Como veremos a continuación, no es el único problema que provoca su abuso.

En la misma década de su desarrollo, los científicos también descubrieron que los esteroides anabólicos podían facilitar el crecimiento del músculo esquelético al incrementar la síntesis proteica de los músculos. Como resultado de esto, las fibras musculares toman un mayor tamaño y sufren un proceso de reparación más rápido que en el promedio de las personas. De esta manera, los esteroides anabólicos se han utilizado para mejorar el desarrollo muscular, la fuerza y la resistencia. Esto llevó al uso de estos compuestos, primero por los fisicoculturistas y los levantadores de pesas, y después por los atletas en otros deportes. El abuso de los esteroides se ha difundido a tal extremo en el atletismo que afectó el resultado de las competencias deportivas.



Figura 60

Pág.129 de L3. Cap.7

Abuso de esteroides anabólicos

En los años cuarenta, los esteroides anabólicos fueron incorporados en las prácticas deportivas. Y tanto fue así que, en las Olimpiadas de 1952, los rusos arrasaron con todas las medallas en levantamiento de pesas gracias a su uso. Paralelamente, los médicos comenzaron a notar sus efectos adversos. Sin embargo, su uso fue en aumento hasta 1975, año en que fueron prohibidos.

Su prohibición trajo aparejados algunos sucesos inesperados en las competencias. El hito más importante ocurrió en los Juegos Olímpicos de Seúl de 1988, cuando el corredor Ben Johnson fue descalificado por *doping*, después de ganar la final de los 100 metros y de batir el récord mundial. Por esta causa no solo perdió la medalla de oro, sino además el récord.

En la actualidad, el Comité Olímpico Internacional incluye en las listas de sustancias prohibidas para poder competir 17 clases de anabólicos y compuestos relacionados.

Por otra parte, durante los años ochenta, muchos jóvenes "no atletas" comenzaron a utilizar esteroides anabólicos para aumentar su masa muscular, o simplemente para mejorar su apariencia física y su autoestima. El consumo no se limitó a los varones sino que también se extendió a las mujeres. En estudios recientes realizados por el Instituto Nacional sobre el Abuso de Drogas de los Estados Unidos se probó que el uso indiscriminado y sin control de esteroides anabólicos produce serios problemas a la salud física y psíquica de las personas.

El abuso de esteroides interrumpe la producción normal de hormonas en el cuerpo causando cambios

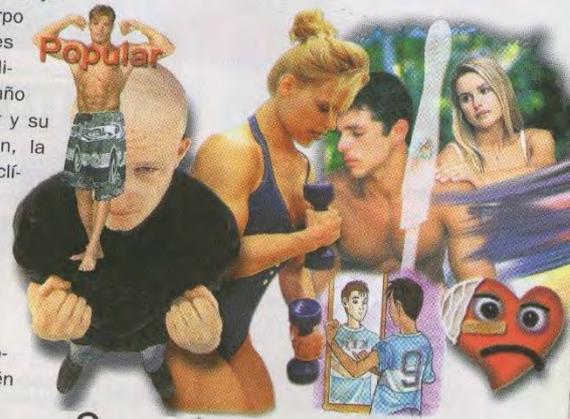
tanto reversibles como irreversibles.

Los cambios reversibles incluyen una producción reducida de espermatozoides y reducción de los testículos. Entre los cambios irreversibles están la calvicie de patrón masculino y el desarrollo de senos en los hombres. Entre los efectos físicos secundarios adversos también figura el acné, así como ataques al corazón y el cáncer de hígado. La mayoría de estos efectos son reversibles si la persona deja de tomar la droga, pero algunos son permanentes, como la voz más profunda en las mujeres. Y hablando del cuerpo femenino, los esteroides anabólicos causan masculinización. Además, el tamaño de los senos de la mujer y su grasa corporal disminuyen, la piel se hace áspera y el clítoris se agranda. Las mujeres pueden experimentar un crecimiento excesivo del vello corporal pero, por el contrario, pierden el cabello.

Los efectos de los anabólicos sobre la mente también

han sido objeto de investigaciones. En la Universidad de Harvard se demostró que provocan diferentes trastornos psicológicos como depresión, irritabilidad extrema e incremento de la agresividad, lo que llega a provocar agresiones físicas e incluso megalomanía.

Fuentes: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/anabolicsteroids.html>
<http://www.hormone.org/Spanish/upload/anabolic-steroids-spanish-042610.pdf>
<http://www.drugabuse.gov/es/publicaciones/infocfacts/los-esteroides-anabolic-androgenicos>



Tomo la palabra

- Si tuvieras que convencer a un compañero tuyo de la secundaria sobre los efectos de los esteroides anabólicos, ¿le contarías solo sobre los efectos negativos? ¿Por qué?
- ¿Estás de acuerdo con que los atletas profesionales y olímpicos utilicen drogas anabólicas –que todavía no pueden detectarse en un análisis– para mejorar su rendimiento? ¿O te parece que hacen trampa? Justifíca.
- Si usás esteroides o conocés jóvenes que los están usando, ¿creés que es necesario que tus padres, algún docente o el entrenador lo sepan para que los pueda ayudar?

Figura 61

Pág.133 de L3. Cap.8

El descubrimiento de las primeras fitohormonas

Las hormonas vegetales, como ya te contamos, coordinan una gran variedad de funciones, pero asociar que esas funciones son producto de la acción de las fitohormonas llevó muchos años de investigación.

Existían ciertos comportamientos vegetales que llamaban la atención de los científicos, como la elongación de los tallos en dirección a la luz, y no solo eso, sino que además, si se cambiaba la dirección en que se propagaban los rayos luminosos, los brotes también cambiaban el sentido de crecimiento y se orientaban hacia la luz.

Frente a esta observación, la pregunta fue inmediata: ¿qué es lo que regula el crecimiento y la curvatura de los tallos en dirección a la fuente luminosa? Luego de varias investigaciones, se llegó a la conclusión de que en la regulación de este comportamiento denominado fototropismo intervienen las **auxinas**, las primeras sustancias que fueron identificadas como fitohormonas.

Las auxinas

Las auxinas controlan los movimientos que realizan las plantas frente a estímulos como la luz (**fototropismo**) o la gravedad (**gravitropismo**) y que implican un crecimiento del vegetal a favor o en contra del estímulo. Como estudiaste en el capítulo 2, si el crecimiento es en el sentido del estímulo, se clasifica el tropismo como positivo; si el crecimiento se efectúa en contra del estímulo, el tropismo se considera negativo. Por lo tanto, podemos deducir que, en una planta, el tallo crece en dirección a la luz, por lo que tiene fototropismo positivo, y las raíces lo hacen en dirección al centro de la Tierra, por lo que el gravitropismo es positivo.

Ahora bien, ¿cómo regulan las auxinas estos comportamientos? Hoy sabemos que en el ápice o extremo del tallo las auxinas se desplazan de la cara iluminada hacia la no iluminada, y eso provoca que las células de ese lado se alarguen más que en la cara iluminada. Este hecho provoca que el tallo se doble en dirección a la fuente de luz.



▲ Los tallos de las plantas tienen fototropismo positivo, mientras que las raíces presentan fototropismo negativo.

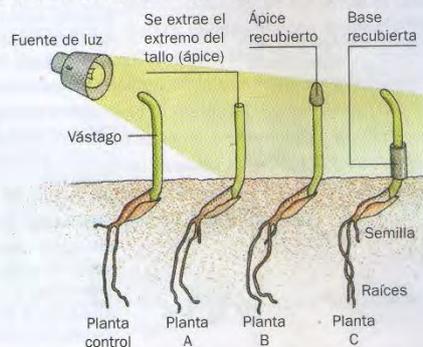


▲ Representación del doblamiento del tallo como consecuencia del desplazamiento de las auxinas hacia el lado no iluminado, lo que provoca un mayor alargamiento celular que en el lado opuesto.



Relación

1. Observá el siguiente esquema donde se muestran cuatro ejemplares de una planta. Representa la experiencia realizada por Charles Darwin y su hijo Francis, en el año 1880, para estudiar el comportamiento que tienen las plantas frente a la luz. Luego respondé las preguntas.



- ¿Cómo se denomina el comportamiento que tienen las plantas frente a la luz?
- ¿Cuál habrá sido la duda o curiosidad que funcionó como el punto de partida de esta investigación?
- ¿Cuál fue la variable estudiada en esta experiencia?
- Redactá la hipótesis que fue sometida a prueba.
- ¿Qué sucede cuando se les corta el ápice a las plantas (planta A)? ¿Y cuando se lo tapa con un papel opaco (planta B)?
- ¿Varía el comportamiento de las plantas frente a la luz si se cubre su base con un papel opaco (planta C)?
- ¿A qué conclusión habrán llegado Darwin y su hijo con esta experiencia?

2. Enumerá las semejanzas y las diferencias que encontrás entre la regulación y la coordinación que llevan a cabo las fitohormonas con respecto a las hormonas en el ser humano.

Figura 62

Pág.137 de L3. Cap.8

Ciencia sin fin

Fitohormonas sin fronteras

Uno de los primeros indicios de la existencia de sustancias reguladoras del crecimiento en plantas surgió con los experimentos desarrollados por Charles Darwin y su hijo, en 1881. Ellos observaron que el tallo de las plantas jóvenes o plántulas tiende a curvarse en dirección a la luz, y que esto ocurre siempre que mantienen el ápice.

Años más tarde, más precisamente en 1926, el fisiólogo holandés Fritz Went, intrigado sobre cuál era la causa que determinaba el fototropismo positivo de las plántulas, pudo comprobar que dicho comportamiento estaba relacionado con una sustancia contenida en el ápice de los tallos, a la que denominó auxina, una fitohormona.

El hallazgo de la auxina fue el puntapié inicial para nuevos estudios. Ese mismo año, del otro lado del planeta, más precisamente en Japón, el científico Eiichi Kurosawa estudiaba la *bakanae*, una curiosa enfermedad que sufren las plantas de arroz, también conocida como "enfermedad enloquecedora de las plántulas". Las plantas enfermas estaban infectadas con un hongo que les provoca los siguientes síntomas: crecimiento excesivo, pérdida del color verde, y además dejaban de tener firmeza y, por lo tanto, se quebraban con facilidad.

Luego de sus investigaciones, Kurosawa descubrió que lo que en realidad causaba estos síntomas en las plantas era una sustancia química producida por el hongo *Gibberella fujikuroi*, a la que entonces denominó giberelina.

El primer paso estaba dado: se había descubierto la sustancia responsable del crecimiento desproporcionado de las plantas de arroz. Corría el año 1935 cuando otro científico japonés, Teijiro Yabuta, preparó medios de cultivo con este hongo, y logró aislar la giberelina. Este hallazgo solo fue el punto de partida para nuevas investigaciones que intentaron resolver nuevos interrogantes: ¿las plantas que no están infectadas por este hongo también fabrican giberelina? Y de ser así, ¿influye dicha sustancia en su crecimiento?

¿Te parece que el lugar geográfico, la sociedad y la época histórica en la que viven los científicos influyen en sus investigaciones? De ser así, ¿cuál de estos tres aspectos creés que influyó, notoriamente, en el descubrimiento de la giberelina?

La respuesta para el resto de los interrogantes se hizo esperar casi veinte años. Llegó, precisamente, en 1956, cuando por medio de diversos métodos fisicoquímicos se logró extraer giberelina de diferentes especies de plantas.

Una vez extraída esta sustancia, los científicos comenzaron a inyectarla a diversos tipos de plantas enanas, como las de arveja (*Pisum sativum*) o las de maíz (*Zea mays*), y esperaron un tiempo para observar su efecto. El resultado fue asombroso: sus tallos se elongaron de manera inusual. El experimento había sido todo un éxito: la giberelina es una hormona que aumenta la longitud de los tallos.

Las experiencias continuaron y, con el tiempo, se siguieron identificando diferentes variedades de esta hormona, las cuales se denominaron con el siguiente código: Ax, donde x es un número que representa el orden en el que ha sido descubierta.

Posteriormente, los científicos llegaron a la conclusión de que las giberelinas no solo intervienen en la elongación de los tallos, sino que además controlan algunos sucesos de la germinación de las semillas y su aplicación en ciertas plantas estimula la floración. En la actualidad, estas fitohormonas se utilizan con fines comerciales; algunos productores, por ejemplo, rocían las plantaciones de la uva sin semilla para aumentar el tamaño de este fruto.

¿Te habría gustado ser discípulo de Eiichi Kurosawa? ¿Por qué?

¿Creés que podrías haber aportado algunas sugerencias en sus investigaciones? ¿Cuáles podrían haber sido?

137

Figura 63

Pág.140 de L3. Cap.8



La prolactina es la hormona que estimula la producción de leche en los mamíferos.



La cresta en los gallos y la melena del león crecen por acción de la hormona testosterona.

Control hormonal en los vertebrados

Los vertebrados –entre los cuales nos incluimos– son animales más complejos que los invertebrados. Esto se debe a que, además de poseer una columna vertebral, tienen sistemas de órganos mucho más desarrollados. Su sistema endocrino, por ejemplo, está formado por glándulas cuya forma, función y mecanismo de regulación y coordinación hormonal son muy semejantes a los de los seres humanos.

Hormonas en mamíferos y aves

Comencemos por estudiar un mecanismo de regulación hormonal que seguramente te resultará familiar. Es posible que vos, alguno de tus parientes o de tus amigos tenga una perra y esta, en algún momento del año, esté en “celo”. Durante este período, que dura solo unos pocos días, las perras eliminan pequeñas gotitas de sangre. Ahora bien, ¿qué significa que una perra esté en celo? Este período, que en realidad se llama **ciclo estral** o **estro**, es el momento en el cual la perra está fisiológicamente apta para recibir al macho. El celo está regulado por **estrógenos** y es durante este período que su concentración aumenta, lo cual indica que está en su momento fértil y puede ser fecundada.

Los perros, al igual que nosotros y que todos los mamíferos, tienen glándulas como el páncreas, que también secreta la hormona **insulina**, la cual regula la glucemia (recordá las experiencias de investigación sobre la diabetes que viste en el capítulo 7). La lactancia es otro ejemplo de regulación hormonal que se produce en los mamíferos. La **oxitocina** es la hormona que provoca la contracción de las células que forman parte de la glándula mamaria y permiten la eyección de leche.

Pero en los mamíferos y en las aves hay otras hormonas que también existen en los seres humanos, como por ejemplo la **testosterona**. ¿Y qué función cumplirá? Vamos a averiguarlo.

La testosterona, como ya estudiaste en el capítulo 7, es una hormona sexual que está presente en los varones y que, además de intervenir en la formación de las células sexuales masculinas (espermatozoides), promueve la aparición de los caracteres sexuales secundarios en los varones durante la adolescencia. En el resto de los vertebrados, también interviene en la formación de células sexuales y otorga los rasgos característicos de los machos de diferentes especies.

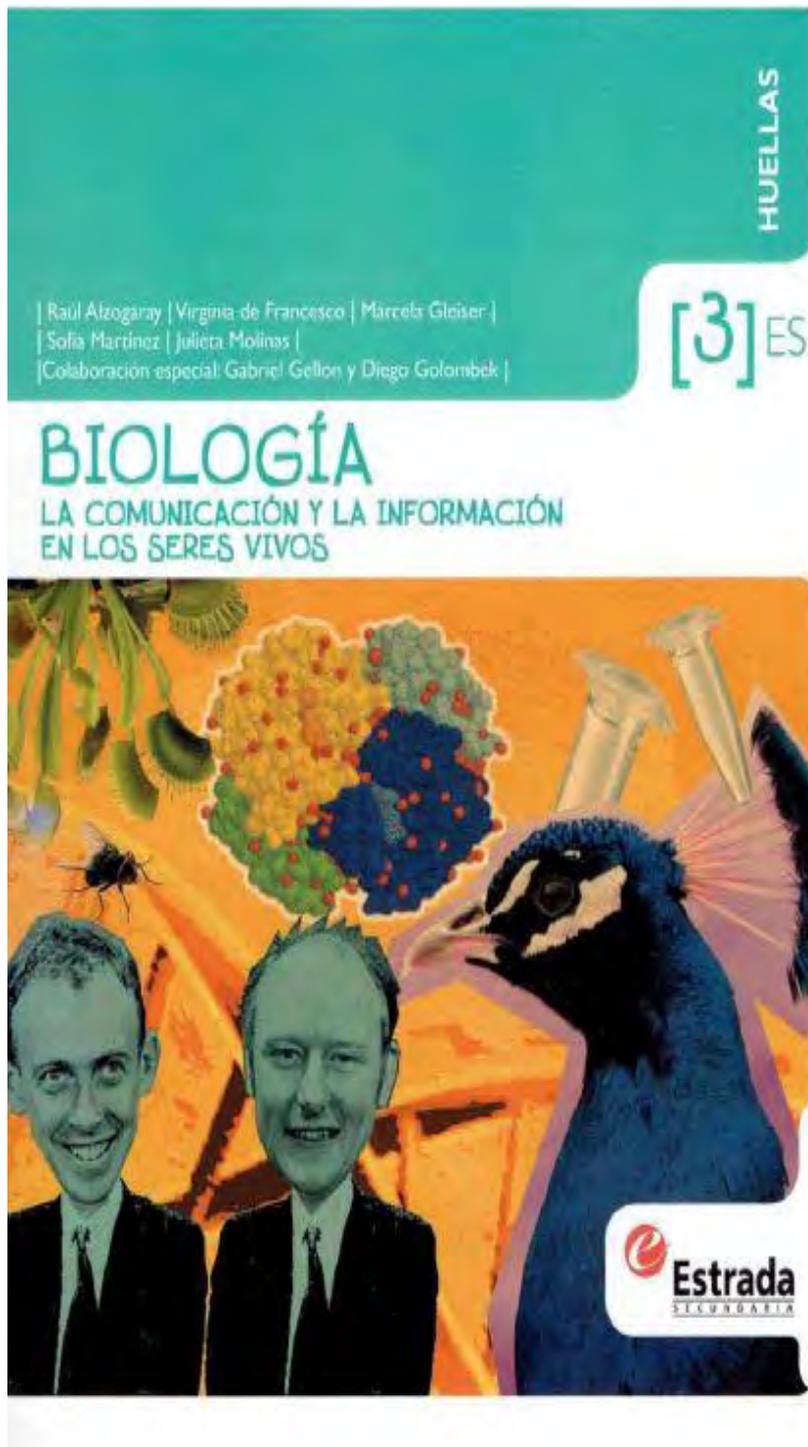
Por ejemplo, el color de las plumas de muchas aves macho, la cresta y los espolones del gallo, o la melena del león son producto de la acción de la testosterona. Al respecto, las primeras experiencias que se hicieron para interpretar el rol de los testículos fueron realizadas con gallos, en el año 1849. En aquel entonces, todavía no se conocía la testosterona, pero se llegó a la conclusión de que el testículo fabricaba “algo” que se liberaba a la sangre y que era el responsable del crecimiento de la cresta del gallo. Y que ese “algo” no estaba presente en las gallinas. Veamos cómo se llevó a cabo esta experiencia.

Se trabajó con un grupo de seis gallos que fueron divididos en dos grupos de tres integrantes cada uno. Al primer grupo se le extirparon los testículos, al segundo grupo también se los extirparon pero se los reimplantaron en otra zona del cuerpo. Los ejemplares del grupo castrado presentaron las siguientes características: no desarrollaron su cresta ni su plumaje, perdieron su agresividad y carecían del impulso sexual característico del gallo maduro. Por el contrario, las aves del grupo reimplantado se desarrollaron normalmente. Esta experiencia fue fundamental porque demostró que las sustancias (en este caso, la testosterona) producidas en lugares específicos del cuerpo (en este caso, los testículos) podían ser transportadas a través de la sangre y, además, ejercer efectos en otros tejidos del cuerpo.

Fragmentos del Libro 4

Figura 64

Tapa del texto (L4)



Los seres vivos como sistemas

Un mapa conceptual, una langosta, una fábrica y una molécula tienen, aunque no lo parezca, algo en común: son entes complejos, formados por varios componentes que se relacionan entre sí en forma ordenada. Así, en un mapa conceptual, encontramos varias palabras, flechas y frases relacionadas de manera tal que sintetizan y exponen un tema. Y una langosta es un conjunto de diferentes tipos de tejidos con propiedades particulares, organizados de modo que se comunican y relacionan entre sí. En la fábrica intervienen las personas que trabajan en ella, la estructura del edificio, las máquinas y los materiales, y generan una organización compleja muy diferente de la que conformaban sus partes por separado. También una molécula de agua tiene características propias distintas a las de los átomos de hidrógeno y de oxígeno que la componen.

A las agrupaciones de elementos que funcionan de manera ordenada se las denomina **sistemas**. Además, con estos ejemplos es posible notar otra característica de los sistemas: que tienen propiedades nuevas y diferentes a las de sus componentes aislados. A estas nuevas características se las llama *propiedades emergentes*.

Por otra parte, un sistema es delimitado de manera artificial por quien lo analiza. Por ejemplo, podemos considerar el sistema de un mapa conceptual o, desde una perspectiva más global, el sistema del libro en el que está incluido ese mapa, junto con otros muchos elementos. De forma similar, cada palabra del mapa conceptual podría considerarse como un sistema, ya que está formada por letras que adquieren un nuevo significado al ordenarse de una u otra forma. Por lo tanto, cada uno de estos **niveles de organización** es, a su vez, un sistema.

En ciencias naturales, para delimitar un sistema es necesario definir los elementos que lo forman; todo lo que quede fuera de este conjunto se denomina *ambiente o universo*.



➤ En un sistema, sus componentes se relacionan entre sí de manera coordinada y generan propiedades que no poseían por separado.

CIENCIA EN LA HISTORIA



El enfoque organicista

Hasta mediados del siglo XX, los científicos suponían que estudiar el funcionamiento de una célula permitía entender el de un ser vivo completo. Es decir, los seres vivos se analizaban de manera fraccionada. En la década de 1940, el biólogo y filósofo Ludwig von Bertalanffy (1901-1972) propuso una nueva mirada, llamada *organicista*. Bajo esta perspectiva, los seres vivos no consistían solo en "la suma de sus células", sino que se debía tener en cuenta, para estudiarlos, las relaciones que estos tienen entre sí y con el ambiente. A este nuevo enfoque se lo llamó *teoría general de sistemas*.

➤ La ciencia como construcción histórica y cultural.

El control de actividades en los animales

Como se explicó antes, los animales son capaces de elaborar respuestas rápidas —por ejemplo, el desplazamiento para buscar alimento, refugio o pareja— y otras lentas, que no se perciben de manera inmediata —como el crecimiento y el desarrollo que conduce a la madurez del individuo y le permite reproducirse—. Cada tipo de actividad está regulado o controlado por un sistema de órganos diferente, según si involucra respuestas rápidas o lentas.

✦ El **sistema nervioso** coordina acciones rápidas y breves que son efectuadas, especialmente, por los músculos. Estas respuestas pueden durar segundos —por ejemplo, parpadear—, hasta unas pocas horas, como la contracción de ciertos órganos durante la digestión o de los músculos de las piernas, luego de una actividad física intensa. La información se transmite velozmente mediante una señal eléctrica llamada *impulso nervioso*, a través de los nervios que conectan las zonas donde se captó el estímulo con los órganos que ejecutan la respuesta. Además, el control nervioso regula de forma veloz el funcionamiento de todos los sistemas de órganos.

