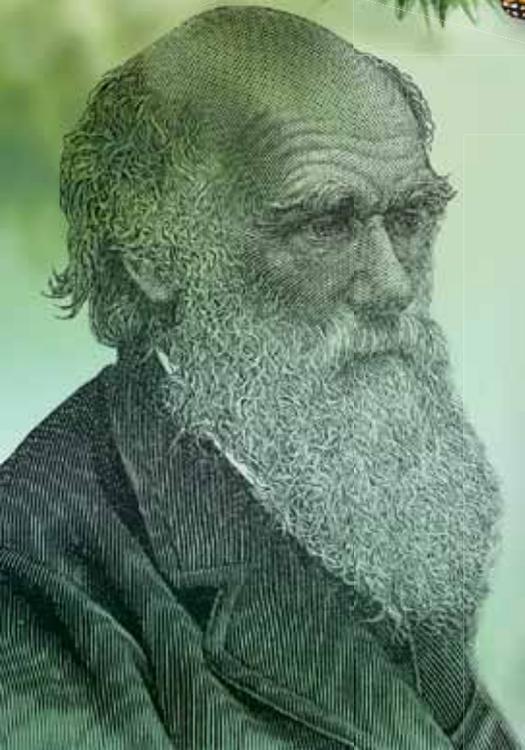




Enseñando BIOLOGÍA con las TIC



HISTORIA NATURALIS
Forma ipsi corbis vel calath
cis intexti; vincula de quibu
culmi, junci, fila è lino, fer
næ & cætera. Iconem in
de.
Cum cantillat orio vel
minente pluvia fistulæ in
Vsur ipsius in cibo ef
guescit mirum in mo
ictérico conspicitur a
Germanos acceden
turus pruinas promi

TICULUS II.
ereero seu Sitta, Pico nidum su-
te, Chlorione Indico & Picis
congenere.

CINEREUS Aristoteli σίππη
σίπη; aliis ὑλοπιπῆσαι quasi mate-
tundens; ἰσπῆσαι omnibus com-
tribus

INTEGRACIÓN DE LA TECNOLOGÍA
EDUCATIVA EN EL AULA

Enseñando
BIOLOGÍA con las TIC

Pablo Salomón



**Integración de la Tecnología
Educativa en el Aula
Enseñando BIOLOGÍA con las TIC**
Pablo Salomón

Directora General
Susana de Luque

**Coordinadora de Edición
y Producción**
Luciana Rabuffetti

**Coordinadora de Colección TIC
y editora**
Silvina Orta Klein

Especialista en TIC
Liliana Pérez

Corrección
Sandra Pien

Diseño
Sebastián Escandell
Verónica De Luca

*Copyright D.R. 2011 Cengage Learning
Argentina, una división de Cengage Learning
Inc. Cengage Learning™ es una marca registrada
usada bajo permiso.
Todos los derechos reservados.*

Rojas 2128.
(C1416CPX) Ciudad Autónoma
de Buenos Aires, Argentina.
Tel: 54 (11) 4582-0601

Para mayor información, contáctenos
en www.cengage.com
o vía e-mail a:
clientes.conosur@cengage.com

Salomón, Pablo
**Integración de la Tecnología Educativa en el Aula
Enseñando BIOLOGÍA con las TIC**

1ª ed. - Buenos Aires,
Cengage Learning Argentina, 2012.
260 p.; 18,5x23,5 cm.

ISBN 978-987-1486-72-4

1. Educación. 2. Tecnologías de Información y
Comunicación. I. Título

CDD 371.333

Fecha de catalogación: 23/12/2011

*Queda prohibida la reproducción o transmisión total o parcial del texto
de la presente obra bajo cualesquiera de las formas, electrónica o
mecánica, incluyendo fotocopiado, almacenamiento en algún sistema
de recuperación, digitalización, sin el permiso previo y escrito del editor.
Su infracción está penada por las leyes 11.723 y 25.446*



Índice

Acerca del autor.....	XI
Prólogo.....	XIII
Introducción.....	1
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS: A CARA Y CRUZ.....	1
¿PARA QUÉ ENSEÑAR CIENCIAS NATURALES?.....	3
EL <i>QUÉ</i> Y EL <i>CÓMO</i> DE LA CIENCIA.....	4
ENSEÑAR COMPETENCIAS CIENTÍFICAS.....	5
La observación y la descripción.....	6
La formulación de preguntas investigables.....	7
La formulación de hipótesis y predicciones.....	7
El diseño y la realización de experimentos.....	7
La formulación de explicaciones teóricas.....	8
La comprensión de textos científicos y la búsqueda de información.....	9
La argumentación.....	9
LA CIENCIA EN EL AULA.....	9
LA IMPORTANCIA DEL DISEÑO DE EXPERIMENTOS EN LA CLASE DE CIENCIAS.....	12
LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA EN LA ESCUELA SECUNDARIA.....	12
TENDIENDO PUENTES ENTRE LA TEORÍA Y LA PRÁCTICA.....	14
La planificación.....	14
La evaluación.....	16
LOS RECURSOS TIC EN LA ESCUELA.....	17
NUEVAS TECNOLOGÍAS, VIEJAS PRÁCTICAS.....	19
LA INTEGRACIÓN GENUINA DE LAS TIC.....	21
DANDO LOS PRIMEROS PASOS EN EL MARCO TPACK.....	23
La integración sensata.....	26
EL APORTE DE LOS RECURSOS TIC A LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA.....	28
Posibilidad de simular condiciones de laboratorio.....	28
La oportunidad de producir y analizar modelos.....	29
El registro de actividades experimentales.....	29
El procesamiento de datos.....	30
Las herramientas de búsqueda de información.....	30