✦ El **sistema endocrino** controla, en general, las respuestas lentas que requieren mayor tiempo para desarrollarse. Por ejemplo, el crecimiento



➤ El sistema nervioso controla movimientos voluntarios, como volar o caminar, y otros involuntarios, como la peristalsis, que hace que el alimento siga un solo sentido a través del sistema digestivo.

CIENCIA EN LA HISTORIA



La epinefrina/adrenalina

En 1894, se demostró por primera vez que una sustancia extraída de las glándulas suprarrenales aumentaba la presión sanguínea si se la inyectaba en un animal. En 1898, el fisiólogo John Abel (1857-1938) llamó a esta sustancia *epinefrina*, que quiere decir “arriba del riñón” (donde se ubican las glándulas que la producen). Un par de años más tarde, el químico Jokichi Takamine (1854-1922) aisló de manera pura esta misma sustancia y la nombró *adrenalina*. Esta fue la primera hormona que se descubrió, aunque aún se desconocía ese concepto.

➤ La ciencia como construcción histórica y cultural.

desde el nacimiento hasta la adultez, el desarrollo de los órganos sexuales y el envejecimiento del individuo. Su acción se realiza mediante las hormonas, sustancias que se producen en órganos efectores llamados *glándulas*. Las hormonas actúan como mensajeros de la información: se liberan a la sangre y son transportadas por esta hacia la zona donde desencadenan la respuesta. Esta forma de enviar señales es mucho más lenta que el impulso nervioso. De todas maneras, algunas hormonas intervienen en respuestas más rápidas. La adrenalina, por ejemplo, favorece el aumento del bombeo del corazón y dilata los conductos de aire en situaciones de alerta.



➤ Al correr, el organismo necesita intercambiar gases más rápidamente; el aumento de la frecuencia en la respiración está regulado por el sistema nervioso.

El control en las plantas

A pesar de que no poseen un sistema endocrino como los animales, las plantas elaboran ciertas sustancias que funcionan como hormonas. La presencia de estas sustancias, reguladoras del crecimiento y del desarrollo de las plantas, se descubrió alrededor de 1881, a partir de los experimentos realizados por el inglés Charles Darwin y su hijo Francis.

EXPERIMENTOS EN PAPEL

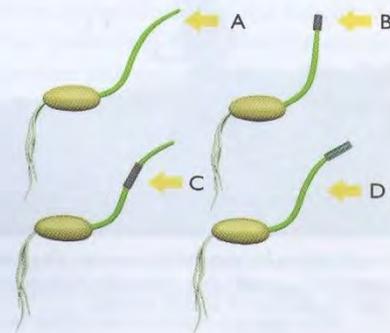


¿Qué parte de una planta percibe la luz?

HIPÓTESIS: las plantas elaboran ciertas sustancias que funcionan como “mensajeros”, ya que son producidas en una zona del ser vivo y se transportan a otra parte de este, donde provocan una respuesta.

PREDICCIÓN: si los receptores de luz de una planta están ubicados en su “punta” (el ápice), el tallo se curvará en dirección a la luz, aun cuando solo el ápice reciba luz; y a la inversa, si el ápice no recibe luz, la planta no se curvará hacia la fuente de luz, aunque el tallo esté expuesto a esta.

PROCEDIMIENTO: en una plántula de avena (A), el tallo se curva hacia la luz. Se cubrió la parte superior de otra plántula (B) con un tubo de metal y se la iluminó de manera lateral. En una tercera (C), se colocó el tubo opaco debajo del ápice. En otra (D), se puso el tubo en el ápice, pero se reemplazó el cilindro metálico por uno de vidrio transparente.



RESULTADOS: cuando el ápice de la planta se cubrió con el tubo opaco, no se produjo la curvatura característica de la planta hacia la luz. En cambio, si el extremo de la plántula se cubría con un vidrio transparente, el tallo joven se curvaba de forma normal. Por otra parte, si el tubo opaco se situaba por debajo del ápice, la respuesta a la luz se producía normalmente.

CONCLUSIÓN: en el ápice de la planta está el receptor del estímulo lumínico, pero la respuesta (la curvatura) se produce por los tejidos que se hallan más abajo, en el tallo. Este hecho marca la existencia de una sustancia “mensajera” que comunica el lugar de la recepción del estímulo con el tejido efector. Unas décadas más tarde, se descubrió que esos mensajeros eran hormonas vegetales, o *fitohormonas*.

» Interpretar experimentos históricos.

Tal como anticiparon los Darwin, las fitohormonas se producen en algunas células o tejidos de la planta y se transportan por los conductos presentes en los diferentes órganos —llamados *xilema* y *floema*— hacia la zona donde se desencadenará el efecto.

Estas sustancias regulan procesos muy diversos, como la germinación de la semilla, la caída de las hojas, el desarrollo de las raíces y la floración, entre otros. Algunas fitohormonas tienen acciones opuestas entre sí, y el efecto resultante depende de la cantidad de cada una en un momento dado.

ACTIVIDADES

1. ¿Cuáles son las diferencias entre la función de relación y de control?
2. ¿Qué tipos de controles de respuesta presentan los animales? Realicen un cuadro para compararlos. Tengan en cuenta: velocidad de la respuesta, tiempo de la respuesta, sistema del organismo que lo realiza, efectores, ejemplos.

La homeostasis

Como se explicó al inicio de este capítulo, los seres vivos son sistemas con diferentes niveles de organización que interactúan con el ambiente que los rodea. Por eso, los cambios que se producen en un nivel en particular afectan, en distinta medida, al resto de los niveles. Por ejemplo, el hambre es una señal que percibe el individuo, pero que comienza a producirse en las células y en los tejidos, que indican la falta de nutrientes para el correcto funcionamiento del organismo. Lo mismo ocurre, por ejemplo, cuando ingresa un microbio patógeno al cuerpo y los glóbulos blancos lo combaten, evitando el desarrollo de una enfermedad que puede afectar a varios órganos o sistemas de órganos.

Aun si se trata de un estímulo externo, la información se detecta, de manera directa o indirecta, en el interior del organismo, o *medio interno*. Así, cuando varían las condiciones de funcionamiento óptimas del cuerpo, como la cantidad de nutrientes, de gases, de agua o de desechos, se desencadenan procesos que hacen que se vuelva al estado normal.



► Al tiritar o temblar, el cuerpo provoca contracciones rápidas de los músculos que producen calor, y elevan la temperatura del cuerpo cuando este se enfría.



► La temperatura afecta la homeostasis de los microorganismos. Las levaduras que se utilizan en la elaboración del pan, por ejemplo, son microorganismos que se reproducen más rápido alrededor de los 29 °C.



► La cantidad de oxígeno en el aire disminuye con la altura del relieve; eso hace que una persona que vive al nivel del mar sienta la escasez de este nutriente en su organismo y se "apune" en la cordillera de los Andes.

CIENCIA EN LA HISTORIA



Homeostasis en todas partes

El médico francés Claude Bernard estudió la estabilidad del medio interno de los animales, en el siglo XIX. Unos años más tarde, el científico estadounidense Walter Cannon retomó esta idea, describió el equilibrio de los procesos del interior del cuerpo y su estabilización, y empleó el término *homeostasis* para referirse al conjunto de estos mecanismos. Rápidamente, este concepto se generalizó y comenzó a utilizarse en áreas muy diversas: los médicos hablaban de reestablecer la homeostasis de sus pacientes, y en las ciencias sociales, se sugirió que la democracia era el estado de homeostasis de una sociedad.

» La ciencia como construcción histórica y cultural.

De esta manera, mediante la **función de regulación**, el cuerpo mantiene su equilibrio, se estabiliza y restablece las condiciones cuando se produce algún cambio. Este fenómeno se denomina *homeostasis*.

Los ajustes del estado óptimo se llevan a cabo a nivel celular. Sin embargo, la comunicación entre las células se realiza a nivel del organismo; en el caso de los animales, mediante el sistema nervioso y las hormonas.

El olfato

El sentido del olfato percibe estímulos químicos a distancia y en muchos animales determina los comportamientos relacionados con la alimentación, la selección de pareja y la delimitación territorial.

En los vertebrados, los receptores del olfato se localizan en la cavidad nasal. Allí, las sustancias olorosas quedan retenidas en una capa de mucus, donde se disuelven y pueden ser sensadas. Luego se genera una señal eléctrica que es analizada en el cerebro; esta información afecta también a las emociones y a los pensamientos.

El ser humano no posee este sentido muy desarrollado; aun así, es capaz de detectar unos 10.000 olores diferentes. Los perros, por su parte, tienen un sentido del olfato un millón de veces más sensible que el humano.



► Las serpientes captan los olores con la lengua y la acercan hacia el órgano de Jacobson (ubicado cerca de la nariz), que los sensa.

Las feromonas

Las sustancias químicas, producidas por los seres vivos que intervienen en su comunicación se llaman *feromonas*. Estos estímulos son detectados a distancia por el sentido del olfato y funcionan tanto entre individuos de la misma especie como entre especies diferentes.

Las hormigas, termitas, abejas y otros insectos sociales pueden reconocer a un compañero de nido mediante este tipo de señales. Estos animales también utilizan feromonas para marcar el sendero y para emitir señales de alarma. Además, algunas feromonas funcionan como hormonas recibidas de forma externa y regulan, por ejemplo, la maduración sexual de los individuos.

Ciertos mamíferos producen este tipo de sustancias junto con la orina o en glándulas especiales, que determinan su comportamiento reproductivo (como la elección de pareja) o les permiten marcar su territorio.



► Los zorrinos emiten feromonas en situaciones de peligro, para defenderse de sus depredadores.

CIENCIAS EN LA NET



Comunicarse mediante el olfato

Entren a goo.gl/mUeC7D. Allí encontrarán una charla de Martín Bonadeo, presentada durante un ciclo de TEDx Rosario, sobre la comunicación a través del olfato en los seres humanos. Luego de mirarla, respondan a estas preguntas: ¿Cómo se nombran los olores? ¿Por qué nos bañamos? ¿Para qué sirve, desde un punto de vista sensorial, que dos personas se besen?

»» Uso de TIC en la búsqueda y análisis de información.

CIENCIA EN LA HISTORIA



Las primeras investigaciones sobre las feromonas

Ya en 1887, Charles Darwin (1809-1882) reconoció que los animales secretaban sustancias que provocaban efectos específicos, como la atracción sexual. Recién en 1932 el fisiólogo alemán Albrecht Bethe (1872-1954) nombró a estos compuestos *ectohormonas*. En 1959, el bioquímico alemán Peter Karlson (1918-2001) y el zoólogo suizo Martin Luscher (1917-1979) propusieron reemplazar el término por *feromona*, dado que *ectohormona* generaba una contradicción, ya que *hormona* se define como una sustancia producida por glándulas de secreción interna.

»» La ciencia como construcción histórica y cultural.

La temperatura

Los termorreceptores detectan el frío y el calor, y participan en la regulación de la temperatura. Estos receptores están distribuidos en la superficie del cuerpo (la piel) y en su interior, donde sensan la temperatura interna. La termorregulación de los seres vivos es fundamental para el mantenimiento de su homeostasis.

El campo magnético

Muchos animales pueden orientarse mediante las líneas del campo magnético de la Tierra. William Keeton (1933-1980) demostró cómo influye este fenómeno en la migración de las aves.

EXPERIMENTOS EN PAPEL



¿Las palomas perciben el campo magnético terrestre?

HIPÓTESIS: las palomas poseen un material en sus cabezas que les permite percibir el campo magnético terrestre y así orientarse durante el vuelo.

PREDICCIÓN: si se ata un imán a la cabeza de las palomas, este ejercerá mayor atracción sobre el material magnético de sus cuerpos que el campo magnético de la Tierra, y las aves se desorientarán.

PROCEDIMIENTO: Keeton sujetó pequeños imanes a las cabezas de un grupo de palomas, y una pequeña barra de cobre (del mismo peso y forma que los imanes) a las cabezas de otras palomas. Luego, las liberó y observó su comportamiento.

RESULTADO: Keeton observó que las palomas con los imanes atados a la cabeza se desorientaban, ya que su capacidad de retorno se alteraba de manera significativa. En cambio, las palomas con las barras de cobre se orientaban correctamente.

CONCLUSIONES: las palomas poseen un receptor capaz de percibir el campo magnético terrestre, que utilizan para orientarse durante vuelos largos.

» Análisis de datos experimentales.

El receptor magnético fue un misterio durante muchos años; en la actualidad, se sabe que existen depósitos de magnetita (un mineral que contiene hierro) en el cuerpo de ciertos animales. Este material es atraído por el campo magnético de la Tierra, es decir, actúa como una brújula. Junto con otros estímulos, como la luz solar y las estrellas, participa en la orientación de ciertas aves durante sus migraciones, permitiéndoles llegar a su destino, a miles de kilómetros, sin desviarse ni perderse.

Otros animales, como el salmón, las tortugas marinas y el ser humano, poseen magnetita en los huesos del cráneo. En las abejas, este compuesto se encuentra en el abdomen; mientras que algunos moluscos lo poseen en los dientes.



» Las truchas arcoíris convierten la información del campo magnético de la Tierra en impulsos nerviosos, y pueden orientarse en recorridos de más de 300 km.

ACTIVIDADES

1. Comparen la percepción eléctrica de la anguila con la ecolocalización de murciélagos y delfines.
2. Los receptores del dolor, o nociceptores, responden al calor, a la presión y a ciertas sustancias químicas. ¿Por qué es importante que los individuos tengan *nociceptores*?
3. Relacionen los receptores magnéticos con el funcionamiento de una brújula.

La fotoperiodicidad

Muchas plantas pueden anticipar ciertos fenómenos relacionados con la estación del año, como la primera helada o la llegada de la primavera, y prepararse para estos eventos. ¿Qué factor del ambiente determina estos comportamientos? Los científicos estadounidenses Wightman Garner y Harry Allard llevaron a cabo, en 1920, el siguiente experimento, utilizando plantas de soja.

EXPERIMENTOS EN PAPEL

¿La floración de la soja depende del momento en que se siembra la semilla?

HIPÓTESIS: la soja quedará lista para ser cosechada tras un número fijo de semanas, independientemente del momento en que haya sido sembrada.

PREDICCIÓN: si se siembran semillas de soja a intervalos regulares, las plantas florecerán también a intervalos, independientemente de la estación del año. Eso permitiría sembrar varias veces en el año.

PROCEDIMIENTO: Garner y Allard realizaron experimentos con la variedad de soja llamada *Biloxi*. Sembraron semillas en tandas, cada dos semanas, durante dos meses de la primavera. Cuidaron el cultivo de la manera habitual y registraron su floración.

RESULTADO: todas las plantas de soja florecieron en un momento en el otoño, de manera independiente al momento en que habían sido sembradas.

CONCLUSIONES: la predicción no se cumplió, y por lo tanto la hipótesis resultó incorrecta. En la floración de las plantas de soja, no solo intervienen estímulos internos, ya que si así fuera, sí se hubiese obtenido una floración escalonada, según el momento de siembra de las semillas. El hecho de que todas las plantas florezcan de manera simultánea, sin importar cuándo hayan sido sembradas, indica que en este fenómeno intervienen factores del ambiente que actúan como estímulos externos.

» Análisis de datos experimentales.



» La floración de la soja está condicionada por estímulos externos; principalmente, por la cantidad de horas de luz.

Estos investigadores siguieron estudiando la floración de la soja en invernaderos y en cámaras de cultivo. De esta manera, controlaban las condiciones ambientales, como la temperatura, la humedad, la luz y los nutrientes. Así, descubrieron que el factor que determina la floración de la soja es la cantidad de horas de luz diarias que recibe la planta. Estas plantas solo florecen si los días son más cortos que una cierta cantidad (llamada *valor crítico*) de horas de luz.

A esta respuesta de las plantas frente al cambio en la proporción de horas de luz y oscuridad diarias se la llamó *fotoperiodicidad*. El descubrimiento de este fenómeno permitió despejar otras incógnitas de la naturaleza; por ejemplo, definir que la distribución de ciertas especies vegetales en el mundo está relacionada con la duración de los días en los diferentes lugares.

CIENCIA EN LA HISTORIA



Plantas más complejas de lo pensado

Las investigaciones sobre la fotoperiodicidad comenzaron en el siglo XIX. A pesar de que sus resultados demostrasen que la duración del día afectaba la floración, muchos científicos no consideraban que esto fuese posible. Las plantas eran consideradas organismos "poco complejos", o al menos mucho más simples que los animales, y resultaba difícil aceptar que estos seres vivos pudiesen responder a los períodos de luz y oscuridad.

» La ciencia como construcción histórica y cultural.

La temperatura como estímulo

El período de reposo o *letargo*, además de las yemas, afecta las semillas. Durante este período, aunque se reúnan condiciones óptimas de humedad y temperatura, la semilla no germina.

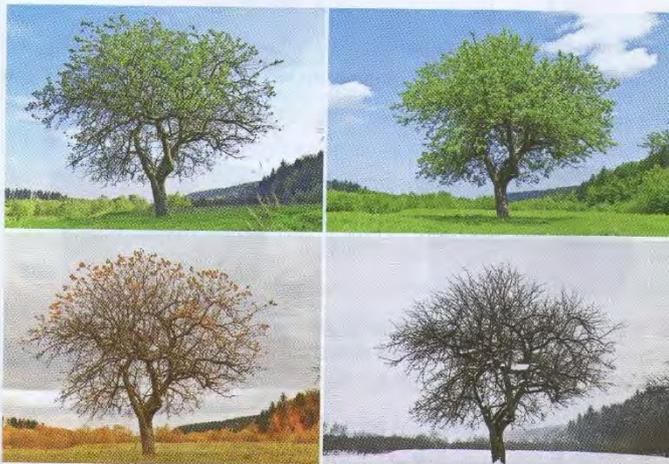
El **letargo** constituye un mecanismo de adaptación relacionado con el ambiente donde la especie se desarrolla y con su ciclo de vida. De esta manera, algunas plantas que crecen en zonas con estaciones marcadas requieren que las semillas estén expuestas a temperaturas altas y constantes, como las invernales, para que el letargo concluya. De lo contrario, las plantas germinarían en alguno de los breves períodos de calor que

ocurren muchas veces durante el invierno, y luego morirían a causa de las heladas posteriores.

En otros casos, las semillas necesitan, para germinar, estímulos diferentes, como luz (en plantas con semillas con pocas sustancias de reserva), agua (en plantas que se desarrollan en ambientes desérticos) o sustancias químicas (en aquellas cuyas semillas son dispersadas en el sistema digestivo de animales).

La **temperatura** también afecta otros procesos del desarrollo de las plantas. En especies caducifolias (es decir que pierden las hojas en el invierno), las temperaturas moderadas del otoño, junto con la fotoperiodicidad, promueven la latencia de las yemas. Así, se detiene el desarrollo de hojas, flores y frutos durante las épocas de clima desfavorable. Luego, las temperaturas bajas interrumpen la latencia y, hacia el final del invierno, la planta comienza a prepararse para la primavera. Esto puede observarse, por ejemplo, en el manzano, en el duraznero y en el castaño.

La floración también está regulada por la temperatura. A veces es necesario un período de frío antes del desarrollo de las flores. Aun así, para que la floración se produzca, es una condición ineludible que se cumpla el fotoperíodo adecuado.



➤ En las plantas, el letargo de las yemas y la floración están regulados por condiciones externas, como el fotoperíodo y la temperatura del ambiente.

CIENCIA EN ACCIÓN



Floración y prácticas comerciales

En 1915, el botánico Gustav Gassner descubrió que se podía modificar la floración de ciertas plantas si se controlaba la temperatura durante la geminación. Así, si se somete a las plantas a condiciones de bajas temperaturas y luego, estas pasan a temperaturas cálidas, se promueve su floración. Este procedimiento se llama *vernalización*, y en la actualidad es una práctica común que permite la producción de flores en épocas del año en que no se generarían de manera natural.

➤ La ciencia como construcción histórica y cultural.

ESTUDIO DE CASO



Qué variedades de arándano serán las más elegidas por los productores: ¿las que requieren muchas o pocas horas de frío? ¿Por qué? ¿Esta condición se puede controlar de manera artificial? ¿Cómo? ¿Qué nombre recibe este procedimiento?

➤ Explicar fenómenos a partir de teorías y observaciones personales.

El agua y otras sustancias como estímulos

El agua es un nutriente imprescindible en el desarrollo de las plantas, y es captado principalmente por las raíces. El agua entra y sale de las células a través de la membrana plasmática; sin embargo, ciertas células —en especial las vegetales y las relacionadas con la orina de los animales— además tienen poros, llamados *acuaporinas*, que permiten acelerar el ingreso de agua.

Permanentemente, dentro de la planta se genera una presión que provoca que el agua fluya de abajo hacia arriba. Durante el día, la circulación es continua, ya que parte del agua que llega a las hojas se evapora por el calor del Sol. De noche, en cambio, la temperatura es menor, y este proceso se ralentiza. Por eso, por las mañanas es posible observar sobre las hojas pequeñas gotitas similares a rocío; en realidad, esta agua es forzada a salir de las hojas por la presión de la raíz. A este fenómeno se lo conoce como *gutación*.

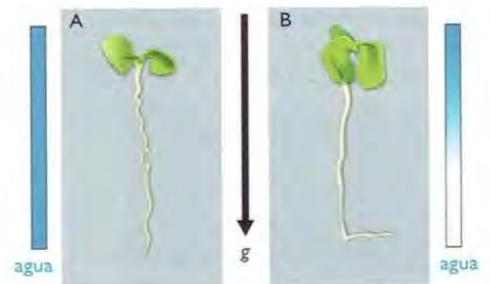
El hidrotropismo

Los extremos o ápices de las raíces se encargan de explorar el terreno por donde crecen y se desarrollan, y poseen receptores para una variedad muy amplia de estímulos, como la temperatura, los nutrientes, la gravedad y la humedad del suelo. El crecimiento de las raíces en respuesta a la humedad (es decir, a la cantidad de agua) se llama *hidrotropismo*. Estudiar este tipo de respuesta es bastante complejo debido a que el crecimiento direccional de la raíz está regulado por muchos factores que influyen en el comportamiento final. Sin embargo, se logró producir variedades vegetales mutantes insensibles a otros estímulos, y se observó que si las raíces se exponen a suelos con diferente cantidad de agua, estas cambian su dirección de crecimiento hacia las zonas más húmedas. Esto indica que el agua es uno de los estímulos con mayor prepon-

derancia en su desarrollo, posiblemente debido a la importancia de este recurso para la supervivencia del individuo.



Las gotas de la gutación no salen de la hoja por los estomas, sino por aberturas llamadas hidatodos, presentes en los márgenes de la hoja.



Al hacer crecer plantas en un medio normal (A) y en un medio con un gradiente de humedad (B), se observa que el estímulo del agua predomina sobre el de la gravedad (g).