CÓMO ES ESTE LIBRO	31
DE QUÉ HABLA (Y DE QUÉ NO HABLA) ESTE LIBRO	31
LOS LÍMITES DE ESTE LIBRO	32
La integración TIC a partir de recursos digitales al alcance de todos	33
Webgrafía comentada y tabla de recursos	34
ESTRUCTURA DE LOS CAPÍTULOS	34
Presentar alternativas desde el uso	37
Capítulo 1 ► Ecosistemas	43
CONSTRUCCIÓN DE REDES ALIMENTARIAS	44
La creación de hipervínculos con información complementaria	45
La posibilidad de interrelacionar diferentes redes	45
El desarrollo permanente de redes con propuestas más complejas	46
REGISTRO DE EXPERIMENTOS CON DESCOMPONEDORES	46
EL REGISTRO DE LAS EXPERIENCIAS	49
ELABORACIÓN DE PIRÁMIDES TRÓFICAS	50
Pirámides de números	52
Pirámides de biomasa	52
Pirámides de energía o de producción	53
LA CONSTRUCCIÓN DE PIRÁMIDES TRÓFICAS MEDIANTE HOJAS DE CÁLCULO	53
SIMULAR MUESTREOS POBLACIONALES	61
COMPROBANDO LA EFECTIVIDAD DEL MÉTODO	63
EL USO DE SIMULADORES	63
CONCLUSIONES	66
BIOMAS EN GOOGLE EARTH	67
BUSCAR Y SELECCIONAR INFORMACIÓN PARA ORGANIZAR UN DEBATE	67
¿CÓMO BUSCAR?	68
EL RESULTADO DE LA BÚSQUEDA	70
LA CONSTRUCCIÓN DEL DEBATE	71
PUBLICACIÓN DE UN BLOG PARA DIFUNDIR PROBLEMAS AMBIENTALES LOCALES	72
ABRIR UN BLOG	74
PRODUCIR UN PROGRAMA DE RADIO PARA CONCIENTIZAR SOBRE PROBLEMAS AMBIENTALES	75
QUÉ TRANSMITIR	76
Informes radiales	77
Reportajes	78
Elaboración de consignas para la participación de los oyentes	78
CÓMO TRANSMITIR EL MENSAJE	79
CALCULAR LA PROPIA HUELLA ECOLÓGICA	80
Capítulo 2 ► La célula	87
INTRODUCCIÓN	87
LAS IMÁGENES, LOS VIDEOS Y LAS ANIMACIONES EN LA ENSEÑANZA DE BIOLOGÍA CELULAR	87
LAS MICROFOTOGRAFÍAS	89
VIDEOS Y ANIMACIONES	91
ESTUDIO DE LAS ESCALAS MICROSCÓPICAS	98
SIMULADORES DE TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS CIENTÍFICOS	104
MICROSCOPIOS VIRTUALES	104
LABORATORIOS VIRTUALES	106

ESTUDIO DE CARIOTIPO	108
ESTUDIOS CITOGENÉTICOS EN EL AULA	110
LA REPRESENTACIÓN DINÁMICA DE LOS MECANISMOS DE DIVISIÓN CELULAR	114
Capítulo 3 ► Evolución	119
INTRODUCCIÓN	119
TRABAJO EN ESPACIOS COLABORATIVOS	120
LOS CONTENIDOS DE EVOLUCIÓN EN AMBIENTES CSCL	122
EL BLOG EN PROYECTOS COLABORATIVOS	122
LOS WIKIS COMO ALIADOS COLABORATIVOS	124
LOS ESPACIOS VIRTUALES DE GESTIÓN COMPARTIDA O <i>CLOUD DOCS</i>	131
OPCIONES DE TRABAJO UTILIZANDO LOS RECURSOS	134
PRESENTACIONES MULTIMEDIA: LA TEORÍA DE EVOLUCIÓN POR SELECCIÓN NATURAL	136
Orientaciones para el uso de <i>Prezi</i>	142
EL VIAJE DE DARWIN EN GOOGLE EARTH	146
SIMULACIÓN DE NAVEGACIÓN	148
REPORTAJES HISTÓRICOS	149
REPORTAJE AL “PADRE” DE LA EVOLUCIÓN	150
ANCESTRO COMÚN EN ORGANIZADORES CONCEPTUALES	152
Capítulo 4 ► Genética	155
INTRODUCCIÓN	155
TRAS LA LÓGICA DE LOS EXPERIMENTOS DE MENDEL	155
LA PRIMERA LEY DE MENDEL	156
LA SEGUNDA LEY DE MENDEL	163
MECANISMOS DE LA HERENCIA	166
EL TRABAJO DE RECUPERACIÓN DE LO APRENDIDO POR LOS ESTUDIANTES	167
LÍNEAS DE TIEMPO SOBRE EL DESARROLLO DE LOS PRINCIPIOS DE LA HERENCIA	168
CUADRO DE PUNNET INTERACTIVO	173
ACTIVIDADES SOBRE LABORATORIOS INTERACTIVOS DE GENÉTICA	177
GENEALOGÍAS PARA EL ESTUDIO DE CARACTERES GENÉTICOS	180
ÁRBOLES GENEALÓGICOS DE LAS FAMILIAS DE LOS ESTUDIANTES	181
CENTROS VAVILOV Y GOOGLE EARTH	186
BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN HISTÓRICA	189
Capítulo 5 ► Cuerpo humano y salud	193
INTRODUCCIÓN	193
UNA PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE WEBQUESTS	194
LA ESTRUCTURA BÁSICA DE UNA <i>WEBQUEST</i>	195
Caza del tesoro	197
<i>WEBQUESTS</i> Y EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA CIRCULATORIO	198
ENCUESTAS SOBRE PREVENCIÓN DE ITS	202
DEFINICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA ENCUESTA	203
IMPLEMENTACIÓN DE LA ENCUESTA	204
<i>GOOGLE DOCS</i> PARA LA REALIZACIÓN DE ENCUESTAS	205
EDICIÓN DE ACTIVIDADES JCLIC	208
Usos de las actividades <i>JCLic</i>	212

ENTREVISTAS A PROFESIONALES DE LA SALUD	214
¿CÓMO LLEVAR A CABO UNA BUENA ENTREVISTA?	216
Cómo preparar la entrevista	217
JUICIO SOBRE TEMAS DE SALUD EN SOPORTES VIRTUALES	219
UNA ORGANIZACIÓN POSIBLE DE SER LLEVADA A CABO EN LA ESCUELA	221
Presentación de la propuesta del juicio a la comunidad	222
Presentación de las diferentes posturas	222
Establecimiento de fechas	224
Jurado	224
Votación	225
Cierre	225
 Bibliografía	 227
Webgrafía	233



Introducción

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS: A CARA Y CRUZ

*Ya está en el aire girando mi moneda
y que sea lo que sea...*

Jorge Drexler, músico

La ciencia convoca un conjunto amplio de representaciones en el imaginario de las personas. Fenómenos curiosos y explicaciones extravagantes, posibilidades de transformación del ambiente, cura de enfermedades, desarrollo tecnológico y mejora de la calidad de vida, cuestiones de diversas implicancias éticas, riesgos ambientales, etc. La lista sería prácticamente interminable, pero podríamos resumirla en la idea de que la ciencia se ocupa de explicar fenómenos diversos mediante complejas teorías.

La ciencia es todas esas explicaciones complicadas acerca del funcionamiento del mundo, pero es más que eso. Es la forma en la que construye y valida esas explicaciones. Es, en buena medida, una forma de mirar el mundo.

Existe un cuerpo de conocimientos aceptados por la comunidad científica que podríamos llamar los “productos” de la ciencia; y también existe un conjunto de procedimientos mediante los cuales los científicos acceden a esas explicaciones, es decir, un conjunto de procesos. Pero atención, cuando hablamos de procesos científicos, no hablamos de técnicas de manejo de aceleradores de partículas, instrucciones para la operación de microscopios electrónicos, ni cuestiones por el estilo. Nos referimos más a una forma de aproximarse a los fenómenos, encontrando preguntas y definiendo maneras de responder a estas preguntas. Hablamos de la capacidad de observar y reconocer regularidades y situaciones discrepantes, formular hipótesis como respuestas provisionales a las preguntas, reconocer mecanismos para responder a esas preguntas mediante argumentos sólidos anclados en observaciones o inferencias de la realidad, entre otras.