CIENCIA EN ACCIÓN



Acuaporinas y cosméticos

El descubrimiento de los canales para el paso del agua en las células, llamados *acuaporinas*, constituyó un gran avance en el estudio de la disponibilidad de este recurso en el ambiente (que cuando es limitante, se denomina *estrés hídrico*) y en el transporte del agua dentro del organismo. En 2003, los investigadores estadounidenses Peter Agre y Roderick Mac Kinnon recibieron el Premio Nobel de Química por sus investigaciones acerca de la estructura de estas moléculas. En la actualidad, muchos productos cosméticos, en especial cremas, contienen sustancias que estimulan estos canales y previenen las arrugas por deshidratación de la piel.

» La ciencia como construcción histórica y cultural.

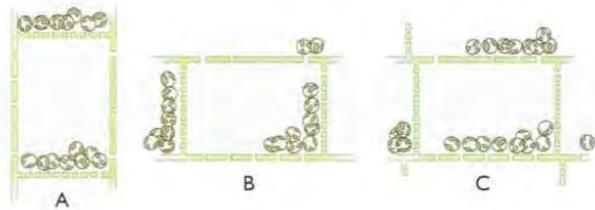
La gravedad

Una respuesta muy notoria en el crecimiento de las plantas ocurre ante el estímulo de la gravedad terrestre. La respuesta frente a la gravedad provoca que las raíces crezcan hacia abajo, dentro de la tierra; y los tallos, hacia arriba, alejándose del suelo. Estos comportamientos son especialmente importantes durante la primera etapa del desarrollo de una planta, luego de la germinación.

Si se hace crecer una planta en una maceta en posición horizontal, su tallo se curva de manera que el eje de crecimiento se mantiene perpendicular al suelo. A este crecimiento en contra del sentido en que se ejerce la fuerza de gravedad se lo llama *gravitropismo negativo*. En las raíces, en cambio, se observa el efecto contrario: estas crecen hacia abajo, a favor de la gravedad; por eso el efecto se denomina, en ese caso, *gravitropismo positivo*.

Durante mucho tiempo se pensó que esta respuesta estaba regulada únicamente por hormonas vegetales que provocaban la elongación diferencial de las células en la zona curvada, como ocurre en el fototropismo.

Sin embargo, actualmente se sabe que la percepción de la gravedad también está relacionada con una estructura presente en el citoplasma de las células vegetales: los **amiloplastos**. Los plastos son organelas que almacenan diferentes compuestos dentro de la célula; por ejemplo, los cloroplastos contienen clorofila y los amiloplastos, almidón, una sustancia de reserva de energía. Los amiloplastos funcionan de manera similar a los estatolitos dentro del oído de los animales: se depositan sobre la zona más baja de la célula y le otorgan a la planta información sobre la posición del cuerpo. Si la raíz se sitúa en posición horizontal, los amiloplastos se deslizan hasta quedar apoyados sobre la pared inferior de la célula.



➤ Las células vegetales, en general, tienen forma rectangular, y su sentido es vertical, como en la imagen A. En esa posición, los amiloplastos están depositados cerca de las paredes paralelas al suelo. Cuando se coloca una planta en sentido horizontal, los amiloplastos se deslizan (B) hasta quedar apoyados sobre las paredes de las células que normalmente se hallan en posición vertical (C).

CIENCIA EN LA HISTORIA



El clinostato de Sachs

A fines del siglo XIX, el botánico alemán Ferdinand von Sachs (1832-1897) inventó un curioso aparato para estudiar el gravitropismo. Este dispositivo es un recipiente unido a una base y a un motor eléctrico, que lo hace girar lentamente y de manera continua sobre su eje vertical. A este aparato lo llamó *clinostato*, ya que en griego *klincin* significa "inclinarse".



➤ La ciencia como construcción histórica y cultural.

ACTIVIDADES

1. ¿Qué es el gravitropismo?
2. Diseñen una experiencia para mostrar que el gravitropismo actúa como estímulo para las plantas.
3. ¿Cómo imaginan que pudo servir el clinostato inventado por Sachs para estudiar los efectos del gravitropismo?

ESTUDIO DE CASO



1. La temperatura es uno de los factores que afecta al reloj biológico de las plantas. ¿Qué características les parece que tendrán las variedades de arándanos más cultivadas? ¿Por qué?

2. El arándano es una planta originaria del Hemisferio Norte, cuyos frutos parecen —es decir, “se pasan”— rápidamente, y se consume tradicionalmente en Estados Unidos, Canadá, Japón y algunos países europeos. El período de producción de esos países abarca desde abril hasta agosto, mientras que la mayor producción en la Argentina se concentra entre octubre y diciembre.

a. ¿Qué diferencias climáticas existen entre ambos hemisferios? ¿Cuáles serán los requerimientos del arándano? ¿Qué acondicionamientos serán necesarios para su producción en nuestro país?

b. ¿Será una ventaja que la producción argentina de esta fruta esté desfasada de la de los países que la consumen? ¿Por qué?

3. Lean el siguiente fragmento de “Guía práctica para el cultivo de arándanos en la zona norte de la provincia de Buenos Aires”, publicada por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), y respondan a las preguntas.

Al evaluar el predio donde se realizará el cultivo, hay que tener en cuenta que el arándano requiere suelos sueltos, ácidos y con buen contenido de materia orgánica. [...] Otro factor para considerar es el viento, sobre todo en los primeros años de la plantación. [...] Por último, habría que conocer las “horas de frío”, que representan la cantidad de horas con temperaturas inferiores a 7 °C, acumuladas durante el año. Interesan particularmente las horas de frío efectivas, registradas durante el período de reposo invernal (mayo a septiembre). En aquellas áreas en que esta exigencia no es satisfecha adecuadamente, la floración se prolonga, y la brotación se atrasa. Si por el contrario, las plantas cumplen anticipadamente en el año sus exigencias de frío, quedan expuestas a las heladas que acontecen durante el último tramo del período invernal, ya que se encuentran en condiciones de florecer una vez que la temperatura promedio diaria supera los 10 °C. [...] El arándano debería ser podado en el invierno, mientras las yemas florales están en dormición y son fácilmente visibles. No se recomienda una poda en otoño debido a que puede estimular la brotación de nuevos tallos que luego, con las bajas temperaturas del invierno, morirán.

- a. ¿Qué estímulos se mencionan en el texto?
- b. ¿Qué importancia tiene conocer acerca de los mecanismos de respuesta de las plantas para el ser humano?
- c. ¿Qué factores del ambiente intervienen en la floración del arándano? ¿Qué ocurre cuando no se presentan en la cantidad adecuada para la planta?
- d. Según la información del texto, ¿qué significa “dormición”? ¿con qué concepto de los vistos en el capítulo se relaciona? ¿Por qué?
- e. ¿Qué condiciones ambientales es necesario tener en cuenta en el cultivo del arándano? ¿Por qué?

4. Unan los estímulos de la izquierda con el tipo de receptor que los detecta.

Rocío	Fotorreceptor
Luz de una linterna	Quimiorreceptor
Fertilizante	Mecanorreceptor
Helada	Termorreceptor
Roce de un animal	
Excrementos de animales	

5. Las siguientes imágenes muestran el dispositivo usado en una experiencia del francés Jean-Jacques de Mairan, en 1729, y el registro de las observaciones. Analicen las imágenes y respondan a las preguntas.



- a. ¿A qué estímulo se expuso la planta? ¿En qué condiciones se presentó el estímulo?
- b. ¿Qué respuesta se estudió en esta experiencia? ¿De qué manera?
- c. ¿A qué conclusiones les parece que llegó Mairan con este experimento? Fundamenten la respuesta.

Tipos de aprendizaje

Habituaación

La habituaación es una de las formas más simples del aprendizaje. Se define como la reducción o supresión de la respuesta ante un estímulo repetido, e implica aprender a no dar una respuesta innata innecesariamente. Vemos ejemplos de esto en las palomas de las ciudades, que dejan de huir ante la cercanía de las personas; o en los perros que viven en zonas muy transitadas, y dejan de ladrarles a los peatones y a los autos. La habituaación tiene ventajas evidentes para la vida del organismo, ya que evita que se derroche energía en responder a estímulos sin importancia.

Todos los ambientes naturales son variables. Por ejemplo, los sitios para refugiarse pueden ser más comunes en unos lugares que en otros. Por lo tanto, la capacidad de un animal para orientarse en el terreno sobre la base de su experiencia, es decir, del conocimiento que va adquiriendo del hábitat, puede ser clave para su supervivencia, ya que le permitirá encontrar refugio, alimento y pareja en forma más efectiva.

Durante mucho tiempo, los investigadores se preguntaron qué tipo de señales usaban los animales para ubicarse. En 1932, Niko Tinbergen (1907-1988) desarrolló un experimento con avispas cavadoras que ayudó a resolver la cuestión. Estas avispas tienen 4 o 5 nidos subterráneos a la vez, distribuidos en un espacio amplio, y deben visitarlos a diario para alimentar a las larvas.



► Cuando sus tentáculos son tocados por primera vez, la anémona los retrae como una forma de protegerse; pero luego de varias veces de repetirse el mismo estímulo, deja de retraerlos.

EXPERIMENTOS EN PAPEL



¿Cómo hallan sus nidos las avispas?

HIPÓTESIS: las avispas cavadoras se ubican espacialmente a partir de información del entorno.

PREDICCIÓN: si las condiciones del entorno cambian, las avispas no podrán ubicar sus nidos.

PROCEDIMIENTO: Tinbergen localizó un nido de una avispa cavadora y lo rodeó con piedras. Al cabo de unos días, y mientras la avispa se hallaba fuera del nido, corrió los círculos de piedras, de forma que el nido quedara fuera de ellas. En todo momento, el nido se mantuvo en el mismo sitio.

RESULTADOS: cuando la avispa regresó, voló hacia el centro de las piedras y no hacia el nido. Lo mismo sucedió con otras avispas.



CONCLUSIÓN: las avispas (y otros animales) presentan un patrón de reconocimiento basado en la información que obtienen de su entorno. El experimento permite deducir que estos "datos" tienden a ser elementos estables (es poco probable que las piedras se muevan por sí mismas), ya que si se guiaran por elementos que pueden, por ejemplo, volarse con el viento, se dificultaría encontrar el nido, y se reduciría el éxito reproductivo.

» Análisis de datos experimentales.

El uso de marcas terrestres es una forma de aprendizaje más avanzada que la habituaación, ya que implica que el animal recuerde distintos indicadores de la ubicación de un sitio y los relacione. Por ejemplo, un nido puede estar cerca de un grupo de piedras, y otro nido de la misma avispa, cerca de un arroyo o de un árbol caído.

Condicionamiento

Una forma más compleja de aprendizaje es el **aprendizaje asociativo**, en el que un estímulo llega a conectarse, por medio de experiencias de ensayo y error, con un tipo de respuesta. Los animales se ven sometidos a premios y castigos naturales, lo que les permite desarrollar un tipo de respuesta para cada estímulo. Así, un perro se entusiasma al ver la correa, porque la asocia al paseo, y un sapo que es picado por una avispa aprende a evitarlas como presas.



► B. F. Skinner diseñó un dispositivo que les permite a los animales "entrenarse" a sí mismos. Cuando, por casualidad, la rata aprieta el botón, aparece una bolita de alimento (recompensa). Luego de que esto suceda varias veces, el animal aprende la relación entre el botón y el alimento, y comienza a presionarlo continuamente.

Discernimiento

Se llama *discernimiento* o *aprendizaje intuitivo* a la resolución de problemas sin experiencias previas de ensayo y error. Esta forma repentina de resolución de situaciones se parece, en parte, al razonamiento que realizan las personas ante determinadas situaciones nuevas, aplicando conocimientos adquiridos con anterioridad y no necesariamente relacionados. Por ello, se considera al **discernimiento** como la forma más ele-

vada de aprendizaje, presente solo en los animales superiores.

En 1917, el psicólogo alemán Wolfgang Köhler demostró el aprendizaje intuitivo en chimpancés al presentarles, en una jaula que también contenía unos palos, un racimo de bananas ubicado a una altura fuera del alcance de los animales. Al principio, los chimpancés saltaban intentando agarrar las bananas, sin conseguirlo. En determinado momento, los animales parecían "descubrir" los palos (aunque los habían visto muchas veces), agarraban uno y golpeaban las frutas hasta que caían al suelo. La conclusión de Köhler fue que, en determinado momento, los chimpancés pudieron relacionar dos objetos (las bananas y los palos) que antes percibían por separado, y vincularlos para resolver el problema.

CIENCIAS EN LA NET



El aprendizaje de una paloma

Ochenta años más tarde del descubrimiento de Köhler, el equipo de Robert Epstein repitió los experimentos con otros animales. Observen en YouTube cómo una paloma soluciona el dilema de la banana: bit.ly/1bODUpW. Discutan entre todos cuáles de las definiciones planteadas en esta sección se ponen en duda con los resultados de este experimento.

»» Uso de TIC para buscar y analizar información.

ACTIVIDADES

1. Definan *aprendizaje* e indiquen qué tipo de aprendizaje se realiza en la habituación, en el condicionamiento y en el discernimiento.
2. Observen el siguiente fragmento de la serie "The Big Bang Theory" bit.ly/1bmPaMC. ¿Qué tipo de aprendizaje intenta inculcar Sheldon? ¿Cómo lo distinguen de las otras dos posibilidades?
3. Discutan en grupos. ¿Qué ventajas presentan los comportamientos aprendidos en relación con los innatos?

La comunicación

Los animales interactúan unos con otros de distintas maneras: en la reproducción, en la búsqueda del alimento, en la defensa del territorio, y en otros aspectos de su vida. Todas estas interacciones requieren que los individuos se comuniquen entre sí. Se llama *comunicación* al intercambio de señales entre un animal y otro, con el objeto de modificar el comportamiento de uno de ellos beneficiando a uno o a ambos.

La comunicación se realiza por medio de los más diversos estímulos: visuales, sonoros, táctiles, químicos. Cada forma presenta ventajas y desventajas que dependen de las condiciones del ambiente y de las capacidades de percepción de los organismos.

Comunicación visual

La comunicación visual consiste en la emisión de señales que pueden ser percibidas por los ór-

ganos de la vista. Cuando un animal realiza cierto movimiento o postura determinada para comunicar algo, como mostrar los dientes, erizar el pelo o agachar la cabeza, se dice que la señal es activa.

Cuando es el color o la forma lo que comunica información sobre el animal, se habla de una señal pasiva. Los patrones de diseño de las alas de las mariposas y el color del plumaje de los machos de muchas aves atraen a sus compañeras.

Muchas veces las señales activas y pasivas se presentan juntas. La comunicación visual es característica de los animales que poseen grandes ojos, y solo resulta efectiva a una distancia corta. Presenta la ventaja de que es silenciosa, por lo que hay pocas probabilidades de atraer a un depredador distante. Sin embargo, son poco eficientes en la oscuridad, con algunas contadas excepciones, como el caso de las luciérnagas hembra, que usan destellos luminosos para atraer a los machos.



➤ El color anaranjado en el playero rojizo (*Calidris canutus*) indica que se encuentra apto para reproducirse.



➤ Charles Darwin (1809-1882) estudió el comportamiento de los animales desde la perspectiva de la evolución. Por ejemplo, notó que los perros expresan sus distintas intenciones, como el interés y la agresión, con gestos opuestos, y sugirió que estos comportamientos evolucionaron porque la comunicación eficaz aumenta las probabilidades de supervivencia.

Comunicación sonora

En la comunicación sonora, se emplean diferentes mecanismos para emitir sonidos que se transmiten a través del aire, del agua o, incluso, de objetos sólidos, y que son percibidos a través del oído. Al igual que las señales visuales, las señales sonoras llegan a sus destinatarios casi instantáneamente, pero tienen la ventaja de ser efectivas a grandes distancias y en sitios oscuros o donde no existe buena visibilidad, como en aguas turbias o en ambientes con vegetación densa.

Muchísimas especies animales se comunican de esta forma, y pueden incluso cambiar el tono y la intensidad de los sonidos que emiten para comunicar distintos mensajes.

Si bien entre los animales son más comunes los sonidos emitidos por la boca, el pico, la garganta o las fosas nasales, como el rugido del jaguar, el canto de las ranas o el chillido de los murciélagos, también hay sonidos no orales. Este es el caso del "canto" del grillo, que se produce mediante el frotamiento de sus patas traseras, y el de las cigarras, que se produce al frotar las alas.



CIENCIA EN ACCIÓN

El complejo canto de las ballenas

Las ballenas jorobadas emiten distintos tipos de vocalizaciones, como "cantos" de cortejo para las hembras, y llamadas cortas de alerta y de alimentación que incluyen bramidos, silbidos y gritos. Utilizan una combinación de frecuencias audibles por las personas y de sonidos de baja frecuencia, que pueden percibirse a miles de kilómetros. Los cantos son distintos entre una población y otra. Pueden durar hasta 30 minutos, y constituyen la forma de comunicación sonora más compleja del mundo animal.

Escuchen el canto de estas ballenas y la explicación del biólogo Roger Payne (1935), quien fue su descubridor: bit.ly/1heVW8z.

» Relación entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente.

Comunicación por mensajes químicos

Este tipo de comunicación se realiza mediante la emisión de sustancias que pueden ser detectadas por otros animales a través del olfato y, eventualmente, del gusto. Las señales químicas persisten durante un período bastante prolongado, por lo que pueden percibirse aun cuando el emisor no está presente. También pueden recorrer grandes distancias cuando son transportadas por las corrientes del aire, aunque solo se captan a favor del viento. A diferencia de las señales sonoras, su producción requiere muy poca energía; sin embargo, para que esta comunicación sea efectiva, los animales deben sintetizar una sustancia específica para cada mensaje. Por ello, con este procedimiento solo se transmiten algunos mensajes simples, pero relevantes. Entre ellos, se cuentan las señales de atracción al sexo opuesto mediante la liberación de ciertas hormonas (feromonas) en la orina o el sudor, rastros olorosos que señalan el camino, y las marcas de orina que anuncian la presencia de un animal en determinado territorio.



Las termitas obreras dejan rastros químicos que le permiten al resto del grupo encontrar el camino hacia el alimento.

ACTIVIDADES

- Realicen un cuadro comparativo con las ventajas y desventajas de las formas de comunicación mencionadas en estas páginas.
- ¿Qué diferencia hay entre una señal visual activa y una pasiva? Den ejemplos de cada una.
- Indiquen si las siguientes afirmaciones son correctas (C) o incorrectas (I), y justifiquen.
 - Las señales visuales activas y pasivas raramente se presentan a la vez.
 - Para distancias grandes, la comunicación sonora es más efectiva que la visual.
 - La producción de feromonas requiere muy poca energía.
 - La comunicación sonora solo se produce cuando se activan las cuerdas vocales o la garganta.

Sociedades animales

Todos los animales —cualquiera sea su especie—, en algún momento de su vida interactúan con sus congéneres. Aunque para muchos de ellos, como el puma, el único objetivo de reunirse con sus pares es la reproducción, hay otras especies que forman agrupaciones relativamente estables, e incluso existen algunas pocas que presentan sociedades complejas.

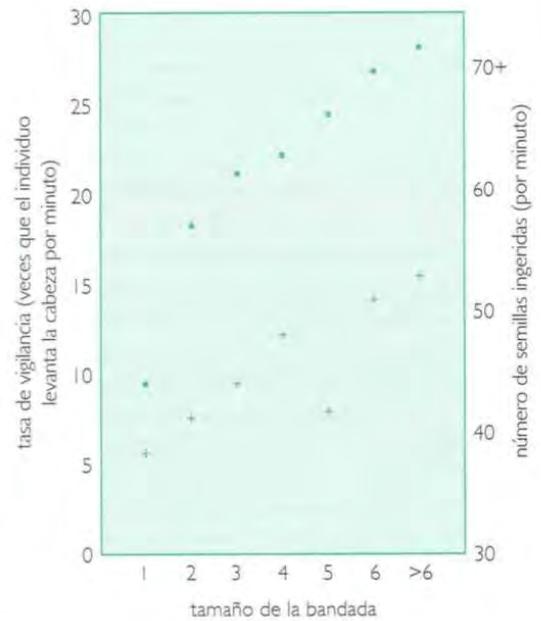
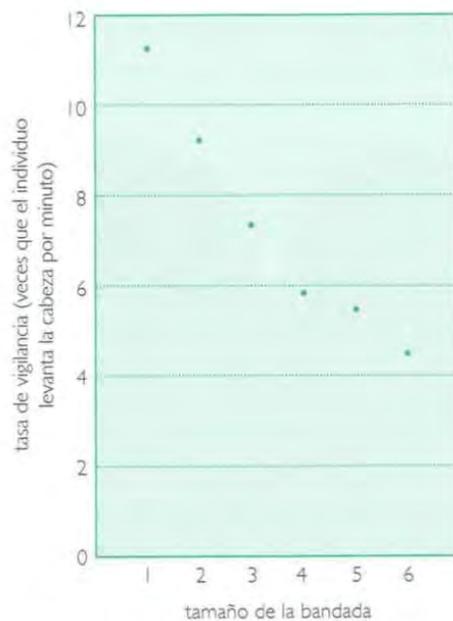
Ventajas y desventajas de vivir en grupo



Jilguero.

Como se señaló, compartir un territorio puede presentar grandes costos para los individuos, ya que deben competir por los recursos limitados. A esto debe sumarse que, al estar en grupos, existe una mayor probabilidad de ser detectados por los depredadores y un mayor riesgo de contagiarse enfermedades.

Sin embargo, también existen importantes ventajas. Entre ellas se cuenta la posibilidad de realizar una división del trabajo, como la cooperación para la búsqueda de alimento; mayor probabilidad de encontrar pareja; colaboración en la crianza de la prole; una mayor capacidad para detectar y repeler a los depredadores, y una mayor probabilidad de aprender comportamientos útiles de sus semejantes.



➤ Glück, en 1987, demostró que el número de veces que un individuo de jilguero común (*Carduelis carduelis*) levanta la cabeza, en un minuto, para vigilar si aparece algún depredador mientras se alimenta (tasa de vigilancia) es más del doble que si está en un grupo, formado por seis individuos o más (izquierda). Alimentándose en grupo, el individuo no solo está protegido, sino que, al vigilar menos, tiene más tiempo para comer (derecha).

Altruismo

Los actos de autosacrificio o *altruistas* pueden tener sentido si ambos individuos (el que realiza el acto altruista y el que se beneficia por dicho acto) están estrechamente emparentados, porque se incrementa así la probabilidad de supervivencia de genes compartidos, algunos de los cuales pueden favorecer el comportamiento altruista. Así, la selección natural también promueve la transmisión de estos genes. Es lo que se conoce como *selección por parentesco*.

Sin embargo, en ocasiones se observan comportamientos de aparente autosacrificio entre individuos no emparentados. En estos casos, se cree que el acto altruista es llevado a cabo con la expectativa de que se retribuya el favor. Este comportamiento recibe el nombre de *altruismo recíproco*, y se limita principalmente a grupos estables, donde los individuos tienen muchas probabilidades de intercambiar ayuda.

Es probable, entonces, que todos los comportamientos altruistas aumenten la aptitud de alguna forma, y por eso hayan sido seleccionados positivamente a lo largo de la evolución.

Durante años, los científicos estuvieron desconcertados por el hecho de que la selección natural haya favorecido la existencia de las abejas obreras, que realizan todo el trabajo de la colmena, pero no se reproducen. El problema del altruismo está íntimamente relacionado con las preguntas sobre el nivel en el que actúa la selección natural: si actúa exclusivamente a nivel individual, todo indica que el altruismo no puede evolucionar porque es desfavorable para el individuo. Sin embargo, es posible que el altruismo pueda ser ventajoso a nivel de grupo: un grupo que contenga individuos altruistas, dispuestos a subordinar sus propios intereses por el bien del conjunto, puede tener una mayor ventaja de supervivencia que un grupo compuesto exclusivamente por organismos egoístas.

CIENCIA EN LA HISTORIA



¿Nuevos comportamientos pueden generar nuevas especies?

Hasta hace poco, no había evidencias concluyentes de que cambios en el comportamiento pudieran modificar las características de las especies.

En 2012, un estudio realizado en 156 especies de palomas mostró que aquellas que habían pasado de vivir en el suelo a vivir en los árboles habían desarrollado morfologías más adaptadas a su nuevo hábitat. Las palomas arbóreas presentan colas más largas y patas más cortas que las que habitan mayoritariamente en el suelo. El investigador Oriol Lapiedra explicó que "las extremidades más cortas y la cola más larga son rasgos más adecuados para moverse entre los árboles, ya que les confieren mayor estabilidad, mientras que las patas largas y la cola corta favorecen el desplazamiento terrestre". La investigación también demostró que todas las palomas arbóreas descienden de las palomas terrestres, por lo que el trabajo abre el interrogante de si los nuevos comportamientos (como cambiar de hábitat) pueden ser el detonante de la creación de una especie nueva.

Los científicos creen que las especies con mayor capacidad de modificar su comportamiento podrían tener más posibilidades de hacer frente con éxito el actual escenario de rápidos cambios ambientales inducidos por la especie humana.

» La ciencia como construcción histórica y cultural.

ACTIVIDADES

1. Respondan las siguientes preguntas:

- ¿Por qué los comportamientos pueden estar sujetos a los procesos evolutivos?
- ¿Qué diferencias existen entre la selección por parentesco y el altruismo recíproco?

2. Aun hoy, los científicos discuten cómo es posible que el comportamiento altruista haya sido seleccionado positivamente durante la evolución. Relean el texto y los ejemplos; den al menos dos razones por las que no debería haber sido seleccionado, y dos razones que expliquen por qué sí fue seleccionado naturalmente.

ESTUDIO DE CASO



1. Investiguen sobre las especies que mencionaron en la segunda consigna de las actividades del comienzo del capítulo.

- a. ¿Cuál es el sexo que determina la elección de parejas reproductivas, en cada una?
- b. ¿Cuál es el sexo que presenta rasgos más llamativos?
- c. ¿Los individuos más llamativos son los que eligen pareja? ¿O es al revés? Elaboren una explicación que relacione la presencia o ausencia de caracteres visualmente atractivos en un sexo con su posibilidad de elegir o ser elegido.

2. Los colores llamativos en muchas especies animales suelen ser una desventaja desde el punto de vista de la supervivencia de los individuos. A menudo, los plumajes vistosos no solo resultan atractivos para individuos del sexo opuesto, sino que también resultan un llamado de atención para predadores y enemigos naturales. Expliquen, desde el punto de vista evolutivo, este hecho.

3. Consulten otras fuentes e investiguen acerca de la teoría de "selección sexual" propuesta por Charles Darwin (1889-1882). Modifiquen sus respuestas a los puntos anteriores de acuerdo con lo expresado por la teoría de Darwin.

4. En los siguientes comportamientos, identifiquen los componentes innatos y los adquiridos:

- a. Un pollito rompe el cascarón y, a los pocos minutos, está picoteando objetos que le atraen la atención: un cigarrillo, una piedra, un grano de maíz. Con el paso del tiempo, evitará los cigarrillos, las piedras le serán indiferentes, y seguirá picoteando los granos.
- b. Un cachorro corre a esconderse bajo la mesa cada vez que escucha el ruido de la aspiradora. Cuando pasea, orina cada árbol y poste que encuentra en su camino. Ya de adulto, ignora la aspiradora, pero continúa orinando los postes y mueve la cola cuando su dueño agarra las llaves de casa.

5. Desarrollen un tuit relacionado con el comportamiento animal. Definan cuál sería la etiqueta (o hashtag), qué temas van a incorporar y cuál será el contenido de los tuits (teniendo en cuenta la limitación de caracteres y la posibilidad de retuitear información específica).

6. Observen el video de la conferencia de Pablo Herreros en *Thinking Party* sobre comportamiento humano innato y adquirido: bit.ly/wPwNkH.

- a. ¿Qué tipos de comportamientos innatos se observan? ¿Cómo diferencian que sea un comportamiento innato?
- b. Discutan en grupo las afirmaciones sobre altruismo, supervivencia del más apto y evolución.
- c. ¿Cómo se relaciona lo anterior con la idea de que el ser humano es bueno por naturaleza?

7. Indiquen si los comportamientos son innatos o adquiridos y qué ventaja proveen a los animales:

- a. Si durante la estación reproductiva a un macho de mirlo se le presenta una hembra disecada, intentará copular con ella.
- b. El ganso común rueda con su cuello cualquier objeto redondo hacia su nido.
- c. La tortuga de tierra en cautiverio no esconde su cabeza, si sus dueños se la frotan frecuentemente.
- d. El crepín es un ave que deposita sus huevos en nidos ajenos. A las pocas horas de nacer, el pichón empuja del nido a sus hermanos adoptivos.
- e. Las voces de alarma de la gaviota común hacen que los pichones se agachen en su nido.

8. El petirrojo es una pequeña ave europea, con el pecho y la cabeza de un color anaranjado fuerte. Los jóvenes que no están en edad de reproducirse son de colores apagados. Los experimentos mostraron que, si se coloca un montón de plumas de color naranja cerca de la zona habitual donde se mueve un macho, este las ataca. Sin embargo, el mismo macho ignora una silueta de un petirrojo joven disecado. ¿Qué tipo de comportamiento se describe? ¿A qué tipo de señal responde el ataque? ¿Por qué creen que ignoran a los jóvenes?



➤ Plumas de color naranja; el adulto ataca.



➤ Petirrojo joven disecado; el adulto no ataca.



Algo andaba mal. Las fechas y el lugar indicado en mi máquina del tiempo eran las correctas, pero mirando por la escotilla algo me decía que había fallado, que había aparecido en donde no debía. Si no, ¿cómo explicar esos patitos que me miraban desde afuera con sus miradas... de pato, y graznando como diciendo “¡papá, papá!”?

Konrad Lorenz Ahí viene “papá pato”



Estaba a punto de emprender el viaje de vuelta cuando, de pronto, apareció papá... un señor mayor, canoso, con barba candado y cara de buena gente. Ahí sí comprendí que había llegado a buen puerto, y salí de la máquina.

—¿Konrad? —pregunté— ¿Konrad Lorenz?

—Disculpe por el recibimiento tan... animal, joven —dijo, mientras los patitos iban tras él en una fila ordenada—. Es que estos amigos son muy curiosos, ¿sabe? A propósito, ¿qué lo trae por aquí?

—¡Nada menos que conocer al fundador de la etología! —contesté, orgulloso— No todos los días uno puede hablar con alguien que inventa una ciencia nueva.

Y era verdad: Lorenz había desarrollado una ciencia del estudio del comportamiento animal, en contra de las opiniones de la época de que eso era cosa de “naturalistas”, y que todo lo que hacían los patos, las ranas o los conejos era puramente instintivo y particular de cada uno de ellos. Konrad era un amante de los bichos y de la ciencia, y fue de los primeros en proponer que se podía hacer un estudio comparativo de lo que hacían los animales.

—No solo eso —proseguí—. Usted es uno de mis ídolos como biólogo.

—¿Biólogo? —se rió— Nada de eso: soy un médico que se dedicó toda la vida a la investigación... Mi padre, sabe, las tradiciones familiares... Aunque ya de chico me la pasaba persiguiendo a todo bicho que caminara, volase o nadase. Debe ser eso lo que

llaman vocación, ¿no? Además, exagera un poco: ya había varios estudiando el comportamiento de las abejas, de las aves, como mis amigos Niko y Karl (yo sabía que se refería a Niko Tinbergen y Karl von Frisch, con quienes compartió el Premio Nobel en 1973). Casi le diría que solo nos faltaba entender a los humanos. Pero eso, me temo, es imposible...



► Niko Tinbergen y Konrad Lorenz fueron considerados los creadores de la escuela etológica del comportamiento.

—Pero últimamente sí se interesó por estos bichos tan particulares... nosotros.

—Tiene razón —admitió, pero luego se dirigió hacia sus patos—. Pero siempre vuelvo a ellos. Alguna esperanza nos queda a los humanos. Siempre digo que nosotros somos una especie de eslabón perdido entre los animales y algo que alguna vez pueda llamarse humano.

—Pero antes, cuénteme de sus patitos.

—Ah, sí —dijo, acariciando a uno de ellos—, mis patitos... Sí que se hicieron famosos, eh, aunque mis trabajos iniciales fueron con gansos. Soy fanático de los gansos desde que era pequeño. Mire: todo nació con una observación. Por eso le digo a los jóvenes que no dejen de mirar el mundo, y así van a llegar los descubrimientos.

—La observación de que los gansos recién nacidos se pegan a sus mamás... —comencé.

—¡Exacto! —Se entusiasmó—. No hay nada más hermoso que ver a esos pichoncitos saliendo del cascarón y acercándose a la madre, que los reconoce, les da de comer, los cuida.

—El asunto es si no está la mamá cerca. O si en su lugar, hay un Lorenz.

—O cualquier cosa más o menos grande y que se mueva —asintió—. Yo, por ejemplo, claro.

Los dos reímos y recordamos el famoso experimento en el que los gansos huérfanos de madre decidieron adoptar al mismísimo Konrad Lorenz, el primer "objeto" que veían en su vida, como padre, y lo seguían para todos lados. A este fenómeno Lorenz lo había llamado "impronta".



► Las imágenes de Lorenz llevando a cabo sus investigaciones sobre el comportamiento de patos y gansos son mundialmente célebres.

Este es un típico caso de comportamiento innato, o sea que los patos y los gansos, y en algunos casos nosotros mismos, lo traemos de fábrica; también se lo llama "instintivo". Por otro lado hay comportamientos puramente aprendidos que dependen de la experiencia y del aprendizaje. Seguramente, todos los seres vivos seamos una mezcla de las dos cosas.

—Claro que eso debe ocurrir muy poco después de romper el cascarón —prosiguió—, porque si no, después, les agarra miedo hacia esos objetos grandes. Hay una especie de período crítico para la impronta. Yo siempre estuve convencido de que la impronta era irreversible: mis gansos me seguían durante toda la vida.

—Y acá están estos patitos para demostrarlo —dije, ya que me había encariñado con ellos.

—Sí, pero lo más importante es que pudimos hacer experimentos, comparar, interpretar resultados. Por eso es que la etología es una ciencia, joven.

Ya era hora de volver a casa: el período crítico de mi máquina del tiempo estaba llegando a su fin. Cuando la máquina comenzaba a emprender su viaje, me pareció que había una serie de animalitos que trataban de seguirme...

Lo que no sé bien es qué hacer con este patito que apareció de la nada en la cabina, salió alegremente cuando llegué a casa y ahora me sigue por donde quiera que vaya.



1. Anoten en la carpeta los hechos o los fenómenos mencionados en el texto que no comprendan. Luego, releen las páginas del capítulo anterior y traten de hallar la información necesaria para entender lo que no hayan entendido. En caso de que haya temas sin respuesta, investiguen en Internet y completen sus anotaciones.

2. ¿Qué hechos en la juventud de Lorenz resultaron fundamentales para su vocación futura como investigador del comportamiento? ¿Alguna vez sintieron interés por investigar temas de la naturaleza, como le ocurrió a Lorenz? ¿Qué temas les gustaría investigar cuando sean mayores?

Las glándulas endocrinas

Las distintas actividades fisiológicas que realiza nuestro cuerpo a diario son llevadas a cabo gracias a la comunicación que existe entre el cerebro y el resto de los órganos. Las hormonas cumplen con el importante papel de ser los mensajeros químicos que facilitan esa comunicación y controlan todas las glándulas que, a su vez, afectan dichas actividades. De manera similar al sistema nervioso que utiliza los nervios para transmitir información a lo largo del cuerpo, las glándulas endocrinas utilizan los vasos sanguíneos como canales de información.

Algunas de las glándulas que forman parte del sistema endocrino son las siguientes.

Eje hipotálamo-hipófisis. El hipotálamo secreta al menos 9 hormonas que actúan en forma directa, o mediante la adenohipófisis (parte anterior de la hipófisis), sobre el resto de las glándulas endocrinas del cuerpo. Este eje recibe regulación directa relacionada con la información proveniente del estado general del cuerpo.

Tiroides. La hormona que produce esta glándula estimula el metabolismo general, y tiene un efecto marcado sobre el desarrollo y el crecimiento. La hormona producida por la paratiroides controla la concentración de calcio y fosfato de la sangre.

Timo. Su función está muy ligada al sistema inmunológico, y produce algunas hormonas como el *timosin*, que actúa en la producción y en el desarrollo de los linfocitos T.

Gónadas. Estas glándulas, sometidas a la influencia de la hipófisis, producen hormonas que controlan la maduración sexual y los procesos implicados en la reproducción.

Glándulas suprarrenales. Producen hormonas esenciales para el control de la concentración de sales y de agua en los líquidos corporales. Las hormonas de la corteza suprarrenal también son necesarias para la formación y el almacenamiento de azúcar en el hígado a partir de proteínas, y para mantener la resistencia frente a una demanda física y emocional intensa del organismo. La médula produce adrenalina y noradrenalina, que incrementan la concentración de azúcar en la sangre y estimulan el sistema circulatorio y el sistema nervioso simpático.

Páncreas. Secreta dos hormonas, la insulina y el glucagón, que regulan el metabolismo de los hidratos de carbono en el cuerpo.



CIENCIA EN LA HISTORIA



El descubrimiento de la secretina

En 1902, los fisiólogos ingleses Willian Bayliss y Ernest Starling establecieron por primera vez el significado y la función de las hormonas, al descubrir la secretina, una sustancia liberada a la circulación por la mucosa duodenal que estimulaba el flujo del páncreas. Estos científicos definieron el término *hormona* como "cualquier sustancia producida en las células de una región del organismo y llevada por el torrente sanguíneo a otras partes, sobre las cuales ejerce un efecto".

>> La ciencia como construcción histórica y cultural.

Regulación del sistema endocrino

Aunque cada una de las glándulas endocrinas cumple un rol específico (por ejemplo, regular el metabolismo de los hidratos de carbono o la concentración de sales y de agua en sangre), ninguna de estas funciones es realizada en forma independiente ni autónoma. Debido a la cantidad de procesos que están sucediendo simultáneamente en nuestro cuerpo, el estado del cuerpo debe ser chequeado permanentemente, y la información se debe coleccionar de forma ordenada y comunicar al resto del sistema. Este trabajo se logra en forma muy efectiva por la organización particular del sistema endocrino y su interconexión con el sistema nervioso.

Cuando hay algún exceso o defecto en la producción de alguna hormona, se pueden provocar ciertos síntomas. La hiperfunción de la hipófisis anterior, por ejemplo, donde se produce un exceso de hormona del crecimiento, provoca en ocasiones gigantismo o acromegalia. La deficiencia de la hipófisis anterior, al contrario, conduce a enanismo (si aparece al principio de la vida), a la ausencia de desarrollo sexual, a la debilidad y, en algunas ocasiones, a la desnutrición grave.

ACTIVIDADES

1. ¿Cómo una hormona que se produce en una glándula endocrina puede reconocer la estructura distante sobre la que tiene que actuar (su blanco)?
2. Realicen un cuadro sinóptico de las glándulas endocrinas y de las hormonas que secretan.
3. Describan, para cada hormona incluida en el cuadro de la actividad anterior, cuál es su función principal.
4. Busquen en el diccionario el término endocrinología, escriban en sus carpetas una definición simbólica, y expliquen su relación con las temas de este capítulo.



► El hiperfuncionamiento es la producción excesiva de la hormona tiroidea, por la glándula tiroides. Aunque todas las hormonas son llevadas al torrente sanguíneo en concentraciones mínimas, tanto el exceso como el déficit en su producción suelen producir enfermedades por hiperfunción (aumento en la secreción) o hipofunción (disminución en la secreción) de una glándula determinada.



► La hiperfunción de la hipófisis anterior puede causar gigantismo, como en el caso del irlandés Patrick O'Brian, quien en 1802 fue considerado el ser humano más alto del mundo.

La diabetes

Los antiguos indios observaban si las hormigas se sentían atraídas por la orina de una persona, y utilizaban ese dato como prueba de una enfermedad que llamaban *mal de la orina dulce*. Hoy en día, sabemos que la *diabetes mellitus* es una alteración en el metabolismo de los hidratos de carbono debida a una falla en la acción de la insulina. Pero ¿cómo transitó la ciencia ese largo camino?

En 1889, mientras investigaban el páncreas y la digestión, el alemán Joseph von Mering (1849-1908) y el lituano Oskar Minkowski (1858-1931) realizaron un experimento para evaluar el papel del páncreas en la regulación de la glucemia.



► Josef von Mering y Oskar Minkowski, los primeros investigadores del rol del páncreas en los mecanismos de regulación de la glucemia.

EXPERIMENTOS EN PAPEL

¿Regula el páncreas el nivel de glucosa?

HIPÓTESIS: el páncreas cumple un papel fundamental en la regulación de la glucemia.

PREDICCIÓN: la ausencia de páncreas, en un perro, provocará una desregulación de la glucemia. Como consecuencia de la extirpación del páncreas, el perro desarrollará diabetes.

PROCEDIMIENTO: los investigadores utilizaron perros, a los que se les extrajo el páncreas mediante cirugía. Luego, esperaron un tiempo y midieron distintas variables que podían ser indicadores de diabetes.

RESULTADOS: a. La glucosa en sangre de los perros sin páncreas se elevaba notoriamente.

b. Los perros tenían mucha sed, tomaban mucha agua y orinaban más de lo normal.

c. Estaban cada vez más débiles.

CONCLUSIONES: de esta forma, se demostró que el páncreas era necesario para regular los niveles de glucosa. Esta fue la primera "pista" de que podía existir un factor antidiabético producido por el páncreas, que le permite al organismo aprovechar los azúcares de la sangre adecuadamente.

Luego de evidenciar esta relación páncreas-diabetes, en 1922 los canadienses Frederick Grant Banting y Charles Herbert Best comenzaron sus intentos de extraer dichos "factores" del páncreas, hasta conseguir extractos de insulina.

Más tarde, el médico argentino Bernardo Houssay se dedicó a investigar el rol de la hipófisis en la diabetes. Descubrió que si a los perros sin páncreas previamente se les extirpaba la hipófisis, no generaban diabetes, pero sí generaban reacciones hipoglucémicas acentuadas, luego de la inyección de pequeñas dosis de insulina. Así, el grupo de Houssay logró comprender el rol de la hipófisis en los procesos metabólicos de los carbohidratos y en la diabetes.

Hoy en día, la diabetes es una enfermedad muy extendida, pero que se puede controlar siempre que se tenga una adecuada supervisión médica. Los pacientes diagnosticados con diabetes pueden aprender a llevar ellos mismos el control diario de su glucemia y, en los casos en que sea necesario, aplicarse dosis de insulina.

ACTIVIDADES

1. ¿Qué hubiera sucedido si, en el experimento de Mering-Minkowski, a los perros operados se les administraba insulina luego de cada comida? ¿Por qué?

2. Imaginen que una persona se come un alfajor. Realicen un esquema de las hormonas liberadas por su páncreas durante las siguientes horas.

ESTUDIO DE CASO



1. El científico A. Berthold estudió las hormonas relacionadas con características sexuales. En uno de sus experimentos, extirpó los testículos de pollos machos, observando posteriormente una atrofia de los caracteres sexuales secundarios. Al agregar inyecciones de macerados de testículos extraídos de otros pollos machos, en los individuos sin testículos se desarrollaron los caracteres secundarios esperados.

Respondan a las preguntas:

- a. ¿Qué hipótesis surge, de esta experiencia, acerca del papel de estas hormonas?
 - b. ¿Qué relación encuentran con el caso de los individuos *güevadoce* de República Dominicana?
2. ¿Qué piensan que le pasaría a un animal hembra joven, si se le inyectase una gran cantidad de sustancias extraídas de testículos de animales macho de la misma especie?
3. Elijan las respuestas que consideren correctas, en cada caso.
- a. En la regulación por retroalimentación del eje hipotálamo-adenohipófisis, la hormona final de la vía puede ejercer su efecto:
 - I. Inhibiendo la hipófisis.
 - II. Inhibiendo el hipotálamo.
 - III. Inhibiendo la glándula que la produce.
 - b. La glucemia (concentración de glucosa en la sangre) puede estar fuera de lo normal debido a los siguientes factores:
 - I. El estrés físico.
 - II. El aumento de la concentración de insulina y somatostatina.
 - III. El aumento de la concentración de glucagón.

4. Observen los videos en los siguientes enlaces:

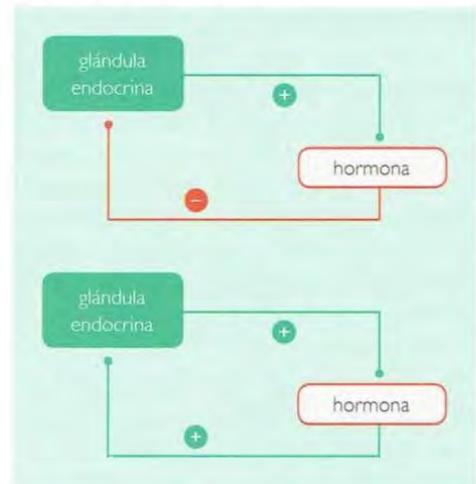
<http://bit.ly/14giqlf>

<http://bit.ly/15pFJEe>

Luego, escriban un párrafo que explique cuáles son los mecanismos de comunicación endocrina y, en particular, cómo ejercen su efecto las hormonas peptídicas.

5. Redacten un breve párrafo en el que describan un ejemplo de alguna actividad del organismo regulada por hormonas que, a su vez, sean controladas por retroalimentación negativa.

6. ¿Cómo le explicarían a un compañero, con ayuda de los esquemas de abajo, los posibles mecanismos de control de la producción hormonal? Mencionen los nombres de dichos mecanismos. ¿Cuál es el más frecuente en el sistema endocrino?



7. ¿Qué consecuencias puede tener para el organismo la ausencia de mecanismos de homeostasis para las funciones corporales?

8. Describan qué procesos fisiológicos y componentes del sistema neuroendocrino se ocupan de mantener la presión osmótica de la sangre.

9. Imaginen que son médicos endocrinólogos y reciben a un paciente que presenta estos síntomas:

- Poliuria (gran cantidad de eliminación de orina),
- polifagia (aumento en la sensación de hambre),
- polidipsia (mucha sed).