En su excelente libro *La aventura de enseñar Ciencias Naturales*, la bióloga y especialista en educación Melina Furman presenta una analogía muy útil para entender esta doble dimensión de la ciencia. La investigadora asocia la imagen de la ciencia con las características de

una moneda. La ciencia, como la moneda, presenta dos caras: una relacionada con los conceptos, es decir, los *productos* de la ciencia; y otra que representa los *procesos* que permitieron el desarrollo de esos productos. Las dos caras de la ciencia son partes indisolubles de una misma cosa. La moneda ciencia *es* sus productos, pero también *es* los procesos que posibilitaron el desarrollo de esos productos.

Ahora bien, podríamos preguntarnos qué *es* la ciencia en la escuela. Probablemente mencionaríamos un conjunto de elementos representativos de nuestro paso como estudiantes por la ciencia escolar. En él habría germinadores, experiencias con péndulos, reacciones químicas, terrarios, disecciones de animales, herbarios, organismos en formol y muchas, muchísimas explicaciones sobre fenómenos que no siempre podemos observar y difícilmente logramos imaginar. En definitiva, una suerte de “ensalada” de recuerdos vagos sobre fórmulas y teorías complejas con reminiscencias un poco más vivas sobre experiencias de laboratorio, realizadas con propósitos absolutamente desconocidos. Lamentablemente la cuestión no es cosa del pasado. La escuela actual y la enseñanza de la ciencia adolecen de los mismos “desencuentros”.

¿Qué es lo que produce esta disociación tan grande entre la ciencia de los científicos, tan involucrada con la vocación por responder preguntas desafiantes, y la ciencia que tiene lugar entre las paredes de un aula, que suele empeñarse en responder preguntas que ningún alumno se ha formulado? Creemos que la principal diferencia entre estas dos situaciones es que esta “forma de mirar el mundo” de la ciencia profesional suele quedar afuera de lo que es considerado como objeto de la enseñanza en la escuela. La ciencia termina siendo una definición, una fórmula, y no una forma de indagar la realidad en busca de respuestas.

La moneda, en este caso, siempre cae del mismo lado: el de los conceptos, el de los productos científicos. Podríamos decir que ciertas prácticas docentes (bastante generalizadas) limitan su abordaje a una de las caras de esta moneda.

Consideramos que ya es hora de comenzar a dar vuelta la página, o la moneda, y cambiar el escenario. Una mirada abarcadora del fenómeno de la ciencia impone la necesidad de echar luz sobre “el lado inexplorado de la ciencia” y observar sus formas de indagar el mundo. ¿Cómo dar cuenta del lado inexplorado de la ciencia en la escuela? ¿Cómo trabajar sobre los procesos de la ciencia? El biólogo y escritor argentino Diego Golombek (2008) plantea: “la ciencia es una actitud; gramáticamente sería más interesante considerarla un verbo y no un sustantivo: un hacer cosas, preguntas, experimentos”.

¿PARA QUÉ ENSEÑAR CIENCIAS NATURALES?

Antes ahondar en las formas de enseñar ciencias naturales vale la pena reflexionar sobre los propósitos de la enseñanza de contenidos científicos en la escuela. En otras palabras especificar *para qué* es relevante la ciencia escolar (Acevedo Díaz, 2004). Las motivaciones pueden ser diversas, y las respuestas seguramente cambien de acuerdo con quienes la respondan. Una formación en ciencias puede servir como vehículo para ejercer plenamente nuestros derechos como ciudadanos, continuar con estudios posteriores, adquirir formación para obtener un trabajo, entre muchas otras. La respuesta que demos a esta pregunta es también muy importante para establecer los fundamentos y el diseño del currículo escolar de ciencias.

Fensham (2000, citado por Aikenhead, 2003a,b) afirma que muchos docentes de distintos niveles educativos (mayoritariamente profesores de ciencias) consideran que la ciencia escolar debe preparar a los estudiantes para los cursos superiores y, eventualmente, los estudios científicos universitarios. Según esta lógica, la enseñanza de las ciencias en la escuela cumple con la finalidad propedéutica, es decir, como una instancia de formación intermedia para el acceso a un conocimiento “profesional” de la ciencia. Según esta concepción, la elección de contenidos y estrategias de enseñanza debe orientarse a preparar de la mejor forma posible a quienes en el futuro vayan a desempeñarse como científicos. En contraposición a esta mirada, una respuesta alternativa situaría la enseñanza de las ciencias como un espacio para promover una ciencia escolar más válida y útil para personas que, como ciudadanos responsables, tendrán que tomar decisiones respecto de cuestiones de la vida real relacionadas con la ciencia y la tecnología.

Si bien la tradición escolar parece sostener una práctica alineada con objetivos propedéuticos, los lineamientos educativos de numerosos países (la Argentina entre ellos), propone formar una sociedad entrenada en el manejo de temas relativos a la ciencia y la tecnología.

Existe un consenso generalizado respecto de que una de las principales funciones de la ciencia en los diferentes niveles escolares es formar ciudadanos alfabetizados científicamente, capaces de comprender fenómenos del mundo desde una mirada científica y tomar decisiones racionales e informadas sobre temas relativos a la salud, la conservación de los recursos naturales y cuestiones éticas, entre otros.

El término *alfabetización científica* es una metáfora que establece de manera amplia determinadas finalidades y objetivos de enseñanza de las ciencias (Bybee, 1997). El término deriva del inglés *scientific literacy* y su origen se remonta a mediados del siglo XX en los Estados Unidos.

En aquel entonces las políticas educativas del país procuraron responder a un sentimiento de inferioridad científica y tecnológica que la sociedad estadounidense comenzó a experimentar a partir de la puesta en órbita del primer *Sputnik* por la Unión Soviética. Se entendía que este sentimiento sólo podía revertirse consolidando una sociedad informada en materia científica y tecnológica (Acevedo Díaz, 2004).

Desde ese momento la alfabetización científica se ha transformado en una de las metas más importantes en materia de política educativa. La alfabetización científica busca una sociedad capaz de desarrollar una mirada crítica sobre la ciencia, la tecnología, sus productos y sus implicancias. Fourez (1997) establece una analogía entre la promoción de la alfabetización científica que las políticas educativas de varios países buscan generar, con la alfabetización lecto-escritora que se impulsó a finales del siglo XIX para la integración de las personas en la sociedad industrializada.