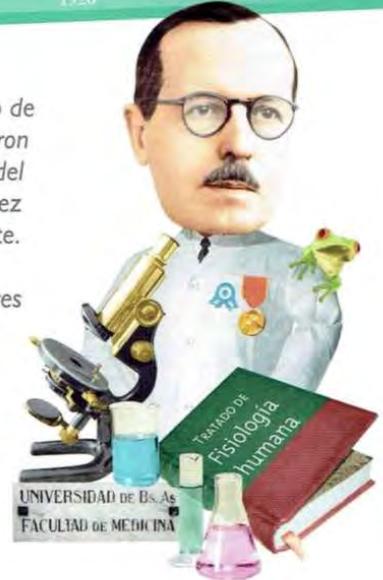
Tras realizarle varios análisis, comprueban que el paciente padece *diabetes mellitus*. Expliquen por qué se produce cada síntoma mencionado.





La máquina del tiempo debe de haber hecho un ruido tremendo cuando “atemporizó”, porque de pronto un grupo de señores en guardapolvo se dieron vuelta, me miraron y dijeron al mismo tiempo: “Shhhhhhhh”, y me señalaron la puerta del laboratorio. Para no molestar, salí a dar un paseo, y cada vez más tenía la sensación de conocer ese lugar perfectamente. “Claro”, pensé, “esta es la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires”. Entonces, uno de esos señores que me habían pedido silencio debía de ser...

Bernardo Houssay La ciencia de trabajar por la patria



—¡Bernardo Houssay! —exclamé cuando me topé de frente con un señor de bigote y anteojos redondos.

—¿Sí, joven? —me preguntó— Siento decirle que si viene por la fecha de examen, ha llegado demasiado tarde. Los exámenes fueron la semana pasada.

—No, doctor —le aclaré. Tampoco iba a decirle que venía del futuro o que décadas más tarde yo mismo daría clase en esas aulas, porque me iba a tomar por loco—. Yo, esteeee... Quería pedirle una entrevista porque me encantaría trabajar con usted.

—Ah, mire qué bien. Eso es lo que necesitamos: jóvenes que se quieran dedicar a la investigación aquí, en su patria. Justo ahora tengo un ratito. Venga a mi despacho.

Sí: estaba con el mismísimo Bernardo Houssay, el primer Premio Nobel de Latinoamérica, aquel con quien todos querían trabajar, ¡y me hacía pasar a su despacho para charlar! Él no tenía idea de que años más tarde yo iría a hacer mi doctorado en esos mismos laboratorios que estaba visitando... pero mejor no confundirlo demasiado.

—¿Y usted a qué se dedica? —me preguntó en cuanto nos sentamos.

—Soy biólogo.

—Qué interesante. Fíjese que yo llegué a la bio-

logía desde la medicina y la farmacia, lo que son las cosas... ¿Sabía que me recibí de farmacéutico antes de los 18 años? Y a los veintipocos ya era médico... Y aquí me tiene, tratando de entender cómo funciona el organismo y cómo se regula ese funcionamiento.



➤ Bernardo Houssay fue premiado con el Nobel de Medicina en 1947, por su trabajo en el funcionamiento de la hipófisis y en el control de la glucosa en sangre.



➤ Eduardo Braun Menéndez (1903-1959).

—Claro: usted es el capo de la endocrinología. Leí todo sobre sus experimentos de la hipófisis y la regulación de la glucosa en la sangre.

—¿Todo? Pero si recién publicamos unas pocas cosas...

—Bueno, sí, esas pocas cosas, digo —tenía miedo de meter la pata—... Pero me parece excelente. Usted piensa que un órgano tiene tal o cual función, lo saca para ver si se pierde la función y después, hace jugo de ese órgano, lo inyecta y ve si se recupera la fisiología. Brillante y sencillo.

—Ay, joven, creo que usted simplifica mucho las cosas, pero no está tan errado.

Justo en ese momento tocaron a la puerta y apareció otro científico joven, y también con bigote.

—¿Profesor, tiene un momento?

—Claro, pase nomás —lo invitó Houssay—. Acá estábamos charlando con este biólogo.

¡Era Braun Menéndez, uno de los principales discípulos de don Bernardo! Recordé que Braun murió joven, en un accidente de aviación, y perdimos a un científico brillante y prometedor.

—¿Biólogo, de los que andan entre los bichos y las plantas? —preguntó, risueño.

—No —me atajé—, a mí me interesa el cerebro.

—¡Muy bien, joven! —exclamó Houssay— Pero me temo que es un órgano muy complicado... Todavía estamos tratando de entender cómo funciona el riñón, o cómo se regula la presión arterial, ya ve.

—Y sí, es complicado... —comencé a decir, pero me interrumpió Braun Menéndez.

—Mejor dedíquese a otra cosa, biólogo. Y haga un poco de deporte, que lo veo bastante flaco.

—¿No probó el rugby? —inquirió Houssay desde arriba de sus anteojitos.

—¿El... rugby?

—Sí —me dijo don Bernardo—. Gran deporte, requiere fuerza, entereza y, sobre todo, mucha camaradería. Igual que la ciencia, ¿verdad? No sé si sabía que yo jugué unos cuantos años en la liga.

—¿Usted? —pregunté asombrado.

—Claro, me hacía tiempo entre el estudio y el trabajo —Pareció preocuparse y miró su reloj—. ¡Pero qué tarde se hizo! ¡Tengo a un perro anestesiado esperando que hagamos el experimento!

Braun, ¿por qué no me avisó que ya era hora?

—Pero si a eso venía, profesor —se atajó Braun Menéndez—, pero lo vi tan entretenido.

Se levantaron los dos, y entendí que había acabado la entrevista.

—Recuerde, joven —me dijo Houssay a modo de despedida—, hay un único método en la ciencia: trabajo, trabajo y trabajo. Ah, y recordar que el trabajo también se hace por la patria. No lo olvide.

—¡Saludos al cerebro! —me gritó Braun desde el pasillo.

Y ahí me quedé unos minutos antes de emprender la vuelta, todavía emocionado por haber encontrado a dos maestros tan lejanos y, al mismo tiempo, tan cerca, marcando el camino. Así es la ciencia.

1. Houssay fue el primer presidente del Conicet, el organismo argentino dedicado a la promoción de la actividad científica en el país. Consulten su sitio oficial en Internet, y elaboren una presentación que hable de las acciones que lleva a cabo esta entidad en la actualidad.

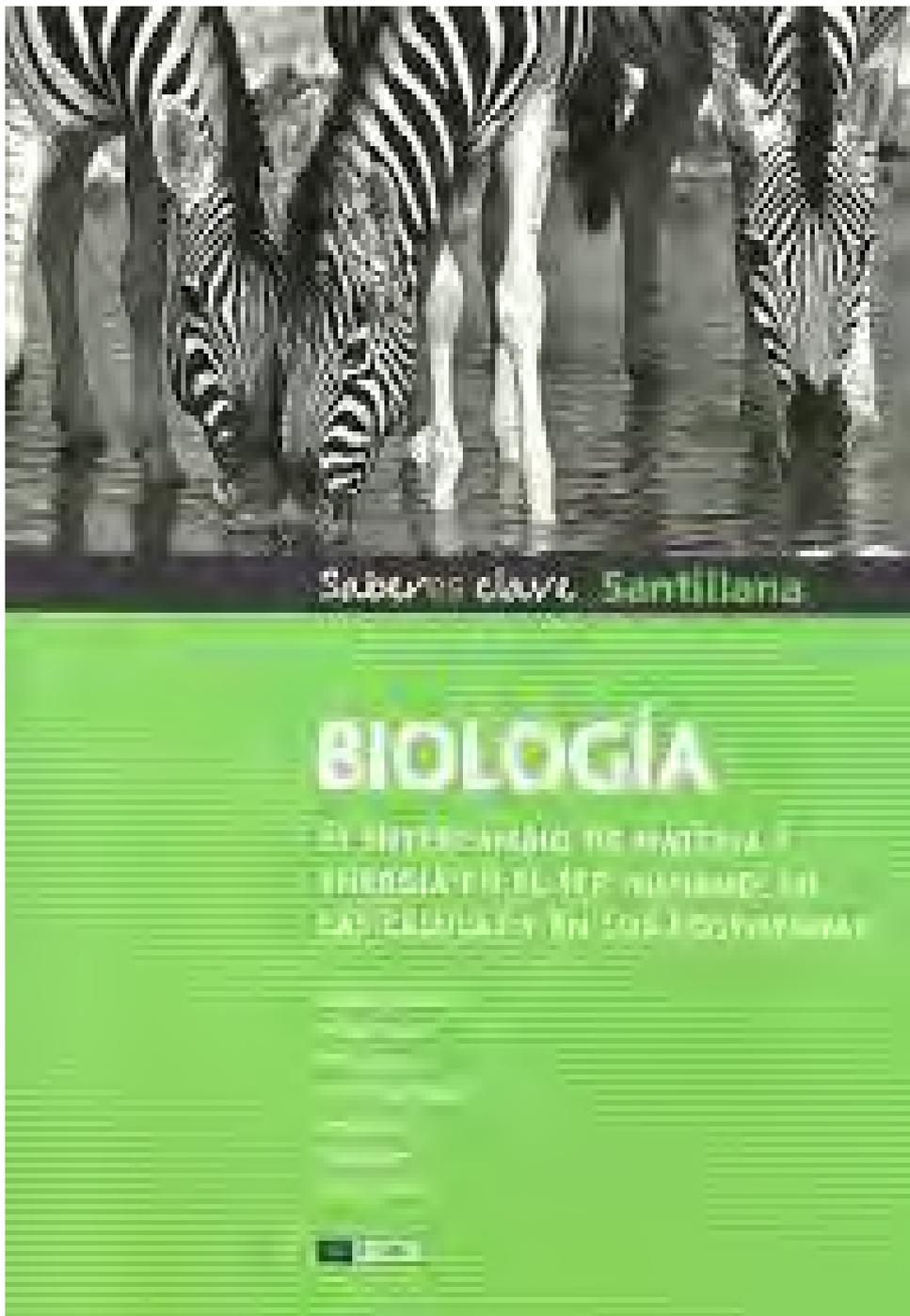
2. Investiguen en otras fuentes sobre las técnicas de investigación de procesos fisiológicos llevadas a cabo por Houssay, y expliquen el siguiente fragmento de la entrevista de "El viajero del tiempo": "Usted piensa que un órgano tiene tal o cual función, lo saca para ver si se pierde la función y después hace jugo de ese órgano, lo inyecta y ve si se recupera la fisiología".

3. En el sitio www.houssay.org.ar, encontrarán información sobre la vida y obra de Bernardo Houssay. Visitenlo y anoten los datos de su vida que les resulten más curiosos. Luego, conversen con sus compañeros sobre lo que cada uno haya investigado y preparen juntos un texto que lleve por título: "Datos sorprendentes en la vida de un científico".

Fragmentos del Libro 5

Figura 91

Tapa del texto (L5)



2

La digestión y la respiración en el ser humano

No se necesitan jarabes para una digestión normal si el órgano no está enfermo: en este caso basta con dormir, descansar, recibir masajes, bañarse, beber y comer de forma moderada.

Miguel de Servet



Los conocimientos del cuerpo humano de los científicos de los siglos XVI y XVII se basaban en disecciones. Así lo demuestra este cuadro de Rembrandt llamado *La lección de anatomía del doctor Tulp*.



MIGUEL DE SERVET (1511-1553) VIVIÓ EN LA ACTUAL ESPAÑA EN EL SIGLO XVI. SER UN HOMBRE DE CIENCIAS EN ESA ÉPOCA SIGNIFICABA POSEER UN CONOCIMIENTO MUY ABARCADOR Y AMPLIO. SOBRE ESTA BASE, LOS CIENTÍFICOS SE CUESTIONABAN ACERCA DE LA NATURALEZA Y DEL HOMBRE. EN ESE CONTEXTO, SERVET SE DEDICÓ AL ESTUDIO DE VARIAS DISCIPLINAS, COMO LA TEOLOGÍA, LA FILOSOFÍA, LA MATEMÁTICA Y LA MEDICINA. ESTE INCANSABLE INVESTIGADOR SE HIZO PREGUNTAS CIENTÍFICAS ACERCA DEL FUNCIONAMIENTO DEL CUERPO HUMANO. INVESTIGÓ LA RELACIÓN QUE EXISTE ENTRE LOS PULMONES Y LA CIRCULACIÓN SANGUÍNEA Y DESCUBRIÓ LA CIRCULACIÓN MENOR; ES DECIR, EL RECORRIDO QUE HACE LA SANGRE DESDE EL CORAZÓN HACIA LOS PULMONES Y SU RETORNO DESDE ESTOS ÓRGANOS HACIA EL CORAZÓN.

A PESAR DE QUE BASABA SUS HALLAZGOS CIENTÍFICOS EN DISECCIONES, NUNCA PERDÍA DE VISTA QUE EL ORGANISMO FUNCIONABA COMO UNA TOTALIDAD, COMO LO EVIDENCIAN SUS PALÁBRAS EN LA FRASE.

EN SU ÉPOCA FUE CUESTIONADO POR SU GRAN ESPÍRITU CRÍTICO: DEFENDIÓ SUS OBSERVACIONES Y SU CONOCIMIENTO CON GRAN TOZUDEZ, LO QUE LE VALIÓ UNOS CUANTOS ENEMIGOS. FUE PERSEGUIDO, ENCARCELADO Y CONDENADO A LA PENA CAPITAL.

ACTIVIDADES

1. En el siglo XVI se consideraba el cuerpo humano como una máquina. Si funcionaba mal, debía buscarse la pieza que fallaba para cambiarla o repararla y "volver a echar la maquinaria humana a andar". ¿Te parece que Miguel de Servet habrá estado de acuerdo con esta idea?
2. ¿A qué creés que se refiere este científico con el término "jarabes" en la frase que inicia este capítulo?
3. Teniendo en cuenta lo que estudiaste en el capítulo 1, ¿podés considerar el cuerpo humano como un sistema abierto? ¿Y un órgano? Justificá tu respuesta.
4. Citá todos los sistemas de órganos que componen el organismo humano que te parece que están vinculados con la nutrición.
5. ¿Creés que Servet estaría de acuerdo con la siguiente afirmación: "Un individuo sano es aquel que no padece ninguna enfermedad de origen biológico"?

La digestión comienza en la boca

Cada vez que te llevas un bocado a la boca se inicia un proceso de digestión. La boca constituye el lugar del tubo digestivo donde se introducen los alimentos. Allí, los dientes (figura 2-3) cortan y trituran los alimentos en fragmentos cada vez menores. ¿Qué se logra con esto? Aumentar la superficie de contacto del alimento con la saliva, y que puedan actuar las enzimas que contiene este fluido. A su vez, la lengua, acompañada por los músculos faciales, permite la insalivación, es decir, la mezcla de los trozos de alimentos con la saliva.

Estos dos procesos, la masticación junto a la insalivación, dan comienzo a la digestión.

Ahora bien, queda claro que los dientes son fundamentales para que todos los días podamos alimentarnos, y ahí radica la importancia de su cuidado. Los seres humanos poseemos solo dos denticiones a lo largo de la vida. La **dentición de leche** o primaria comienza a hacer erupción en la boca de los bebés de alrededor de seis meses de edad y, paulatinamente, surgen aproximadamente dos dientes por mes hasta sumar las veinte piezas dentales.

Entre los seis y los doce años estos dientes se pierden y son reemplazados por los dientes secundarios o **dentición definitiva**, que cuenta con 32 piezas. Los únicos dientes que aparecen a partir de los seis años y permanecen hasta la vida adulta son los molares. Las muelas del juicio son parte de estos, y suelen eclosionar en la boca luego de los diecisiete años.

La saliva es liberada en la cavidad bucal por las glán-

EL DETALLE ¿Qué se inflama cuando tenemos paperos?

Los **paperos** son un grupo de glándulas salivales que pueden sufrir una inflamación y agudamiento, que se presenta vinculada a un resaca general. A esta infección de garganta y febre recorrente, enfermedad que recibe el nombre de **paperos** o **parotiditis**. Esta inflamación se debe a un agente viral, el virus de los paperos o parovirus. En el 30% de los varones adultos. También pueden verse afectados los testículos, lo que puede tener consecuencias sobre la fertilidad. En 1967 se desarrolló una vacuna específica, la vacuna antiparotídica, y a partir de su introducción general como parte del plan de vacunación obligatorio y gratuito en la población, la incidencia de la enfermedad se redujo notablemente.

dulas salivales (figura 2-4) (► **El detalle**). Está compuesta por agua en un 95%, y además contiene iones y enzimas como la **amilasa salival** y la **lisozima**. La amilasa salival interviene en la digestión química (degradación) del almidón y la lisozima tiene acción bactericida, lo que constituye una barrera de defensa contra el ingreso de microorganismos en nuestro cuerpo. El agua de la saliva facilita la disolución de los alimentos en la boca, para que puedan ser detectados por los **receptores del gusto** que se encuentran en los **corpúsculos o botones gustativos** presentes en la lengua (figura 2-4). Los iones fosfato y bicarbonato neutralizan la acidez de algunos alimentos, como la de los cítricos.

El volumen de saliva que se produce en un día –en promedio– es de un litro y su secreción está controlada por el sistema nervioso. Se promueve en respuesta a los estímulos recibidos por los órganos de nuestros sentidos, como un aroma delicioso, la visión de una manzana roja o el roce de nuestros labios con un helado tentador. De solo pensarlo se nos hace agua la boca, ¿no?

La acción conjunta de los dientes, la lengua y la saliva forma con los alimentos un **bolo** que es movilizado desde la cavidad bucal hacia el estómago en la **deglución**. La etapa de la masticación y formación del bolo es voluntaria; luego, la lengua ejerce presión hacia arriba contra el paladar, lo que activa impulsos nerviosos que desencadenan el reflejo de deglución. Esta segunda etapa permite el paso involuntario del bolo a través de la faringe en dirección al esófago. La última etapa (también involuntaria) está constituida por el paso del bolo alimenticio del esófago hacia el estómago.



Fig. 2-3. La dentición definitiva consta de 32 piezas, contando las muelas del juicio.



Fig. 2-4. Las glándulas salivales secretan la saliva, formada, en su mayor parte, por agua y enzimas como la lisozima (que tiene acción bactericida) y la amilasa salival (que degrada el almidón).

El estómago y su función

Como ya te contamos, otra estructura que forma parte del tubo digestivo es el **estómago** (figura 2-5). Este órgano hueco almacena transitoriamente el alimento, el cual se mezcla con secreciones que permiten la digestión. En un día, nuestro estómago fabrica y utiliza en la degradación química del alimento entre dos y tres litros de secreciones. En este órgano, el bolo alimenticio adquiere una consistencia pastosa, se convierte en **quimo**, y se inicia la degradación química de las proteínas y los lípidos.

El estómago presenta hundimientos de la superficie interna, llamados **criptas gástricas**, en el fondo de los cuales se encuentran las **glándulas gástricas** que secretan mucus, ácido clorhídrico y enzimas. Estas secreciones gástricas degradan el bolo hasta obtener moléculas más sencillas (► **El detalle**). Por ejemplo, entre las enzimas podemos mencionar las proteasas que degradan las proteínas y funcionan en un medio ácido. Además, el ácido clorhídrico proporciona un medio ácido que es nocivo para los microorganismos, de modo que si ingerimos un alimento contaminado, la mayoría de ellos morirán en el estómago.

A su vez, las contracciones rítmicas del estómago (se calcula que se producen cada veinte segundos) facilitan el contacto de las enzimas con el quimo, lo que colabora con la digestión química. Estos movimientos peristálticos también sirven para trasladar el alimento parcialmente degradado hasta la primera porción del intestino delgado, donde continuará su degradación.

El estómago tiene una mínima capacidad para absorber sustancias. Sin embargo, atraviesan la pared estomacal el agua, los iones y algunos lípidos de pequeño tamaño. También se absorben en esta porción del tubo digestivo el alcohol y algunos medicamentos, como la aspirina.

Transcurridas unas dos horas de haber comido, el estómago se vacía completamente. El bolo alimenticio transformado en un fluido (**quilo**) pasa a la primera parte del intestino delgado, donde continúa la digestión química.

Los alimentos que abandonan el estómago más rápidamente son aquellos ricos en hidratos de carbono; los que están formados por proteínas permanecen un tiempo mayor y los más rezagados en dejar este órgano son los que contienen lípidos. Por eso sucede que cuando comemos muchos lípidos, la digestión se nos hace "lenta y pesada".

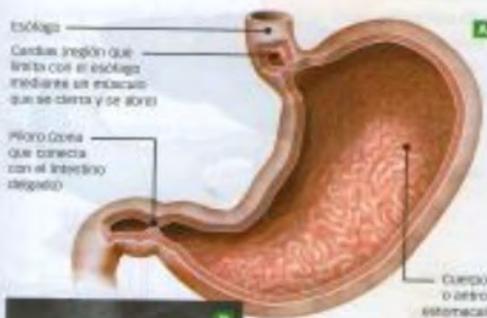


Fig. 2-5. Esquema de la estructura del estómago (A) y su radiografía (B). Este órgano tiene forma de J y cuando está vacío es tan pequeño como una salchicha, aunque al distenderse puede contener una enorme cantidad de alimentos.

El detalle

¿Quién regula la secreción gástrica?

Una de las grandes incógnitas que los fisiólogos tuvieron durante mucho tiempo fue la de saber cuál es el mecanismo que desencadena la secreción gástrica. Al principio se pensó que el sistema nervioso era el encargado de regular la secreción, luego se comprobó que, si se lesionaban experimentalmente los nervios que inervan el estómago, la secreción frente a la presencia de comida se producía igual, pero en menor cantidad. Se postuló, entonces, que la secreción podría estar también bajo control hormonal. La presencia del quimo en el estómago causaba la liberación de una hormona en el torrente circulatorio que estimulaba la secreción de ácido clorhídrico y pepsina. Para verificar esta hipótesis se realizó la siguiente experiencia: se anestesiaron dos perros y se unió la circulación de ambos, uno de ellos había digerido alimentos y el otro no. Luego de unos minutos se observó la secreción de jugo gástrico tanto en el perro que había comido como en el perro que no lo había hecho. De esta manera se descubrió la hormona en cuestión, a la que los fisiólogos llaman **gastrina**.



Fig. 2-16. Homeostasis, el equilibrio dinámico de los sistemas abiertos.

El origen

¿De dónde proviene el término homeostasis?

El fisiólogo francés Claude Bernard postuló en 1850 que los organismos pueden vivir y adaptarse al ambiente, porque mantienen su estado interno en condiciones relativamente constantes, a pesar de los cambios del ambiente exterior.

En 1928, el fisiólogo norteamericano Walter Cannon acuñó el término homeostasis para designar "el estado de equilibrio en el que se mantiene el medio interno. Esto se debe a la constante interacción entre todos los procesos reguladores del cuerpo". Cannon explicó a sus colegas que eligió el prefijo homeo porque su significado es "semejante", o diferencia de forma, que significa "igual", y no de idea de cuidado.

La homeostasis

Pensemos qué nos ocurre cuando hacemos un deporte y transpiramos en exceso. Inmediatamente queremos beber agua o alguna otra bebida que satisfaga nuestra sed. Dicho de otro modo, hubo una pérdida de líquido y el cuerpo enseguida reacciona "pidiendo" líquido para compensarla y volver a un estado de equilibrio. Esta necesidad de volver al equilibrio es manifestada por el organismo en forma permanente. Esta es una propiedad muy importante que presentan todos los seres vivos como sistemas abiertos, denominada **homeostasis** (del griego home, "mismo", y stasis, "estar") (► **El detalle**).