Cabe afirmar que este objetivo implica una democratización del conocimiento científico que define una finalidad clara en la enseñanza de la ciencia en sus distintos niveles, pero en especial en la escuela secundaria; ya que ésta no puede limitarse a formar futuros estudiantes universitarios de carreras científicas. Acevedo Díaz (2004) afirma al respecto: “La extensión de la alfabetización científica a todas las personas es, desde luego, incompatible con una finalidad exclusivamente propedéutica de la enseñanza de las ciencias; esto es, con una ciencia escolar relevante sólo para proseguir estudios científicos superiores”.

En este punto radica un desafío: transformar nuestra mirada como docentes haciendo propios estos objetivos de la enseñanza de las ciencias. Debemos ser conscientes de que la respuesta al *para qué* enseñar ciencias, implica la decisión de pensar una propuesta de enseñanza para todos los ciudadanos, no sólo para quienes hayan decidido abrazar una vocación científica profesional. Como veremos más adelante, esto implica desarrollar una forma científica de mirar el mundo. Para desarrollar las herramientas de pensamiento crítico relacionadas con la ciencia y sus productos se debe abordar la ciencia como un fenómeno completo y profundizar sobre sus procesos.

EL QUÉ Y EL CÓMO DE LA CIENCIA

La discusión sobre la enseñanza de la ciencia suele abordarse desde el conjunto de conceptos que deben traerse al espacio del aula. Nuevamente, la mirada recae sobre la misma cara y la discusión se cierra en *qué* enseñamos (un *qué* que sólo nos habla de productos científicos). Golombek (2008) plantea un buen punto de partida para cuestionar

esto: “Tal vez la falla grave sobre la enseñanza de las ciencias no está tanto en el qué enseñar sino en cómo hacerlo, sobre todo cómo construir las ideas científicas y esta particular –y poderosísima– mirada sobre el mundo”.

Ya tenemos un lugar para empezar. Ahora bien, ¿cómo enseñar el *cómo*? Es decir, de qué forma se enseñan los procesos que la ciencia emplea para explorar los fenómenos del mundo. Sin dudas, no es memorizando los pasos del famosísimo “método científico”. Ocurre que la ciencia es más una mirada cambiante e inquieta sobre los fenómenos que una enumeración taxativa de pasos desde los fenómenos hasta las teorías científicas. El camino del descubrimiento suele ser mucho más sinuoso. Está plagado de caminos laterales y vías muertas, senderos trancos durante un tiempo que luego resultan atajos hacia las explicaciones buscadas.

Una forma de comprender en detalle las características del camino es transitarlo. Conocer los procesos es, en parte, haberlos vivido en primera persona. Como aquel cuento de Jorge Luis Borges, el camino de la investigación científica es un “jardín de senderos que se bifurcan”. Es que allí donde parece hallarse la respuesta a una pregunta casi seguro habita una nueva pregunta y, junto a ella, la invitación a reanudar el camino de búsqueda de explicaciones.

La experiencia de observar un fenómeno inquietante que nos conduce a una pregunta es, en buena medida, entrenarse en la mirada de la ciencia sobre el mundo.

ENSEÑAR COMPETENCIAS CIENTÍFICAS

El conjunto de procesos propios de la investigación científica son competencias o procedimientos que pueden (y deben) enseñarse. No se trata de herramientas intelectuales innatas con las que una persona llega al mundo. El desarrollo de estas competencias científicas es un objetivo de enseñanza que requiere de situaciones planificadas para su abordaje. Los estudiantes deben tener oportunidad de conocer esos procesos y usarlos en el contexto adecuado (Nieda y Macedo, 1997). No basta con situar a los estudiantes frente a fenómenos naturales para que por sí solos y sin mayor ayuda comiencen a observarlos sistemáticamente, construyan hipótesis, diseñen experimentos, etc. Como plantean Furman y Podestá (2009): “muchas veces los docentes pensamos que con poner a los alumnos a observar, o con pedirles que formulen una hipótesis o que analicen un texto, alcanza para que aprendan a hacerlo.

1 Borges, J. L. “El jardín de senderos que se bifurcan”, en *Ficciones*. Buenos Aires, Emecé Editores, (1956).

Nos estamos olvidando de que se trata de aprendizajes complejos que, como tales, deben enseñarse”.

Autores como Fumagalli (1999) hablan en el mismo sentido: “los contenidos básicos procedimentales de ciencias naturales no describen algoritmos, sino que intentan poner el acento en los procedimientos de carácter heurístico que se emplean en la resolución de problemas, y a través de los cuales se pretende acercar a los alumnos y alumnas al conocimiento de estrategias de producción de conocimientos más coherentes con las empleadas en el campo de las ciencias naturales”.

A continuación, incluimos el conjunto de competencias científicas que los estudiantes deberían desarrollar en el transcurso de la escolaridad (Furman y Podestá, 2009):

- La observación y la descripción.
- La formulación de preguntas investigables.
- La formulación de hipótesis y predicciones.
- El diseño y la realización de experimentos.
- La formulación de explicaciones teóricas.
- La comprensión de los textos científicos y la búsqueda de información.
- La argumentación.

Ampliaremos los alcances de cada una de estas categorías a partir de las caracterizaciones del físico Arnold Arons (1990), citado por Furman y Podestá (2009).

La observación y la descripción

Los alumnos deberán desarrollar la capacidad de observar fenómenos de forma sistemática. El cumplimiento de este objetivo sólo se logrará si el docente asume un rol de orientador activo que ayude a guiar la mirada de los alumnos y focalizarla en los aspectos verdaderamente relevantes del fenómeno considerado. Según Arons, el desarrollo de esta competencia implica también reconocer la diferencia entre observar un fenómeno e inferir algo a partir de ese fenómeno.

Íntimamente ligada a la capacidad de observar, la capacidad de describir es una competencia de enorme relevancia para la ciencia. Los estudiantes deberán ser capaces de expresar con claridad el resultado de sus observaciones. En tal sentido, es indispensable reconocer los atributos de una buena descripción: ceñirse al relato de los hechos sin anticipar una explicación a lo que se observa.

La formulación de preguntas investigables

Se espera que los estudiantes puedan adquirir la capacidad de formular preguntas que puedan contestarse a través de los métodos que definen la investigación científica. Los alumnos deberán reconocer cuáles son las preguntas que pueden responderse a partir de la indagación científica y cuáles no. A menudo sucede que el modo en que se formula una pregunta condiciona (o imposibilita) su respuesta científica. Cuando preguntamos por qué se produce determinado fenómeno solemos aludir a una relación causal que a menudo es imposible de establecer. Gellon y colegas (2005) sostienen que muchas veces la cuestión se salva transformando los “porqué” en “cómo” y, en definitiva, corriendo la pregunta del eje causal a uno mecanístico (mucho más fácil de responder). Por ejemplo, en lugar de preguntar por qué funcionan de modo diferente los circuitos en serie y los circuitos en paralelo es mejor preguntar cómo circula la corriente eléctrica en cada caso.