Los organismos se mantienen vivos y en una continua relación con el medio externo, siempre que mantengan la homeostasis. Esta se define como la condición de equilibrio del medio interno de un organismo. Para mantenerla, las células ponen en marcha una serie de mecanismos que logran que las condiciones internas sean constantes, a pesar de las variaciones que se presentan en el medio que las rodea. Para conservar la homeostasis, todos los sistemas de órganos que constituyen el cuerpo deben actuar coordinadamente.

Para que comprendas mejor el concepto de homeostasis, piensa en el siguiente ejemplo: supón que un recipiente con un litro de agua pierde su contenido gota a gota, pero se repone constantemente con un gotero cada gota perdida (figura 2-16). En este caso, la variación del medio sería la pérdida de agua, ante la cual el sistema "se repone" llenando el recipiente con agua, exactamente en la misma cantidad que perdió.

A estas condiciones internas, que deben ser mantenidas dentro de límites compatibles con la vida, las llamamos **condiciones controladas**. Las condiciones controladas más fácilmente reconocibles en el ser humano son la temperatura corporal, la tensión arterial, el equilibrio de agua y sales, y el nivel de nutrientes en la sangre. Sin embargo, el sostén de la vida de un individuo depende de que cada una de las células que lo componen logre un adecuado equilibrio dinámico con el medio extracelular.

Son muchas las alteraciones que el medio propone a un organismo. Algunas de ellas pueden provenir del medio interno; durante un descanso nocturno de ocho o diez horas, por ejemplo, sin ingerir alimentos ni bebidas, baja notoriamente el nivel de nutrientes; entonces, la sensación de apetito es un cambio conductual que permitirá equilibrar nuevamente el organismo ante este **estímulo interno**. Un nutrido desayuno resulta en un sinnúmero de **estímulos externos** que alteran nuestras condiciones controladas, que debemos enfrentar con modificaciones internas para que no se pierda el equilibrio.

Normalmente, estos pequeños desequilibrios se restablecen rápidamente, lo que permite que todas las células del cuerpo funcionen adecuadamente y se sostenga un estado general de salud. Sin embargo, puede suceder que la ruptura de la homeostasis sea de una magnitud superior a las posibilidades de reacción del organismo. En ese caso, se verán superados los sistemas de control y se alterará el equilibrio de los procesos vitales del sistema. Si este desequilibrio es moderado, puede acontecer un **trastorno** o **enfermedad**, pero si las condiciones controladas no pueden mantenerse entre los estrechos límites compatibles con la vida, podría sobrevenir la muerte del individuo.

Spallanzani, un experimentador arriesgado

Nacido en Italia en 1729, Lázaro Spallanzani fue un joven bastante especial. Desde pequeño, se manifestó curioso por las ciencias naturales y, en lugar de preguntar lo que quería saber, hacía sus propios experimentos para probar cómo funcionaban las cosas.

A pesar de que su padre quería que fuera abogado y de haberse ordenado sacerdote, terminó dedicándose a su verdadera vocación: el estudio de los seres vivos.

Ya profesor de Ciencias naturales, sus investigaciones resultaron, para lo que era la época, objetivas y minuciosas. En algunos temas, como el de la generación espontánea, llegó a conclusiones muy opuestas a lo que pensaban sus colegas y las defendió apasionadamente. En verdad, modificó en muchos aspectos el pensamiento científico del siglo XVIII.

Para estudiar la circulación sanguínea, Spallanzani realizó una cuidadosa observación de cómo circulaba la sangre en los capilares, aconsejando a su ex maestro, el reconocido biólogo francés Georges Leclerc, conde de Buffon, que "os compréis un buen microscopio y os saquéis los anteojos de la imaginación".

En relación a la digestión de los alimentos, realizó experiencias notables y decisivas. Por ejemplo, para estudiar la acción del jugo gástrico sobre los alimentos, hizo tragar a una gallina unos pequeños tubos metálicos perforados llenos de grano. Luego de un tiempo variable, analizó el estado del contenido de los tubos tras evacuación por el animal, o más cómodamente, por disección. ¡El alimento prácticamente desaparecía por acción de esos jugos! No conforme con los resultados, experimentó también con una garza, algunas palomas, halcones y otros animales.

Finalmente, decidió llevar a cabo un experimento más que arriesgado: tragar el mismo algún tubo metálico. Rápidamente, se dio cuenta de que era necesario reemplazarlo por bolsitas de tela atadas con una cuerda. Entonces, tragaba una y, luego de un tiempo, tiraba de ella para recuperar el alimento y observar lo que había pasado.

El primer experimento fue con carne: "Envolví en una bolsa de tela sesenta gramos de la carne de una paloma cocida y masticada. Esa bolsa no se queda más que dieciocho horas en mi cuerpo, pero la carne estaba absolutamente digerida".

Luego, probó con pan masticado, duplicando y triplicando el espesor de la tela de la bolsa para moderar la acción del jugo gástrico. Cuando no quedaba más pan en la bolsa doble,



Ilustración de Lázaro Spallanzani (1729-1799), científico italiano. Uno de los fundadores de la biología experimental.

la triple todavía conservaba un poco. Otras veces tragaba un trocito de esponja atado de un hilo que, cuando la recuperaba, estaba embebida de jugos gástricos. Entonces, apretaba la esponja, dejaba caer los jugos sobre trozos de diferentes alimentos y así también podía ver lo que ocurría.

Con su arriesgado modo de investigar, el papel de los jugos gástricos sobre los alimentos estaba "casi" comprobado. Tuvieron que pasar más de veinte años de la muerte de Spallanzani (que ocurrió en 1799) para que, en 1822, el doctor William Beaumont verificara sus hallazgos.

Fuente: Witkowski, Nicolás. *Una historia sentimental de las ciencias*. Buenos Aires, Siglo XXI Editores, 2007.

ACTIVIDADES

17. Resolvé las siguientes consignas:

- Teniendo en cuenta la época en la que vivió Spallanzani, ¿qué pensás que quiso decirle al conde de Buffon con la frase "os compréis un buen microscopio y os saquéis los anteojos de la imaginación"?
- Enunciá una o varias hipótesis que Lázaro debía tener cuando daba a ingerir tubos metálicos perforados que contenían alimentos.
- ¿Qué te parece que deseaba probar cuando aumentó progresivamente el espesor de la tela de las bolsas con alimento que él mismo ingería?
- ¿Encontrás alguna coincidencia entre este texto y el de la página que inicia este capítulo? ¿Cuál?

18. Conversá con tus compañeros acerca de la actividad científica y el hecho de realizar experimentos que pongan en riesgo la salud de quien los realiza. ¿Qué opinan? ¿Conocen algún otro ejemplo histórico?

3

La circulación y la excreción en el ser humano



No pregunten si estas ideas son buenas o malas, más bien pregunten si coinciden con la realidad.

Marcello Malpighi

MARCELLO MALPIGHI (1628-1694) NACIÓ, VIVIÓ Y MURIÓ EN LA ITALIA DEL SIGLO XVIII. FUE BIÓLOGO, MÉDICO Y FILÓSOFO. CENTRÓ SUS ESTUDIOS EN LA ANATOMÍA MACROSCÓPICA Y MICROSCÓPICA DE DIVERSOS SERES VIVOS. FUE EL PRIMERO EN DESCRIBIR DETALLADAMENTE LA CIRCULACIÓN A TRAVÉS DE LOS CAPILARES SANGUÍNEOS Y LOS GLÓBULOS ROJOS, A LOS QUE LLAMÓ “ÁTOMOS ROJOS”. SE INTERESÓ EN LA ESTRUCTURA DEL BAZO, DEL HÍGADO Y EN ESPECIAL DEL RIÑÓN, Y EXPLICÓ EN FORMA METICULOSA LA ESTRUCTURA DEL GLOMÉRULO, QUE A VECES SE DENOMINA “DE MALPIGHI” EN SU HONOR. TAMBIÉN DESCRIBIÓ EL ORGANISMO HUMANO COMO UN SISTEMA DE GLÁNDULAS, UNA VISIÓN PIONERA PARA LA ÉPOCA.



Marcello Malpighi se preocupó por describir la realidad del modo más exhaustivo posible para la época.

LOS MECANISMOS QUE INTERVIENEN EN LA COAGULACIÓN SANGUÍNEA LE FASCINABAN Y, GRACIAS A SU TRABAJO, SE ESTUDIÓ POR PRIMERA VEZ EL ENTRAMADO DE FIBRAS QUE SE FORMAN CUANDO LA SANGRE ABANDONA LOS VASOS SANGUÍNEOS. EN MUCHAS DE SUS INVESTIGACIONES UTILIZÓ EL MICROSCOPIO, POR LO QUE ES CONSIDERADO UN PRECURSOR EN LA ANATOMÍA MICROSCÓPICA.

TAN IMPORTANTE FUE SU LABOR CIENTÍFICA QUE FUE INVITADO A PUBLICAR SUS TRABAJOS EN LAS ACTAS DE LA SOCIEDAD REAL DE LONDRES, CREADA POR ROBERT HOOKE, UNO DE LOS MICROSCOPISTAS MÁS PRESTIGIOSOS DE LA HISTORIA DE LA BIOLOGÍA.

De Pulmonibus Observationes Anatomicae.
Es el nombre del libro escrito por Marcello Malpighi en 1663 en el que describe la anatomía de los alvéolos pulmonares y la inmensa red de capilares que los rodea.

ACTIVIDADES

1. ¿Que protagonismo tenía para Marcello Malpighi la exactitud en las observaciones que realizaba?
2. ¿Por qué en el texto se menciona a Malpighi como “pionero” al considerar el organismo como un sistema de glándulas?
3. Vuelve a leer el texto “Lázaro Spallanzani, un experimentador arriesgado” que figura en la página 53 del capítulo 2. ¿Qué relación encontras entre la importancia que le da a la observación este científico y la que le da Marcello Malpighi?
4. ¿Pensás que Miguel de Servet y Marcello Malpighi habrían congeniado intelectualmente? ¿Por qué?
5. ¿A qué adjudicás que los hombres de ciencia de aquella época fueran rechazados y combatidos?
6. ¿Cómo relacionarías el sistema circulatorio y el urinario con la nutrición?

Figura 98

Pág.69 de L5. Cap.3

Ciencia en tus manos

Interpretación de resultados de un experimento y elaboración de conclusiones

A fines del siglo xx , uno de los grandes problemas con los que se enfrentaban los médicos eran las transfusiones sanguíneas: ¿por qué algunos pacientes no tenían problemas al recibir la sangre donada y otros fallecían? Ante este interrogante científico, un médico vienés de esa época, Karl Landsteiner, propuso una respuesta probable o hipótesis. Suponía la existencia de cuatro tipos de sangre diferentes y que la donación podía realizarse entre grupos que fueran compatibles, es decir, que no generarían rechazo. Haber diseñado experimentos para comprobar esta hipótesis, la **comparación de los resultados** obtenidos y su correcta **interpretación** fueron claves para sacar buenas **conclusiones**. Veamos cómo procedió este científico.

Para conocer el grupo sanguíneo es necesario determinar qué tipo de antígenos posee la membrana celular de los glóbulos rojos. Esta práctica consiste en poner en contacto una gota de sangre con sueros, cada uno de los cuales tiene un anticuerpo diferente. Por ejemplo, si un suero que contiene anticuerpos anti A toma contacto con glóbulos rojos que tienen en su superficie antígenos A, se generará su aglutinación (agrupación), que puede observarse a simple vista.

Este experimento fue crucial, porque determinó que si una persona recibe sangre contra la cual genera anticuerpos, sus glóbulos rojos se aglutinarán y esto puede provocar su muerte.

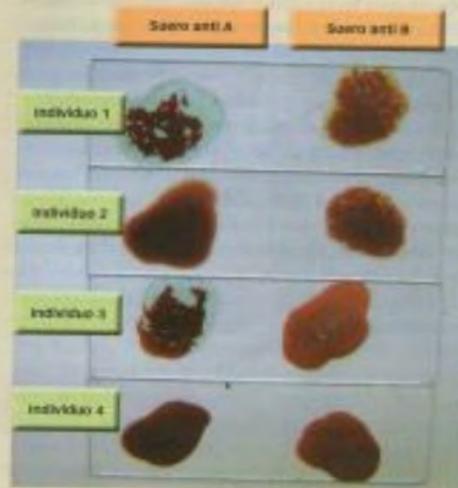
Suponé que un bioquímico tiene que realizar una serie de determinaciones de grupos sanguíneos en distintos pacientes. Para ello, cuenta con cuatro portaobjetos limpios, suero con anticuerpos anti A y anti B, y

gotas de sangre de cuatro personas diferentes, rotuladas del 1 al 4.

Ataviado con guardapolvo, antiparras protectoras y guantes de látex, como elementos de bioseguridad, comienza a trabajar.

Toma un portaobjetos (uno por cada uno de los individuos cuyo grupo sanguíneo quiere determinar) y coloca dos gotas separadas en cada uno de ellos.

A la primera gota de sangre se le agrega una gota de anticuerpos anti A y a la segunda, una gota de anticuerpos anti B. Deja pasar unos segundos y observa lo siguiente:



ACTIVIDADES

14. Interpretá los resultados del experimento y resolvé.

- ¿Qué sueros se utilizaron en cada caso? ¿Cuál es el grupo sanguíneo de los individuos estudiados?
- Suponé que todos los grupos sanguíneos tienen el mismo Rh. El individuo 1 ¿podrá donar sangre al individuo 2? El individuo 4 ¿podrá donar sangre a todos? Justificá tus respuestas.

15. El sistema Rh se basa en los mismos principios.

Si la sangre presenta antígenos de superficie Rh en los glóbulos rojos, se clasifica como Rh positivo, mientras que si no hay antígenos, pertenece al factor Rh negativo. ¿Cómo diseñarías el experimento -con los mismos individuos- para, en este caso, averiguar su Rh?

16. Dibujá lo que esperarías observar, con su correspondiente interpretación.

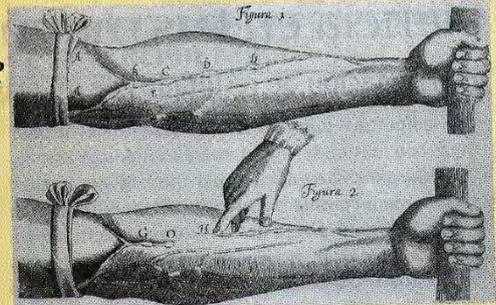
Harvey: descubrimiento de la circulación de la sangre

La introducción del método galileano [de comprobación experimental y de razonamiento lógico] en las diferentes ramas de la investigación no se detiene en las fronteras de lo inanimado; sus repercusiones fueron profundas en la biología, donde la aplicación de los principios mecánicos a los fenómenos de la vida condujo a inventar las bases de la fisiología moderna. El más brillante de los progresos realizados en este sentido es el descubrimiento de la circulación de la sangre.

[...] A mediados del siglo xiii el árabe Ibn Al Nafis entre-
vió vagamente la circulación pulmonar y en el siglo xvi el
italiano Realdo Colombo y el catalán Miguel Servet [...] ne-
garon la existencia de invisibles pasajes de sangre a través
del tabique interventricular y reconocieron que la sangre
iba del lado izquierdo al derecho por intermedio de los pul-
mones. Al hallazgo de esta "pequeña circulación" un emi-
nente discípulo de Colombo, el botánico Andrea Cialpino,
agregó algunas indicaciones sobre una posible gran circula-
ción. Estas investigaciones e hipótesis fueron reunidas
en una magnífica síntesis hecha por el médico inglés Wil-
liam Harvey (1578-1657), que había estudiado en Padua, el
arte de Galeno [el arte de la curación].

Harvey observó que las válvulas de la vena impiden que la
sangre avance en otro sentido que no sea hacia el corazón, y
procuró demostrar matemáticamente —a la manera de Gali-
leo— la realidad de la circulación cerrada. Midió la capacidad
del corazón y encontró que la cantidad de sangre empujada
en el cuerpo por cada sistole es de dos onzas. El corazón pal-
pita setenta y dos veces por minuto, de modo que por hora
arroja dentro del sistema [...] 8640 onzas [medida de peso
que emplea el sistema inglés y que equivale a 287 gramos],
que es el triple de peso del cuerpo humano. ¿De donde viene
y adonde va toda esa sangre? Evidentemente el alimento es
incapaz de suministrar tal cantidad de líquido sanguíneo. Se
impone así la conclusión de que la sangre recorre siempre la
misma ruta para volver a su punto de partida y que conti-
núa su interminable circulación hasta la muerte.

El pequeño tratado de Harvey *Sobre el movimiento del co-
razón y de la sangre* —*De motu cordis et sanguinis*—, publicado en
1628, señala el fin del antiguo concepto estático del orga-
nismo y el nacimiento de una nueva ciencia: la fisiología. Se
inicia, entonces, una larga y tenaz lucha contra la audaz
teoría, a la cual faltaba, en verdad, una última y decisiva



Dibujo realizado por Harvey que ilustra sus experimentos sobre la circulación en las venas.



William Harvey (1578-1657), médico inglés que descubrió la fisiología del sistema circulatorio.

prueba, que dio en 1661 el italiano Marcello Malpighi. Este demostró que la sangre es impulsada de las arterias a las venas a través de un sistema de microscópicos vasos capilares y así preparó con su descubrimiento el reconocimien-
to general de la teoría de Harvey.

Papin Desiderio, *Historia de las ciencias desde la antigüedad hasta nuestros días*. Santiago de Chile, Editorial Andrés Bello, 1996.

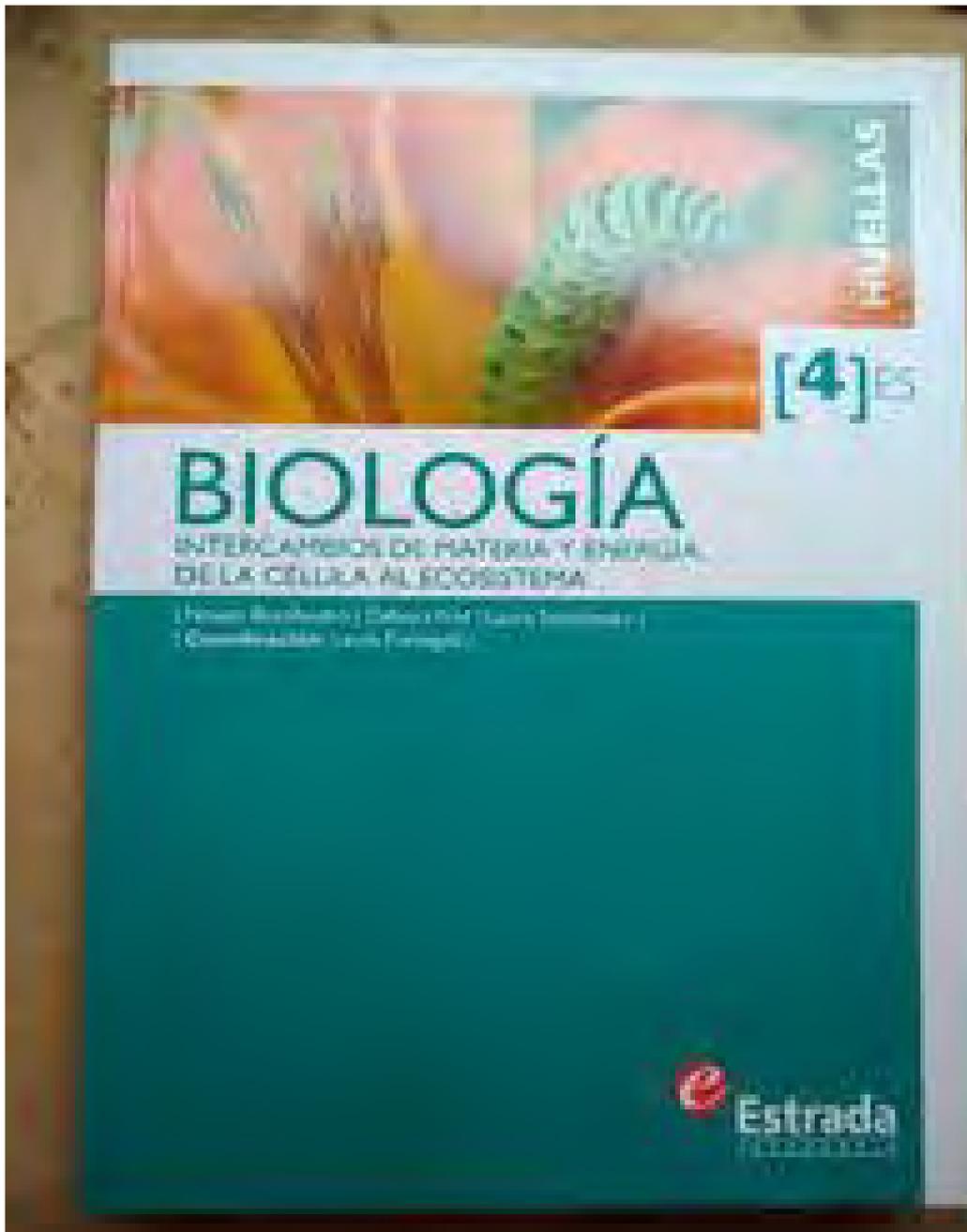
ACTIVIDADES

17. ¿Qué relación existe entre el método galileano y el nacimiento de la fisiología moderna?
18. ¿A qué hace referencia el texto con la frase "pequeña circulación"?
19. ¿Qué descubrió Marcello Malpighi?
20. Una de las características del sistema circulatorio del hombre es que es cerrada. ¿Qué relación existe entre esta característica y el descubrimiento de Malpighi?
21. Según el texto, la sangre describe siempre "la misma ruta". ¿Cuál es el significado de esta expresión?
22. ¿Te parece que la lectura podría ser utilizada por un docente de biología para explicar cómo se construye el conocimiento científico? Justificá tu respuesta.

Fragmentos del Libro 6

Figura 101

Tapa del texto (L6)



Funciones y sistemas de nutrición

El sistema digestivo humano es un tubo que comienza en la boca y termina en el orificio anal. Algunos órganos que lo integran están dispuestos formando el tracto digestivo; otros son glándulas anexas que secretan jugos que actúan en la digestión. Las sustan-

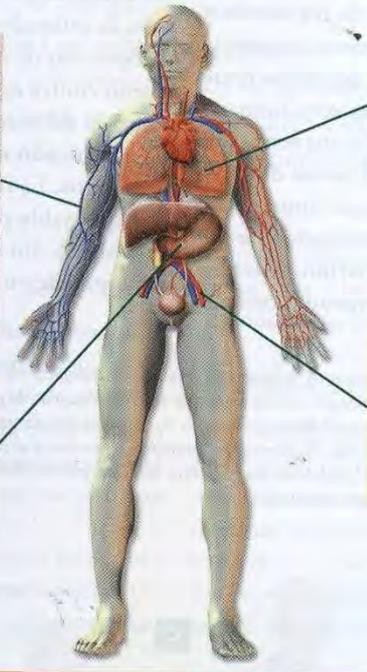
cias absorbidas en el sistema digestivo pasan al resto del cuerpo a través del sistema circulatorio. Una vez en las células, participan de los procesos metabólicos que tienen lugar allí, incluida la respiración celular. Los desechos que se producen en el metabolismo celular son eliminados a través del sistema urinario.

El sistema circulatorio distribuye los nutrientes obtenidos en la digestión, el oxígeno incorporado mediante la respiración y también otras sustancias, como las hormonas, que se producen en determinados tejidos u órganos. También transporta los materiales de desecho desde las células hacia los sistemas de excreción.

En el **sistema respiratorio** se llevan a cabo los intercambios gaseosos de oxígeno y dióxido de carbono entre el exterior y el interior del organismo.

En el **sistema digestivo** se producen las transformaciones físicas y químicas que hacen posible la distribución y el ingreso de los nutrientes a las células.

El sistema urinario permite la eliminación de los productos de desecho que se producen en las células. También regula la cantidad de agua presente en el cuerpo y la concentración de sustancias disueltas en la sangre.



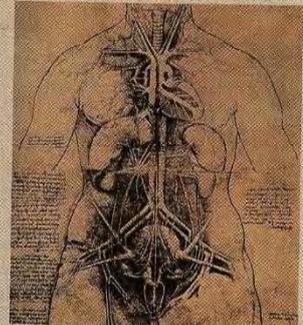
EL CUERPO HUMANO COMO OBJETO DE ESTUDIO

El interés por explicar y describir el funcionamiento y la conformación del cuerpo humano ocupa un importante lugar en la historia del conocimiento biológico.

El afán por investigar el organismo estaba generalmente asociado a buscar formas de curar enfermedades. Además de los nombres que más suelen resonar, como Hipócrates, Galeno, Vesalio y Harvey, han sido numerosos los filósofos, médicos y científicos que emprendieron esta tarea desde tiempos remotos. A ellos se han sumado los estudios y descripciones anatómicas realizados por diversos pintores y escultores con el objeto de perfeccionar sus obras.

Desde hace más de 2 500 años, las concepciones acerca del cuerpo, y con ellas las explicaciones, descripciones y representaciones gráficas, han experimentado cambios.

La visión del organismo como un sistema abierto, complejo y coordinado, que es una entre otras visiones posibles para abordar su estudio, cobró forma hace apenas 30 años.



Leonardo da Vinci (1452-1519) realizó estudios minuciosos y describió, mediante dibujos, las características de diversos órganos.

Un proceso, distintos tipos de transformaciones

La digestión mecánica consiste principalmente en la trituración y maceración de los alimentos en la boca. Los movimientos rítmicos de las paredes de los órganos provocan el desplazamiento de los alimentos y favorecen el contacto entre ellos y los jugos digestivos. A su vez, en la **digestión química** de los alimentos intervienen:

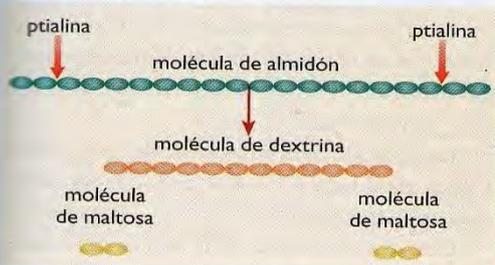
- Las **enzimas digestivas**. Algunas enzimas son producidas en el hígado o el páncreas, y se vierten en el tracto digestivo. Otras se sintetizan en las células de los revestimientos de los órganos donde actúan.

- Las sustancias que facilitan la acción de las enzimas. También cumplen una función bactericida. Son el **ácido clorhídrico**, el **bicarbonato de sodio** y la **bilis**.

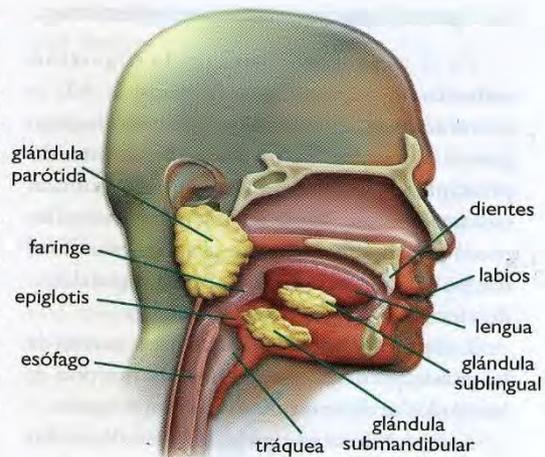
El proceso digestivo se inicia en la boca

Durante la **masticación**, el alimento es triturado por los dientes y se mezcla con la saliva. Aquí comienza la digestión química del almidón por acción de una enzima, la amilasa salival.

El bolo alimenticio ingresa al tracto digestivo mediante el mecanismo de **deglución**, en el que intervienen la lengua y las paredes musculares de la faringe. A partir de allí se desencadenan los movimientos peristálticos, que son contracciones rítmicas de las paredes musculares de la faringe y el esófago que provocan el desplazamiento del material ingerido.



Por acción de la amilasa salival se obtienen maltosa y dextrina a partir del almidón. Estos carbohidratos terminarán de digerirse en el intestino delgado.



El alimento y el aire pasan por la faringe. La acción de una válvula llamada epiglotis permite que, durante la deglución, el alimento pase hacia el esófago sin ingresar a las vías respiratorias.

UN DEBATE ACERCA DE LA DIGESTIÓN

En el siglo xvii se entabló un debate acerca de la naturaleza física o química del proceso digestivo. Algunos investigadores sostenían que las transformaciones mecánicas son las que prevalecen, y otros afirmaban que la digestión también implica cambios de índole química. Esta discusión se enmarcaba en otra más general: si los procesos biológicos son el resultado de una "fuerza vital" y por ende solo ocurren en los organismos, como sostenían los vitalistas, o si esos procesos son de naturaleza química y pueden ocurrir también fuera del cuerpo.

Lázaro Spallanzani (1729-1799) pudo mostrar, experimentando con su propio cuerpo, que los alimentos eran digeridos mediante esos jugos. Sus experimentos consistieron en ingerir alimentos colocados en dispositivos que evitaban la acción mecánica en el interior del tracto digestivo, y que podían ser retirados de él para observar si esos alimentos habían sido degradados.

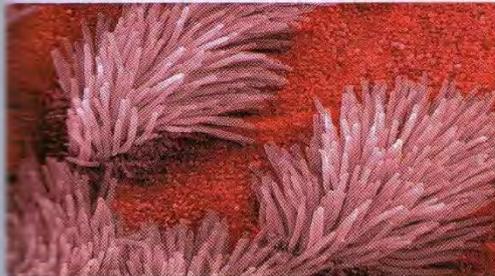


Spallanzani utilizó procedimientos similares a los realizados en experimentos con aves por el físico francés René Antoine Reaumur (1683-1757).

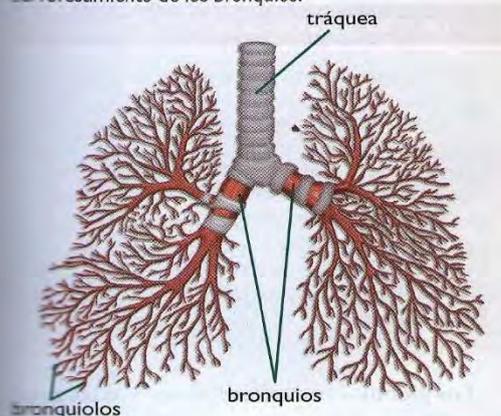
En los pulmones

El aire se adentra en los pulmones a través de las numerosas ramificaciones de los bronquiolos hasta llegar a los alvéolos pulmonares. El interior de los bronquios y bronquiolos, al igual que la tráquea, también está revestido por una mucosa y cilias, que retienen las partículas extrañas.

Los pulmones poseen una extensa superficie que permite abastecer de oxígeno al organismo. Si se desplegaran completamente todos los alvéolos que los forman se cubriría un área de unos 80 m² que equivale, aproximadamente, a 40 veces la superficie externa del cuerpo. Como en el caso del intestino delgado, esta superficie tan amplia tiene cabida en un espacio relativamente reducido del cuerpo.



En esta microfotografía de barrido se observan los cilios del revestimiento de los bronquios.



Los bronquiolos están densamente ramificados en el interior de los pulmones y, entonces, el número de alvéolos pulmonares es muy elevado. A esto se debe que la superficie de contacto con el aire en los pulmones sea tan grande.

El pulmón derecho es de mayor tamaño que el izquierdo, y está formado por tres lóbulos. El pulmón izquierdo está constituido por dos lóbulos, y su menor tamaño está relacionado con la inclinación del corazón hacia ese costado del tórax.

Aunque su principal función es llevar a cabo el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono con la sangre, estos órganos también contribuyen al mantenimiento de la temperatura corporal y al control del equilibrio de los fluidos corporales y de la acidez de la sangre.

Una vez realizados los intercambios gaseosos, el aire recorre el camino inverso al descrito y es eliminado al exterior por la nariz o la boca.

• **La importancia de la tos y del estornudo**

La tos y el estornudo forman parte de los mecanismos de regulación del sistema respiratorio, pues favorecen la eliminación de partículas extrañas y el exceso de mucosidad de las vías respiratorias. El estornudo permite limpiar la cavidad nasal, mientras que la tos es una exhalación brusca por la boca, que permite eliminar las impurezas de los pulmones y la tráquea.

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

ALIENTO VITAL

La respiración fue considerada durante siglos la función vital "por excelencia". Para los antiguos griegos, por ejemplo, el *pneuma* (aliento vital) junto con la sangre eran fuente y condición de vida. De allí que el prefijo *pneuma* esté tan presente en el lenguaje asociado a la respiración y a los fenómenos físicos que involucran al aire.

En el siglo xvii, las investigaciones sobre la circulación sanguínea aportaron datos que condujeron a reconsiderar la función de la respiración. Investigadores como Robert Boyle (1627-1691), Robert Hooke (1635-1703) y Richard Lower (1631-1691) propusieron que el aire ingresaba de algún modo a la sangre. En el siglo xviii se intensificaron los estudios sobre la composición del aire, la combustión y el metabolismo de plantas y animales, que impulsaron el desarrollo de las ideas acerca del papel de la respiración en el aprovechamiento de la energía de los alimentos.

Figura 105

Pág.50 de L6. Cap.2

50

PROPUESTA DE ACTIVIDADES

Análisis de un experimento histórico sobre la digestión

Los métodos que utiliza un investigador y las conclusiones a las que llega dependen en gran medida de la postura que asume frente a las de otros científicos y de las explicaciones que propone previamente acerca del problema y las preguntas planteadas. Por ejemplo, en el experimento que realizó Lázaro Spallanzani durante sus investigaciones sobre la digestión, ¿cuál era su postura respecto de la naturaleza de los procesos digestivos?

- **Propósito de la actividad**
Reconocer algunas de las características del trabajo científico y su relación con las ideas imperantes en cada momento de la historia.

LA EXPERIENCIA DE SPALLANZANI

A PRIMERA PARTE DEL EXPERIMENTO



Tubo a: Jugo gástrico de aves + trozos de carne
Tubo b: Jugo gástrico de aves + granos de trigo

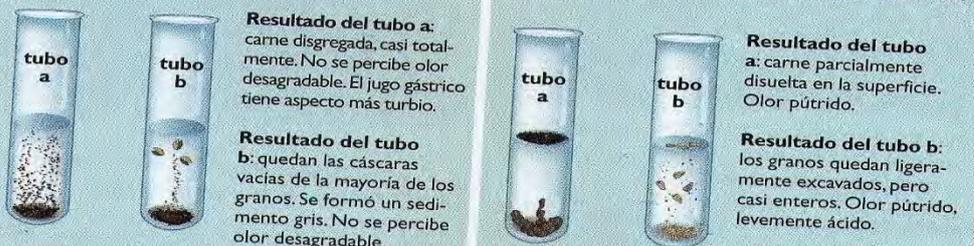
Los colocó bajo sus axilas a intervalos diferentes durante 3 días

B SEGUNDA PARTE DEL EXPERIMENTO



Tubo a: agua + trozos de carne
Tubo b: agua + granos de trigo

Los colocó bajo sus axilas a intervalos diferentes durante 3 días



Resultado del tubo a: carne disgregada, casi totalmente. No se percibe olor desagradable. El jugo gástrico tiene aspecto más turbio.
Resultado del tubo b: quedan las cáscaras vacías de la mayoría de los granos. Se formó un sedimento gris. No se percibe olor desagradable.

Resultado del tubo a: carne parcialmente disuelta en la superficie. Olor pútrido.
Resultado del tubo b: los granos quedan ligeramente excavados, pero casi enteros. Olor pútrido, levemente ácido.

Al finalizar el experimento, Spallanzani escribió: "Considero estos datos como pruebas irrefutables de que el jugo gástrico retiene, aun fuera de sus condiciones naturales, el poder de disolver las sustancias animales y vegetales a un grado superior al agua".

- **Preguntas para el análisis de la experiencia**
 1. ¿Con qué finalidad se colocaron los tubos bajo las axilas?
 2. ¿Qué información brinda la prueba realizada con agua?
 3. Según los conocimientos que se tienen en la actualidad, ¿es posible afirmar que todas las reacciones químicas que ocurren en el organismo pueden llevarse a cabo fuera de él? Justifiquen su respuesta.
 4. ¿Cómo explicarían que, al finalizar la experiencia, solo en los tubos con agua se percibe olor pútrido?

La estructura y el funcionamiento del corazón

El corazón humano tiene un tamaño similar al de un puño. El corazón de un bebé pesa unos 20 gramos; el de un adulto, unos 300 gramos. Está dividido en dos mitades, derecha e izquierda.

La mitad derecha recibe la sangre que recorre todos los tejidos y la bombea hacia los pulmones; la mitad izquierda recibe la sangre proveniente de los pulmones y la bombea hacia el resto de los órganos.

Cada mitad del corazón se compone de dos cámaras: una **aurícula**, que recibe la sangre y un **ventrículo**, que la expulsa. Las paredes de los ventrículos son más gruesas que las de las aurículas. Ellos realizan el mayor trabajo de bombeo.

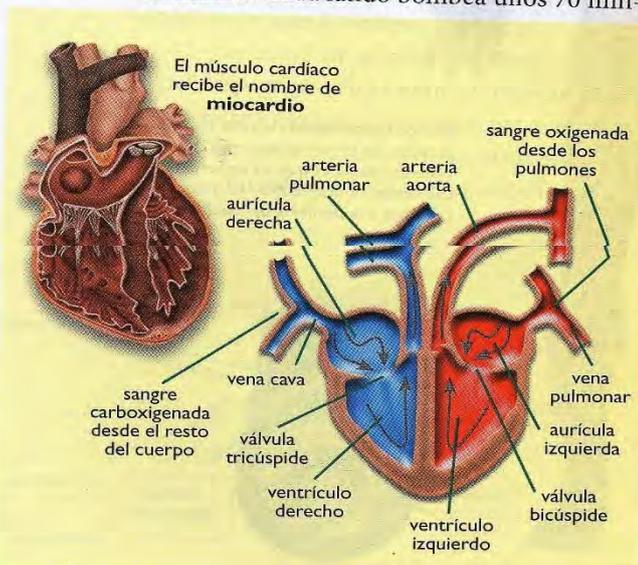
Las cámaras están separadas parcialmente por válvulas, que actúan como compuertas que permiten el paso de la sangre en una sola dirección: desde las aurículas hacia los ventrículos y desde los ventrículos hacia las arterias.

Los movimientos involuntarios del músculo cardíaco (miocardio) que impulsan la sangre se conocen con el nombre de **latidos cardíacos**. Cada latido bombea unos 70 mili-

litros de sangre y dura menos de un segundo. El movimiento de contracción muscular que expulsa la sangre hacia las arterias se conoce con el nombre de **sístole**, mientras que la relajación que provoca la entrada de sangre a las aurículas se llama **diástole**.

WILLIAM HARVEY Y LA CIRCULACIÓN

Entre los años 1240 y 1560, anatomistas españoles, árabes e italianos habían realizado estudios acerca de las funciones del corazón y de los pulmones, y del recorrido de la sangre dentro del corazón y en el cuerpo. Sin embargo, se considera que los trabajos del médico inglés William Harvey (1578-1627) fueron los más concluyentes con relación a estos temas. Harvey escribió: "Ha quedado demostrado, tanto racional como experimentalmente, que la sangre atraviesa los pulmones y el corazón merced al pulso de los ventrículos, siendo impelida y lanzada a todo el cuerpo; allí se introduce en las venas y en las porosidades de la carne, y a través de las mismas venas vuelve de toda la periferia al centro, pasando de las pequeñas a las mayores, y de éstas a la vena cava; hasta llegar por fin a la aurícula del corazón [...]; es pues necesario concluir que la sangre describe en los animales un movimiento circular, y que está en perpetuo movimiento, consistiendo en esto la acción o función del corazón, que la lleva a cabo mediante su pulso, y siendo esta función causa única del movimiento y pulso del corazón".



Si imaginamos que los movimientos en el interior del corazón ocurren a una velocidad menor que la real, se pueden descomponer en los siguientes pasos:

1. la sangre ingresa a las aurículas a través de las venas. La vena cava desemboca en la aurícula derecha, mientras que la vena pulmonar, en la izquierda;
2. las aurículas se contraen. Este movimiento y el flujo de sangre abren las válvulas tricúspide y bicúspide, por lo cual la sangre pasa a los ventrículos. Al mismo tiempo se cierran las válvulas semilunares, que se encuentran entre los ventrículos y las arterias;
3. la sangre acumulada en los ventrículos es impulsada por la contracción de las paredes ventriculares. Estos movimientos provocan el cierre de las válvulas tricúspide y bicúspide, y la apertura de las semilunares;
4. la sangre del ventrículo derecho sale por la arteria pulmonar; la sangre del ventrículo izquierdo sale por la arteria aorta. A continuación, las válvulas semilunares se cierran y así impiden el retroceso de la sangre hacia el corazón;
5. las paredes del corazón se relajan y el ciclo vuelve a comenzar.

72 PROPUESTA DE ACTIVIDADES

El miocardio, un músculo muy especial

En la actualidad se sabe que el músculo cardíaco tiene la capacidad de contraerse y dilatarse en forma regular y automática y que, además, existen nervios que transmiten impulsos desde el sistema nervioso central hacia el corazón: el nervio vago, que reduce la frecuencia cardíaca, y el nervio acelerador, que la incrementa.

- **Propósito de la actividad**

La siguiente actividad tiene como propósito analizar dos experiencias históricas que contribuyeron a comprender el funcionamiento del miocardio y los mecanismos de control del ritmo cardíaco.

LAS EXPERIENCIAS DE OTTO LOEWI

Este experimento fue realizado por un biólogo alemán llamado Otto Loewi, en el año 1921.

Primera experiencia
Al extraer cuidadosamente el corazón de una rana y colocarlo en una solución de sales inorgánicas y glucosa (solución Ringer), se observaba que el órgano seguía latiendo durante varios días.

Segunda experiencia
Los resultados obtenidos permitieron delimitar la función que cumplen los nervios que comunican el corazón con el sistema nervioso central. Este trabajo también puso en evidencia la naturaleza de la señal que recibe el corazón desde los nervios. Loewi extirpó el corazón (con los nervios) de dos ranas y colocó cada corazón en un recipiente con solución Ringer, como muestra el dibujo.

corazón de rana solución de sales y glucosa

nervio vago

solución de Ringer

A **B**

Primero A. Estimuló el nervio vago de uno de los corazones mediante un impulso eléctrico: el corazón comenzaba a latir más lentamente y luego dejaba de hacerlo. Luego B. Agregó parte del líquido en el cual estaba sumergido el corazón que había dejado de latir, al del recipiente que contenía el corazón que latía normalmente (al cual le había extraído el nervio vago). Casi de inmediato, este corazón también detenía su movimiento.

- **Preguntas para el análisis de la experiencia**
 1. ¿Qué función cumple la solución Ringer?
 2. ¿Qué mecanismo se puso a prueba a través de este experimento?
 3. ¿Cuál fue el resultado de la experiencia?
 4. ¿Qué conclusión se puede extraer a partir de estos resultados?
 5. Completen el siguiente cuadro:

Prueba realizada	Resultado obtenido

Fragmentos del Libro 7

Figura 108

Tapa del texto (L7)



Figura 109

Pág.43 de L7. Cap.2

Ciencia sin fin

Una maravillosa máquina

Ya a principios del siglo xvi, la inquietud por la maravilla del cuerpo humano sedujo a Leonardo da Vinci, un pintor florentino, a estudiar anatomía humana con gran dedicación. Leonardo, considerado un símbolo y un genio universal, era mucho más que un artista plástico; había incursionado también en la arquitectura, la filosofía, la botánica, la ingeniería y la ciencia. A los 18 años comenzó sus estudios de anatomía para cumplir con la exigencia de su maestro de arte. Al poco tiempo ya había realizado infinidad de observaciones sobre músculos, tendones y otras características anatómicas.

En 1507, Leonardo consiguió la autorización para realizar disecciones en algunos hospitales con el objetivo de conocer en detalle el cuerpo humano y volcarlo en sus obras de arte, aunque también su interés era claramente científico. Entre 1510 y 1511 trabajó junto con el médico Marcantonio della Torre realizando más de doscientos dibujos anatómicos sobre huesos, músculos, tendones, corazón, sistema vascular, sistema reproductivo, ojos y otros órganos internos. En 1515 fue acusado de prácticas sacrílegas y se le prohibió seguir con sus estudios. Sus trabajos estuvieron ocultos casi por doscientos años y recién fueron publicados en 1680 bajo el título *Tratado de pintura*, cuando el desarrollo de la anatomía ya los había superado. Leonardo da Vinci era sin duda un adelantado a su época.

¿Cuál fue la importancia de la disección en los estudios anatómicos?

¿Cómo habría cambiado la historia si se hubiera publicado el trabajo de da Vinci dos siglos antes?

Casi un siglo después de los trabajos de Leonardo, alrededor del 1600, el filósofo, matemático y físico francés René Descartes, considerado el padre de la geometría analítica y de la filosofía moderna, promovió un proyecto sobre el cuerpo humano.

Según la tradición cristiana, el ser humano es cuerpo y alma. Descartes sugirió que el alma se ubicaba en una pequeña glándula en el medio del cerebro y desde allí controlaba los “humores” y los “nervios”, pero no podía mover el cuerpo.

Descartes consideraba que el alma no puede ordenar ningún movimiento del cuerpo si todos los órganos requeridos no están dispuestos correctamente. Y, por el contrario, cuando todos los órganos necesarios para producir un movimiento están bien dispuestos, no precisan del alma para producirlo. En su visión del organismo como máquina, aseguró que los procesos cardíacos y digestivos no involucraban ningún pensamiento y sus movimientos funcionaban como un juego de engranajes. Como era de esperarse, sus ideas no fueron bien vistas dado el pensamiento que imperaba en la época. En 1649 fue obligado a mudarse a Estocolmo, donde murió de neumonía a los pocos meses.

¿Qué te parece que observó Descartes para comparar al cuerpo humano con una máquina?

¿Cuáles de los mecanismos del cuerpo humano que estudiaste se producen involuntariamente, sin pensarlos?