Por su parte, la pregunta puede actuar como un eje estructurante de la clase de ciencias. Si las preguntas constituyen el motor de las investigaciones, aprender a formular preguntas es uno de los primeros aspectos que deberemos promover en los estudiantes. Recurrimos nuevamente a Golombek (2008), quien nos plantea un punto interesante respecto de las preguntas y las respuestas en ciencias y el desinterés que a menudo expresan los estudiantes sobre los temas científicos: “[...] tal vez estemos dando a los jóvenes respuestas a preguntas que jamás se han hecho, lo cual implica pasar por alto un largo proceso que ineludiblemente debe partir de las propias indagaciones y curiosidad del alumno para luego llegar a construir otro tipo de preguntas en forma secundaria”.

La formulación de hipótesis y predicciones

Los estudiantes deberán acceder a explicaciones provisionales sobre un fenómeno y establecer predicciones a partir de esas hipótesis (“si lo que digo es cierto, cada vez que ocurra tal cosa espero ver tal otra”).

Esta competencia está íntimamente ligada a la adquisición de herramientas de pensamiento lógico, indispensables para el reconocimiento de las relaciones causales que vinculan las hipótesis con las predicciones.

El diseño y la realización de experimentos

Los estudiantes deberán desarrollar la capacidad de planificar experimentos que permitan poner a prueba distintas hipótesis sobre un fenómeno dado. Resulta indispensable que tengan en claro que un experimento busca responder a una pregunta específica. Sin esa pregunta,

el experimento se desvirtúa y se transforma en una actividad vacía de contenido. Los alumnos deben ser conscientes de que un experimento es una manipulación dirigida desde la realidad que requiere mantener una serie de condiciones estables para poder verificar la influencia de una variable respecto del fenómeno. El diseño de un experimento implica saber qué se va a medir y cómo se va a efectuar esa medición.

Esta competencia no se limita a la realización de experimentos reales. Implica también la posibilidad de analizar experimentos ficticios y experimentos realizados por otras personas (inclusive, experimentos históricos).

La formulación de explicaciones teóricas

Los alumnos deben comprender que los conceptos científicos (ejemplos: velocidad, aceleración, fuerza, energía) son inventados (o creados) por actos de imaginación e inteligencia humana y no son tangibles. No se trata de objetos o sustancias descubiertas accidentalmente, como un fósil o una planta o un mineral nuevo (Arons, 1990).

Es importante que los estudiantes puedan comprender que las teorías son construcciones intelectuales de las personas para explicar la realidad. De ningún modo deben considerarse como un reflejo o espejo de la realidad. Se trata de construcciones que requieren un componente de observación y, especialmente, otro de imaginación. Que los estudiantes puedan comprender que una teoría no es producto de la observación de un fenómeno sino la elaboración intelectual de una explicación que dé cuenta de esas observaciones es un objetivo primordial de la enseñanza de las ciencias en este nivel.

Para cumplir con este objetivo, el docente deberá dar a entender el significado de la palabra “teoría” en el contexto de la ciencia y deberá proporcionar ejemplos sobre la forma en que se elaboran y se validan las teorías. Resulta indispensable que los estudiantes comprendan que los términos que se utilizan para definir los conceptos no refieren a cualquier opinión personal o noción no corroborada, sino que responden a un conjunto de evidencias concretas que les dan sustento.

Los alumnos deben también comprender el concepto de provisionalidad en relación con las teorías científicas. Las teorías cambian con el tiempo, son sujetos de transformaciones necesarias a la luz de nuevas observaciones. No hay forma de transmitir esta plasticidad de las teorías si se presentan como cuerpos acabados de conocimiento irrefutable. He aquí una de las razones por las cuales la enseñanza de las ciencias se sustenta en el pilar del trabajo con ideas provisionales que deben someterse a prueba, que deben conectarse con argumentos.

En esta misma línea, la escuela debe ofrecer situaciones que hagan que los estudiantes comprendan que una teoría necesariamente genera predicciones sobre fenómenos y que estas predicciones pueden (y deben) ser puestas a prueba empíricamente.

La comprensión de textos científicos y la búsqueda de información

Los alumnos deberán desarrollar herramientas de comprensión lectora de corte general y específico de las ciencias. En este caso, entran en juego los propósitos específicos de la lectura en ciencias (como la lectura orientada a la búsqueda de datos, de argumentos o los significados específicos de los conceptos científicos, entre otros).

La argumentación

Se espera que los alumnos reconozcan que para aceptar una explicación se necesitan argumentos que la sostengan. El docente deberá propiciar escenarios para que los estudiantes ejerciten su capacidad de argumentar. Las situaciones de debate, por ejemplo, resultan ideales para el desarrollo de esta competencia.

Podemos reconocer que las competencias científicas constituyen un abanico de modos de conocer propios de las Ciencias Naturales (Furman y Podestá, 2009). Como ya hemos señalado, no se trata de saberes que pueden adquirirse de forma espontánea; para que los estudiantes puedan desarrollar competencias científicas es necesario que los docentes generemos situaciones de enseñanza propicias.

LA CIENCIA EN EL AULA

En 2007 el Ministerio de Educación argentino convocó a un conjunto de científicos notables con el propósito de definir una serie de recomendaciones para la mejora de la enseñanza de las ciencias y la matemática. En su informe final², la comisión planteó la necesidad de: “una educación que contribuya [...] a la alfabetización científica del conjunto de la población, de manera que todos los ciudadanos podamos estar en condiciones de interesarnos en, e indagar sobre, distintos aspectos del mundo que nos rodea; poder tomar decisiones informadas acerca de cuestiones que afectan la calidad de vida y el futuro de la sociedad; de interesarse por, e involucrarse en, los discursos y debates sobre ciencias;

2 Comisión Nacional para el Mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias. Informe Final. Ministerio de Educación, 2007, Argentina. El documento completo puede consultarse en http://www.me.gov.ar/doc_pdf/doc_comision.pdf o http://www.oei.es/salactsi/mej_de_la_ense.pdf

y de arribar a conclusiones basadas en razonamientos válidos que incluyan, cuando corresponda, la interpretación de evidencia empírica”.

Estos objetivos deben tener un correlato en la escuela, que se expresa en el desarrollo de determinadas herramientas conceptuales e intelectuales por parte de los estudiantes. Gellon y colegas (2005) reconocen una serie de aspectos que favorecen el acercamiento del proceso de aprendizaje en ciencias en la escuela a los modos de conocer de la ciencia profesional. Estos son los aspectos: empírico, metodológico, abstracto, contra-intuitivo y social de las ciencias.

El aspecto empírico. Implica que las hipótesis científicas expliquen fenómenos observables. Mientras que en las ciencias experimentales las observaciones son el “árbitro final” de las afirmaciones, en el aula, en cambio, la fuente del conocimiento suele ser el docente, el libro o Internet. Si un estudiante no logra reconocer que las ideas científicas se construyen en torno de una realidad objetiva no logrará reconocer los alcances de un enunciado científico. “Si en nuestras clases de ciencia la respuesta está siempre en los libros y nunca en los resultados de los experimentos, tendrá una idea distorsionada del valor de un enunciado científico” (Gellon *et al.*, 2005).