Desde Leonardo y Descartes hasta la actualidad, la anatomía y el conocimiento del cuerpo han tenido un desarrollo formidable. El microscopio, por ejemplo, permitió el estudio de tejidos y células (histología y citología). La tecnología de imágenes, como la radiología, la ecografía, la endoscopia, la tomografía, el ultrasonido, la resonancia magnética nuclear o la microscopía electrónica, ha facilitado el conocimiento del organismo y el diagnóstico de enfermedades. En la actualidad estas prácticas se han hecho indispensables.

Indicá cuáles son las ventajas del avance tecnológico en el conocimiento del cuerpo humano.

43

Figura 110

Pág.47 de L7. Cap.2

Respiración alveolar y tisular

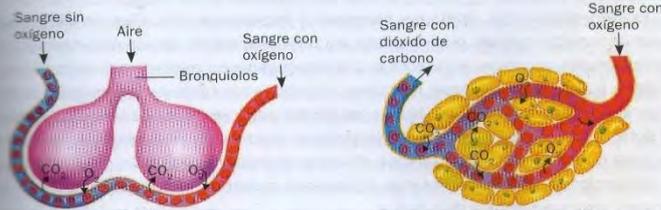
El intercambio de gases entre los pulmones y la sangre ocurre por difusión a través de las delgadas paredes de los alveolos y de los capilares que los rodean. A este intercambio se lo denomina **respiración alveolar** o **hematosis**, y tiene por objeto la fijación de oxígeno y la eliminación del dióxido de carbono.

Las arterias pulmonares transportan la sangre del corazón a los pulmones y se ramifican en los capilares arteriales que rodean los alveolos. La sangre que llega a los alveolos está cargada de CO_2 y tiene bajo contenido de O_2 . Sin embargo, en el interior alveolar la cantidad de O_2 es alta (ingresa aire), entonces este gas difunde libremente a través de las paredes alveolares hacia los capilares sanguíneos.

La difusión del CO_2 se da en sentido inverso, es decir, desde los capilares hacia los alveolos. Esto ocurre porque la sangre que llega a través de los capilares arteriales posee un gran contenido de CO_2 , producto del desecho de la actividad celular.

En la sangre el O_2 se une a la hemoglobina de los glóbulos rojos y la mayor parte del CO_2 es transportado en el plasma sanguíneo en forma de bicarbonato hasta ser eliminado como gas durante la espiración (también hay una parte que se une a la hemoglobina de los glóbulos rojos).

Por otra parte, la sangre arterial posee mayor cantidad de oxígeno que la que existe a nivel celular. Se produce así la difusión del oxígeno desde los capilares arteriales hacia el interior de las células, y el dióxido de carbono que se ha producido como desecho de las reacciones químicas celulares se transfiere al torrente sanguíneo. Este intercambio de gases se llama **respiración tisular**.



▲ Respiración alveolar. Intercambio de gases entre los alveolos (pulmones) y la sangre.

▲ Respiración tisular. Intercambio de gases entre la sangre y las células.

Afecciones del sistema respiratorio

El aire que ingresa en nuestro organismo no es tan limpio como parece, contiene componentes que pueden provocar alteraciones, como virus, microorganismos, partículas de polvo o polen. A veces las barreras de defensa, como la mucosa de las fosas nasales, no son efectivas y se producen afecciones respiratorias.

La inflamación de las vías respiratorias altas provoca enfermedades como la sinusitis, la sinusitis y la faringitis. Una enfermedad común de las vías respiratorias es la **gripe**, una infección viral que provoca fiebre alta y decaimiento generalizado.

La inflamación de las vías respiratorias bajas conduce a bronquitis (inflamación de bronquios) o bronquiolitis (inflamación de bronquiolos).



Recordá

14. Leé las consignas y respondelas en la carpeta.

- Mencioná las tres etapas básicas de la respiración.
- Explicá brevemente en qué consisten la inspiración y la espiración.

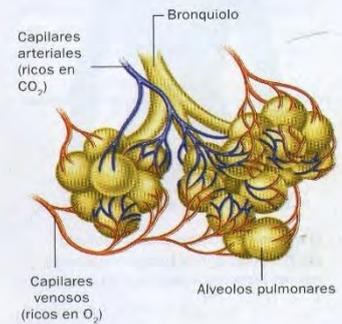
15. Completá las siguientes oraciones con las palabras que correspondan.

- La respiración _____ se produce entre los _____ y la sangre.
- La respiración _____ se produce entre la _____ y las células.

Conocé

Se viene la plaga

La epidemia de catarro ocurrida en Francia en el siglo XVIII fue denominada **grippe** por los franceses. Esta palabra deriva del término franco *grip* (garra) y del alemán *grüpi* o *gruppen* (agacharse, acurrucarse, temblar). La **gripe** es entonces una enfermedad que se "agarra" o se apodera de uno causando un malestar que lo "acurruca"; es considerada una enfermedad infecciosa causada por el virus **influenza**.



▲ Relación entre los alveolos y los capilares sanguíneos.

Figura 111

Pág.61 de L7. Cap.3

Ciencia sin fin

Los caminos de la sangre

Durante milenios los egipcios, los griegos y los romanos no tuvieron conocimiento alguno sobre la circulación de la sangre. En la Antigüedad, suponían que las arterias solo contenían aire y que el órgano que producía la sangre y la suministraba al resto del organismo era el hígado. Pero en el siglo II apareció Galeno, un médico y filósofo griego que ejercía como médico de los gladiadores de la antigua ciudad de Pérgamo, y comenzó a realizar experimentos. Así pudo reconocer que el corazón era una masa muscular que funcionaba como una bomba, planteó una conexión entre el corazón y los pulmones a través de las venas y arterias pulmonares, y sugirió que estas transportaban sangre y no aire. Sin embargo, seguía afirmando que era el hígado el responsable de la formación y distribución de la sangre al resto del cuerpo.

¿Por qué en aquella época suponían que por las arterias y venas pulmonares circulaba aire?

Los descubrimientos de Galeno permanecieron ocultos hasta que en el año 1546 el médico español Miguel Servet se asombró al detectar que no había poros en el tabique que separaba los ventrículos, como aseguraba Galeno, sino que la sangre pasaba del lado derecho hacia el izquierdo a través de la arteria pulmonar y el pulmón. Así realizó un hallazgo genial: la circulación menor o pulmonar. Curiosamente, estos escritos fueron publicados por Servet dentro de un texto teológico, ya que consideraba que el alma humana estaba en la sangre. Lamentablemente, estos textos también incluían ideas religiosas que ponían en duda la Trinidad y el significado del bautismo. Católicos y protestantes tomaron como herejía semejante atrevimiento de Servet y la Inquisición lo condenó a morir en la hoguera.

Se habría perdido un gran aporte científico de este genial investigador si no fuera porque años antes de su muerte se contactó con colegas de Francia, Alemania e Italia para informarles sus descubrimientos. Uno de estos médicos, el doctor Matteo Realdo Colombo, investigó la circulación pulmonar propuesta por Servet, y no solo la comprobó sino que además reveló la existencia de válvulas cardíacas que regulaban el flujo sanguíneo.

¿Por qué Servet habrá incluido sus descubrimientos sobre la circulación sanguínea en un documento teológico? ¿Qué actitud clave salvaguardó sus logros?

Fue el genial médico y profesor inglés William Harvey, a finales del año 1600, influenciado por Descartes, quien se preguntó cómo era posible que del corazón saliera solo sangre recién producida. Si era realmente así, el organismo se vería obligado a producir y consumir dos veces su peso por hora. Planteó entonces que la sangre debía fluir en un circuito continuo que era corazón – arterias – venas – corazón y realizó mediciones cuantitativas del flujo sanguíneo, registrando que el corazón late a un ritmo promedio de 70 veces por minuto, bombeando en ese lapso alrededor de 2 kg de sangre. También explicó el sentido de la circulación venosa hacia el corazón, contrario a lo que se creía, obstruyendo una vena en el brazo y comprobando que se interrumpía el flujo sanguíneo en el codo pero no en la muñeca. En 1628 publicó todos sus descubrimientos en un tratado sobre el movimiento del corazón y la sangre, el cual concluye con un concepto estático del organismo y dio lugar al nacimiento de la fisiología, que ayudó a investigar las relaciones entre órganos y sistemas.

¿Por qué al obstruir la vena del brazo se interrumpía el flujo en el codo y no en la muñeca? ¿Qué demostró Harvey con esta experiencia?

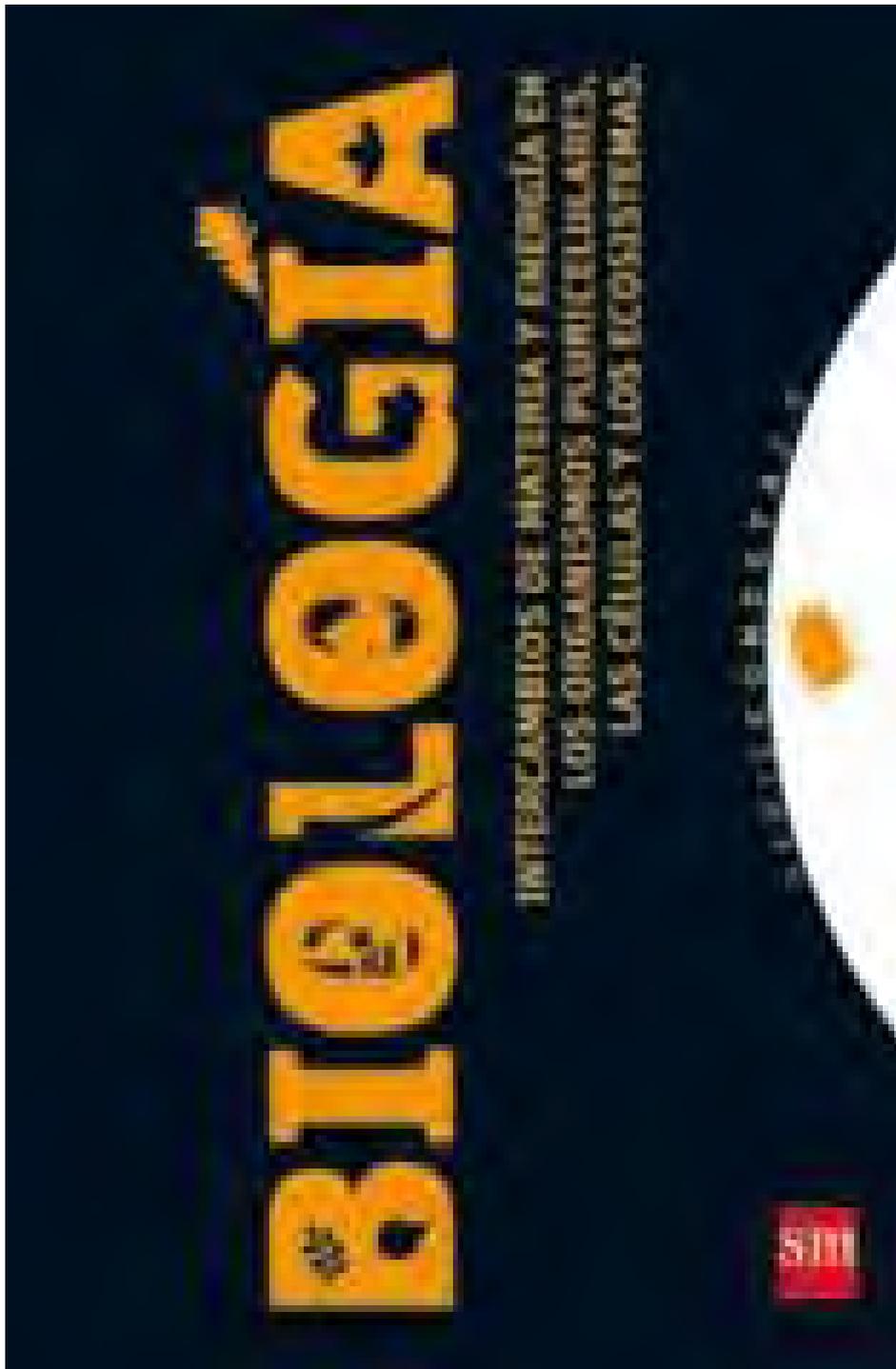
Averigué qué prueba decisiva aportó Marcello Malpighi a la teoría de Harvey.

61

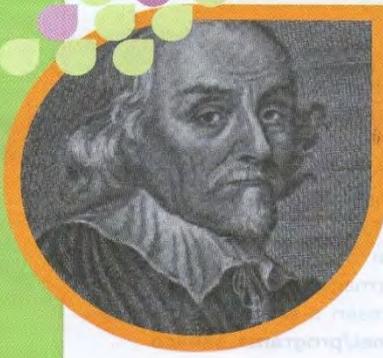
Fragmentos del Libro 8

Figura 112

Tapa del texto (L8)



CIENCIA EN CONTEXTO



Circulación

En dos ocasiones, fue condenado y, en ambas, quemado. La primera por la potestad de la Inquisición y la siguiente por el poder protestante de la ciudad de Ginebra. En su último libro, publicado el mismo año de su muerte, describió la circulación pulmonar definiendo así la imagen moderna del movimiento sanguíneo. Pero el reconocimiento de tal logro recaería sobre William Harvey (imagen), quien lo detalló tiempo más tarde, en 1628, en su obra *De motu cordis*.

Claudio Galeno

Un corazón diferente, un movimiento distinto, un aire que es espíritu vital. Por erradas que sean y por nulas que nos parezcan en una injusta apreciación de los conocimientos de los hombres del pasado, las explicaciones de Galeno sobre el funcionamiento del cuerpo humano fueron el punto de partida desde donde se comenzó a construir la lógica que hoy define el estudio del cuerpo humano.

Imposibilitado para estudiar la anatomía humana mediante el trabajo con cadáveres, optó por el saber que le podía aportar la vivisección y la disección de animales, como monos o cerdos. Fundió sus observaciones con los conceptos heredados de pensadores como Hipócrates, quien en el siglo V a. C. renunció a explicar la enfermedad por razones mágicas o religiosas, o Aristóteles, el gran filósofo del siglo IV a. C. Así, elaboró, un sistema donde el funcionamiento corporal del hombre se explica en función de tres espíritus o

pneumas: el espíritu natural, motor de las funciones básicas de la vida; el espíritu vital, fuente del pulso, la respiración y el latido cardíaco y el espíritu animal, base del movimiento, la sensibilidad y el pensamiento.

En pocas palabras, podemos decir que la fisiología propuesta por Galeno implicaba la digestión del alimento para formar el quilo, una nueva sustancia que se convertirá en la sangre que habrá de nutrir y formar las sustancias de cada órgano al ser impulsada por el *pneuma* natural en el hígado. Del aire incorporado por los pulmones, se aísla el *pneuma* vital que, a través de las arterias, mantiene las funciones básicas de la vida animal. En la base del cerebro, este se transmuta para dar origen al tercer *pneuma*.

La lógica de las explicaciones que en el siglo II dio Galeno fue de tal potencia que dominó el pensamiento médico-racional por casi mil quinientos años.

William Harvey

El corazón, que en cada contracción promete la posibilidad de la vida, impulsa en cada uno de sus movimientos unos seis gramos de sangre. Si se producen unos ochenta latidos por minuto, el músculo cardíaco impulsaría unos veinticuatro kilogramos de sangre por hora, una cantidad muy superior a la cantidad de alimento que se ingiere en ese intervalo de tiempo. Este dato, que Harvey obtuvo de sus experimentos con animales, contradice el modelo de Galeno que, como dijimos, propuso que la sangre se forma del alimento y se consume luego en los órganos.



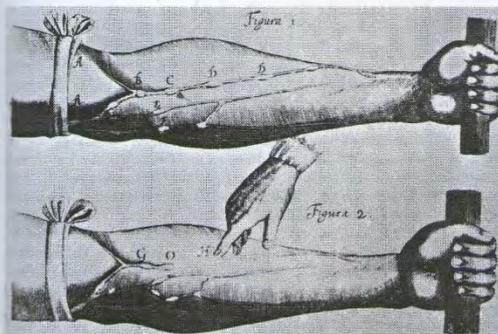
Galeno, entre otras actividades médicas, atendía a gladiadores heridos.

William Harvey fue el médico de Carlos I, rey de Inglaterra, decapitado tras una revuelta. Vivió en la época de Galileo Galilei y, al igual que él, valoró el trabajo experimental y la medición para decidir qué explicación sobre los fenómenos naturales debe considerarse válida. En su libro *De motu cordis*, explica:

En primer lugar, que de una manera continua e ininterrumpida el pulso del corazón transmite la sangre de la vena cava a las arterias, en tan gran cantidad, que no puede ser suministrada por los alimentos ingeridos, y de tal manera que toda la masa de sangre pasa en breve tiempo por él. En segundo lugar, que de una manera continua, igual e ininterrumpida, la sangre es impelida y llega a todos los miembros y partes del cuerpo por el pulso de las arterias, en una cantidad mucho mayor que la que es suficiente para la nutrición o que la que puede ser suministrada por la masa total de los alimentos ingeridos. E igualmente, en tercer lugar, que las venas vuelven a llevar continuamente la sangre desde cada uno de los miembros al corazón.

Demostrados estos puntos, creo que será manifiesto que la sangre efectúa un rodeo, siendo impulsada del corazón a las extremidades y de allí de vuelta al corazón y que así lleva a cabo una especie de movimiento circular.

Este escrito contradice las concepciones fisiológicas heredadas de la Antigüedad clásica y se constituyó en una afirmación temprana sobre el aspecto que, en la actualidad, le otorgamos a la circulación sanguínea.



Para charlar y pensar

1. Escriban de forma sintética las ideas de Galeno, Harvey y Servet acerca de la circulación sanguínea. ¿En qué se basó cada uno para proponer sus ideas?
2. ¿Qué aportes realizaron cada uno de estos médicos al modelo de circulación sanguínea que conocemos en la actualidad?

Servet

Christianismi restitutio (Restitución del cristianismo) fue la principal obra de Miguel Servet. Allí describe que la sangre se mueve en dos circuitos interconectados: la circulación mayor y la circulación pulmonar, definiendo una continuidad entre arterias y venas.

Fue también un libro por el cual la Inquisición lo condenó a muerte y lo quemó en efígie; es decir, se quemó una representación de su persona.

Nació en España y estudió en París. En muchos escritos, cuestionó la creencia cristiana de la trinidad y por esta razón postuló un sistema circulatorio cerrado como podemos leer de sus propias palabras:

Para que usted, lector, pueda disponer de la doctrina completa del espíritu divino y del espíritu, añadiré aquí la explicación de la filosofía divina que fácilmente comprenderá si tiene conocimientos de anatomía. Se dice que existe en nosotros un triple espíritu formado por tres elementos superiores; el natural, el vital y el animal. Afrodiseo les describe como tres espíritus. Sin embargo, no son tres sino un único espíritu (spiritus). El espíritu vital es el que se comunica a través de la anastomosis desde las arterias hasta las venas, donde pasa a denominarse espíritu natural. Por lo tanto, el primero, el espíritu natural, es el de la sangre, y se encuentra en el hígado y en las venas del cuerpo. El segundo es el espíritu vital, el cual se halla en el corazón y en las arterias del cuerpo. El tercero es el espíritu animal, una especie de rayo de luz, y está en el cerebro y en los nervios del cuerpo. En todos ellos reside la energía de un único espíritu y la luz de Dios.

Las razones por las que Servet defiende un modelo de la circulación como un sistema doble y cerrado son religiosas, y por ello el reconocimiento del logro recaerá en William Harvey, quien propuso las consideraciones teóricas y los datos experimentales para la constitución del moderno modelo del sistema circulatorio.

Miguel Servet fue considerado hereje, condenado a muerte y quemado en la hoguera el 27 de octubre de 1553. Su nombre es un símbolo del libre pensamiento.

Figura 117

Pág.83 de L8. Cap.3

CIENCIA EN CONTEXTO

Este producto de desecho realiza el camino inverso desde las células a través de la hemoglobina sanguínea hasta los pulmones, donde es espirado y eliminado de nuestro cuerpo. Algunas sustancias que actúan como venenos al ser inhalados, como por ejemplo el monóxido de carbono (CO) o el cianuro (CN), interfieren en las complejas series de reacciones que ocurren en las mitocondrias, impidiendo de manera irreversible que la respiración celular ocurra.

Las mitocondrias tienen una característica particular, que las diferencia de las demás organelas (a excepción de los cloroplastos), que es la presencia de material genético propio. Esto se consideró una evidencia directa de la teoría endosimbiótica, que explica el origen de estas organelas. Pero para entenderla, tenemos que volver a esa Tierra cuya atmósfera primitiva carecía de O₂.

La teoría endosimbiótica

La evolución de la vida en la Tierra dio origen al último y único ancestro común, un organismo unicelular a partir del cual se originaron los tres grandes grupos de células cuyos representantes han llegado hasta nuestros días: arqueas y bacterias (ambas procariontes) y eucariotas. Las células eucariotas primitivas seguramente eran bastante distintas a las que conocemos hoy. Es probable que, en un principio, estuvieran formadas por un núcleo que les permitió organizar un genoma cada vez mayor, sin otras divisiones u organelas en su citoplasma. La teoría endosimbiótica, desarrollada por la bióloga Lynn Margulis, sostiene que en determinado momento, una célula procarionte aeróbica se alojó en el citoplasma de una eucariota primitiva y le brindó a su hospedadora energía a cambio de un ambiente estable. Esta relación endosimbiótica daría lugar a las mitocondrias primitivas. La misma teoría explica el origen de los cloroplastos de las células vegetales, como una bacteria fotosintética que se alojó en el citoplasma

de estas eucariotas primitivas con mitocondrias. Así, las primeras son los ancestros de protozoos, hongos y animales, mientras que las segundas lo son de las algas y las plantas.

Entre las evidencias que sustentan esta teoría endosimbiótica, se encuentra la presencia en mitocondrias y cloroplastos de su propio material nuclear. Con el correr del tiempo, ambas organelas "perdieron" parte de su genoma así como su capacidad de vida libre. En la actualidad, una célula animal, por ejemplo, una célula del hígado, está formada por aproximadamente 1000 mitocondrias que respiran el O₂ que inhalamos.

Estas células eucariotas fueron las capaces de originar organismos multicelulares. Cómo lo hicieron, probablemente, siga siendo un misterio, pero Carl Sagan lo explica de la siguiente manera: Hace unos tres mil millones de años se había reunido un cierto número de plantas unicelulares, quizá, porque una mutación impidió que una célula sola se separara después de dividirse en dos. Habían evolucionado las primeras organismos multicelulares. Cada célula de nuestro cuerpo es una especie de colonia, con partes que antes vivían autónomas y que se han reunido para el bien común. Y nosotros estamos compuestos por cien billones de células. Cada uno de nosotros es una multitud.

Las que no incorporan cianobacterias dan lugar a las células animales.

Una parte de esas células incorpora luego cianobacterias.

Las cianobacterias dan lugar a los cloroplastos y aparecen así las células vegetales.

Teoría de la endosimbiosis.

Para charlar y pensar

1. ¿Cómo explica Carl Sagan el origen de la atmósfera primitiva y de las primeras formas de vida en su libro Cosmos?
2. ¿Qué pretende explicar la teoría endosimbiótica?
3. ¿Cuál relación existe entre la Tierra primitiva, cuya atmósfera carecía de oxígeno, y la teoría endosimbiótica desarrollada por la bióloga Lynn Margulis?

83