El aspecto metodológico. Reconoce y da cuenta de las formas de construcción del conocimiento científico. Se trata del conjunto de herramientas del pensamiento y la indagación que definen la práctica científica. En otras palabras, hacer propio el “método científico”. Es en este sentido que es necesario emplear el conjunto de aspectos que lo definen en actividades concretas, en contraposición a estudiar de memoria la definición de sus pasos y mucho menos pretender que la investigación se parece a un instructivo para el manejo de un artefacto electrónico, o algo por el estilo.

El aspecto abstracto. Involucra el reconocimiento de las ideas abstractas que los científicos “construyen” para explicar sus observaciones empíricas. El desarrollo de este aspecto supone que el estudiante esté en condiciones de distinguir entre una idea que se desprende de una observación de otra que se “inventa” para poder dar cuenta de la evidencia empírica.

El aspecto social. Apunta a la forma de aceptación de las ideas científicas en el marco del consenso de la comunidad científica. “Mientras que en el aula puede existir un árbitro con autoridad, como puede ser el docente o el libro de texto, la

actividad científica construye sus conocimientos mediante el consenso informado de una gran multitud de participantes, ninguno de los cuales es depositario *a priori* de la verdad” (Gellon *et al.*, 2005).

El aspecto contra-intuitivo. Muchas de las explicaciones científicas van en contra de lo que el sentido común indica y, por lo tanto, resultan muy difíciles de aceptar para los estudiantes (y para la mayoría del público lego). Ejemplos de esta situación son numerosos, muchas de las cosmovisiones del universo (en astronomía), de las concepciones sobre el movimiento de los cuerpos en la Tierra (de la física) o las explicaciones sobre el funcionamiento de los organismos biológicos se vieron influidas por formas de pensamiento basadas en la lógica del sentido común. Trabajar sobre este aspecto en las aulas implica enseñar la forma de pensar que caracteriza a la investigación científica.

El lector habrá reparado en la estrecha relación entre los aspectos aquí citados y el desarrollo de las competencias científicas. Es que las últimas definen en buena medida la posibilidad de integración de estos aspectos a la práctica. Consideramos que la enseñanza de la Biología, y de las ciencias en general, debe tener en cuenta estos aspectos para lograr buenos resultados.

Cabe señalar que reconocer el aspecto empírico de la ciencia impone la condición de exponer a los estudiantes al mundo de los fenómenos. Esta posibilidad brindará a los estudiantes la chance de formar sus propias ideas sobre ellos, así como especular sobre los modos de poner a prueba esas ideas. Finalmente, una vez que hayan explorado las características del fenómeno en cuestión y hayan construido las ideas que permiten comprenderlo, tendremos oportunidad de introducir las palabras específicas que dan cuenta de esas ideas. Gellon y colegas (2005) afirman que “Una clase de ciencias no debe buscar darles significado a los términos. Por el contrario, los términos deben acuñarse, justamente para poder referirse a fenómenos presenciados e ideas formuladas que se conocen pero no han sido nombrados todavía”.

Esta forma de abordar los fenómenos evidencia una secuencia específica que antepone (y pone el acento en) la observación y el análisis conceptual de los fenómenos, al uso de la terminología científica. El orden de este proceso es nada trivial. La secuencia *fenómeno-idea-terminología* caracteriza la práctica científica y es, desde ya, perfectamente aplicable en el aula.

LA IMPORTANCIA DEL DISEÑO DE EXPERIMENTOS EN LA CLASE DE CIENCIAS

El rol que la práctica de laboratorio tiene a menudo es digno de análisis. “Una práctica de laboratorio en la cual solamente se verifica lo que se estudió previamente en la clase teórica no promueve un pensamiento empírico” (Gellon *et al.*, 2005). El aporte de las situaciones experimentales es mucho más valioso cuando se convierte en la forma de acceso a los conocimientos y no como una ilustración de conceptos teóricos. La posibilidad de analizar los resultados de un experimento abre un espacio fecundo para el desarrollo de un pensamiento crítico. Cuando un experimento no proporciona los resultados esperados se convierte en una excelente ocasión para pensar en posibles explicaciones y, eventualmente, generar nuevas situaciones experimentales. Desde este punto de vista, los experimentos cuentan con una “satisfacción garantizada”, ya que nunca podrán fracasar: siempre serán una situación propicia para la enseñanza. Golombek (2008) dice al respecto: “A todos los docentes nos ha ocurrido que los alumnos se nos presentan muy desanimados porque ‘el experimento me dio mal, profe’... , como si tal cosa pudiera ocurrir. El desafío es, entonces, interpretar el resultado (los datos son los datos, y no pueden dar ‘mal’) e incorporarlo dentro del modelo que mejor lo explique”.

Desde este punto de vista, como veremos más adelante, el aporte de las TIC puede resultar de gran valor. Un simulador digital sobre un experimento podrá constituir el punto de partida de una investigación estimulante y enriquecedora para los alumnos. Pensemos que muchos experimentos suelen ser impracticables en el ámbito de la escuela y, por lo tanto, tener la oportunidad de desarrollarlos en forma virtual abre un abanico de posibilidades ciertamente valioso. Los experimentos de cruzamientos controlados entre distintas variedades de moscas de la fruta ha sido una fuente de información fundamental para el reconocimiento de los mecanismos de la herencia. Existen simuladores en Internet que posibilitan la realización de cruzamientos de individuos virtuales con diferentes caracteres, pudiendo determinar la dominancia de alelos responsables de los mismos (este ejemplo será desarrollado en profundidad en el capítulo 4).

LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA EN LA ESCUELA SECUNDARIA

La enseñanza de la Biología en el nivel medio responde a una serie de motivaciones que buscan construir una mirada crítica de los ciudadanos sobre los procesos y los productos de la ciencia. “La ciencia en

la escuela busca formar no sólo ciudadanos competentes en cuestiones científicas o conocedores de ideas de ciencias, sino también sujetos críticos respecto del quehacer científico”³.

La enseñanza debe estructurarse en torno de situaciones en las cuales los estudiantes puedan desarrollar herramientas intelectuales que les permitan tomar decisiones responsables sobre cuestiones relacionadas con los fenómenos biológicos y el desarrollo científico y tecnológico. Dos de los campos en los que se ponen en juego estas decisiones son la salud y los temas ambientales, razón por la cual tienen especial preponderancia en los currículos escolares.

Desde el punto de vista conceptual, la enseñanza de la biología en la escuela secundaria se organiza en torno al desarrollo de tres lógicas de pensamiento biológico que, en conjunto, permiten relacionarlos con el mundo: la del *pensamiento ecológico*, la del *pensamiento evolutivo* y la del *pensamiento fisiológico*.

La primera se ocupa de las relaciones entre los organismos, haciendo hincapié en las propiedades emergentes de las poblaciones y las comunidades biológicas. La lógica del pensamiento evolutivo se propone analizar los sistemas biológicos y su diversidad a partir de la historia evolutiva y entender la adaptación como el producto de la interacción de los organismos con un ambiente dinámico. La lógica del pensamiento fisiológico se basa en los mecanismos físicos y químicos que subyacen en un proceso biológico. Busca comprender y describir las relaciones estructurales y funcionales de las partes de un sistema biológico. Puede decirse que se centra en las causas primeras de los fenómenos biológicos.

Estas tres formas de pensamiento permiten que el sujeto se relacione con los fenómenos de la vida desde una mirada crítica capaz de comprender las características de un mundo cambiante. Todo fenómeno biológico puede abordarse desde estas tres lógicas. En cada caso, una de las formas de pensamiento podrá prevalecer sobre otras. Sin embargo, el diálogo entre las tres permitirá acceder a una mirada integrada y abarcativa de los fenómenos.

Creemos que esta mirada abierta posibilita la construcción de una actitud crítica y comprometida respecto de los fenómenos biológicos que convocan la atención de la ciudadanía. El mundo cambiante en que vivimos impone la necesidad de tomar partido respecto de un amplio conjunto de temas. El uso de organismos genéticamente modificados (OGM) en la elaboración de productos para consumo humano, la

3 Diseño Curricular para la Educación Secundaria de la Provincia de Buenos Aires, 2º año (SB). La Plata, Dirección General de Cultura y Educación, Gobierno de la Provincia de Buenos Aires, (2008).

clonación humana, el patentamiento del genoma de diversos seres vivos, el congelamiento de embriones humanos, son algunos de ellos. La construcción de una ciudadanía plena es uno de los objetivos más importantes de la enseñanza, e implica el desarrollo de herramientas conceptuales que permitan comprender el mundo. El desarrollo del pensamiento ecológico, evolutivo y fisiológico se presenta como un factor decisivo para el alcance de estas metas, puesto que los temas biológicos que nos convocan como ciudadanos responsables no pueden entenderse si no es a partir de un enfoque integrado y abarcador.

TENDIENDO PUENTES ENTRE LA TEORÍA Y LA PRÁCTICA

La planificación

Como ya hemos señalado, las investigaciones escolares son recorridos guiados por un conjunto de fenómenos e ideas. Los guías privilegiados en esta travesía somos nosotros, los docentes. ¿Cómo guiar a los estudiantes en el recorrido? El buen viajero nos dice que para poder disfrutar de un recorrido por un destino desconocido nada es mejor que planificar el viaje de antemano. Podríamos imaginar que el camino en la búsqueda de una mirada científica del mundo se parece a ese viaje por latitudes inexploradas. La única diferencia es que, a veces, dejarse llevar por las calles de una ciudad desconocida puede conducirnos a sitios enriquecedores desde todo punto de vista; en cambio, el camino errático entre contenidos biológicos difícilmente nos conduzca hacia algún lugar relevante.

Podemos afirmar, entonces, que buena parte de nuestros esfuerzos como docentes y guías de viaje debe concentrarse en delinear la hoja de ruta que recorreremos junto a los estudiantes. Esa hoja de ruta no es otra cosa que la planificación didáctica.

Como ya hemos dicho, las escalas del viaje incluyen contenidos en sus dos dimensiones. No sólo incluyen conceptos, sino también competencias científicas. Por lo tanto, será necesario plantear propuestas de enseñanza que permitan abordar ambas dimensiones de la ciencia.

Por un lado, deberemos delimitar los alcances conceptuales del enfoque. En este punto resultará indispensable poder establecer cuáles son los ejes centrales del tema que iremos a abordar. Como en cualquier travesía, el tiempo disponible siempre es escaso. Para planificar el recorrido de una serie de sitios debemos tener presente el tiempo que dedicaremos al viaje y decidir qué destinos resultarán de visita obligada y cuáles no. El viajero experimentado nos recomendará visitar pocos lugares en profundidad, en lugar de recorrer muchos sin poder reconocer sus características. La elección de los conceptos que integrarán

el recorrido didáctico de la planificación es de una importancia crucial. Sin embargo, el asunto puede no resultar tan sencillo. Saber cuáles resultarán paradas obligatorias de nuestro viaje es una tarea ardua, pero indispensable.

La planificación comienza en la lectura de los contenidos, generalmente presentes en los diseños curriculares propuestos por el Estado. Allí se enumera un conjunto de conceptos que a veces carecen de jerarquización. Esto nos enfrenta al riesgo de dedicar tiempo excesivo a conceptos que si bien pueden resultar atractivos, no son centrales para la enseñanza del tema. Para evitar esto, es necesario hacer una lectura criteriosa de los documentos curriculares con el propósito de definir los conceptos centrales y reconocer los secundarios.

Para saber qué es central y qué no respecto de un tema, es indispensable establecer los alcances. Esta tarea impone la necesidad de estar bien informados y manejar los contenidos con cierta profundidad. Si bien los diseños curriculares brindan orientaciones al respecto, no basta. Será necesario estudiar y profundizar, si el tema no nos resulta lo suficientemente cercano.

Una vez delimitados los alcances conceptuales, resulta de mucha ayuda definir preguntas relacionadas con estos conceptos, que servirán de guía y podrán ser el disparador de numerosas inquietudes que nos permitan articular el relato. Estas preguntas serán una invitación a los estudiantes a buscar los caminos para responderlas y, en definitiva, constituirán las paradas obligadas del recorrido.

Luego viene el desafío de integrar los “otros” contenidos, los que a menudo quedan fuera de la valija: las competencias científicas. Como vimos, existen diferentes competencias cuyo desarrollo representa diverso grado de dificultad. El camino deberá incluir la tarea de desarrollar estos modos de mirar el mundo de manera paulatina. Nuestras actividades servirán para desarrollar inicialmente competencias más simples, como la observación, la clasificación y la descripción, para luego dar lugar a situaciones de trabajo sobre competencias más complejas, como las capacidades de explicar fenómenos, diseñar experimentos para poner a prueba una hipótesis, argumentar, entre otras.

Sin dudas habrá temas que resulten más propicios para el trabajo sobre competencias puntuales. Debemos estar atentos, entonces, a las potencialidades que brinda el trabajo sobre conceptos específicos para poder desarrollar ciertas competencias y descubrir estas “buenas sociedades” para la enseñanza.

Una vez que hayamos planteado el esqueleto de nuestra hoja de ruta, guiados por nuestros objetivos de enseñanza, nos quedará pensar en los recursos didácticos que podremos utilizar para avanzar en

ese recorrido. Aquí es (y no antes) donde pensaremos en las actividades, los textos y las situaciones de enseñanza que nos permitirán incorporar los conceptos y las competencias que hemos decidido abordar.

En este punto es donde también aparece la oportunidad de utilizar los recursos TIC en nuestra práctica. Debemos prestar atención, entonces, a las potencialidades que puede tener el trabajo a partir de un recurso digital en particular y de este modo sumarlo a la planificación. Buena parte de este libro está dedicada a este punto.

La idea es describir las potencialidades de recursos TIC para el trabajo sobre determinados contenidos de Biología (conceptuales y de competencias, claro está) para que los lectores puedan enriquecer su “mochila de recursos” con la cual planificar este maravilloso viaje de la enseñanza. Más adelante retomaremos este punto con mayor detalle.

La evaluación

La planificación también debe incluir un aspecto de suma importancia en la enseñanza: la evaluación. La evaluación es un insumo de enorme valor para el docente ya que nos permite reconocer el grado de avance de los estudiantes sobre el tema.

Sin embargo, muchas prácticas docentes sólo consideran la evaluación como una instancia de acreditación de saberes al final de la unidad. Y lo que es peor, suele ser un espacio en el que se deben poner en juego conceptos y no competencias. Siguiendo nuestra analogía, podríamos plantear que esta forma de trabajo es similar a encarar un viaje siguiendo un camino específico y tomar como única referencia el cuentakilómetros. El riesgo de esta actitud en un viaje es más que evidente. Si no miramos por la ventanilla y no buscamos orientación en carteles indicadores u otras referencias del terreno corremos grandes riesgos de equivocar el destino y terminar el viaje en un lugar incierto.

Nadie haría algo así cuando decide realizar un viaje, por supuesto. Sin embargo, esto es más que frecuente entre las prácticas de los docentes. Creemos importante estar atentos a las evidencias que nos indican cuál es el recorrido de los estudiantes en el trayecto que hemos trazado de antemano. En “los papeles” todo suena lindo; sin embargo, la realidad del aula puede indicar la necesidad de cambiar el rumbo a mitad del trayecto, desviarnos, tomar atajos, volver a visitar parajes que no han sido debidamente explorados y, por qué no, volver al comienzo para reiniciar el periplo una vez más.

Este chequeo permanente sólo es posible a través de distintas situaciones de evaluación a lo largo de la unidad. Las propuestas son muchas. Resulta indispensable definir de antemano cuáles serán los “carteles



Genética

INTRODUCCIÓN

En este capítulo abordamos contenidos relacionados con genética clásica y teorías cromosómicas de la herencia. La primera de las propuestas se basa en el uso de la pizarra digital (PDI) como una herramienta para fortalecer el trabajo de análisis de las investigaciones de Gregor Mendel en los inicios de la genética.

Luego incluimos una actividad recurriendo a líneas de tiempo sobre el desarrollo de los principios de la herencia, con el propósito de que los estudiantes avancen en la contextualización social e histórica de la producción científica.

Más adelante, presentamos un conjunto de opciones para el trabajo sobre cuadros de Punnett, herramientas de enorme valor para el estudio de cruzamientos. La oferta incluye recursos disponibles en Internet y propuestas para el desarrollo de cuadros en hojas de cálculo.

A continuación, se muestra una batería de actividades para el aprovechamiento de laboratorios interactivos de genética disponibles en la *web* y recursos para el armado de genealogías de caracteres.

Finalmente, presentamos una actividad basada en el trabajo sobre los centros Vavilov o centros de origen de las especies vegetales domesticadas mediante el uso del programa *Google Earth*.

TRAS LA LÓGICA DE LOS EXPERIMENTOS DE MENDEL

La serie de experimentos realizados por Gregor Mendel en los jardines del monasterio de Brunn, Austria, constituyen un valioso ejemplo de las etapas que definen una investigación científica. La rigurosidad en la elaboración de los diseños experimentales, el tratamiento numérico de los datos reunidos y su interpretación en el marco de un mecanismo explicativo que les dé sentido, son algunos de los aspectos que han caracterizado la serie de indagaciones que condujo al nacimiento de las leyes de la herencia.

Bucear en los detalles de la investigación de Mendel y reflexionar sobre el procedimiento experimental y los alcances de sus resultados puede ser una experiencia sumamente útil para



los estudiantes. El análisis sobre las variables controladas, la importancia del tamaño muestral para respaldar conclusiones, entre otros, son buenas excusas para reflexionar sobre las particularidades de la investigación científica en general.

En el análisis de estos temas, la pizarra multimedia (PDI) aparece como un recurso de enorme valor. La herramienta ofrece la posibilidad de ser utilizada como soporte de los aspectos que queremos destacar de nuestras clases, como si fuera un pizarrón común, sólo que, si el dispositivo se encuentra conectado a la *web*, ofrece además la posibilidad de acceder a un conjunto inagotable de recursos. Podremos utilizar fuentes bibliográficas, imágenes, videos, animaciones, archivos de audio, simuladores, entre otros.

A continuación, presentaremos una forma de utilizar el recurso de la pizarra multimedia, centrándonos en un posible abordaje a las investigaciones de Gregor Mendel sobre los patrones de la herencia en plantas de arvejas.

Pensamos esta propuesta como una alternativa válida, entre tantas otras, que se propone brindar oportunidades a los estudiantes de adentrarse en la lógica de una investigación científica. Los documentos curriculares de materias de ciencias naturales están plagados de ejemplos en los que podría ponerse en práctica este tipo de abordajes; la propuesta que vamos a presentar es igualmente aplicable a esos otros casos.

LA PRIMERA LEY DE MENDEL

Antes de comenzar a describir los procedimientos llevados a cabo por Mendel, vale la pena llamar la atención de los estudiantes sobre las preguntas que motivan sus investigaciones. Quizás, algunas de las incógnitas que se planteaba resolver serían: ¿Cómo se transmiten los caracteres de los padres a su descendencia? ¿La descendencia hereda una “mezcla” de caracteres de sus padres?

Se puede hacer referencia a que Mendel realizó sus investigaciones en plantas de arvejas comunes (*Pisum sativum*) e invitarlos a preguntarse sobre las razones de esta elección. ¿Por qué habrá elegido Mendel arvejas como modelo de estudio? Aquí será posible enumerar las razones proporcionadas por los estudiantes y luego contrastarlas con una búsqueda bibliográfica en la *web*. Probablemente, encontrarán que una de las razones es que la especie presenta variedades que difieren en características particulares, fácilmente observables (como el color de las flores, el color y la textura de las semillas, la altura de la planta, etc.). Otra razón es que la estructura de las flores permite controlar de manera estricta la fecundación de las plantas (más adelante se verá que este factor resulta

sumamente importante para la investigación). Además, en el momento en que Mendel realizó sus indagaciones, las plantas de arvejas se conseguían sin dificultad en mercados públicos.

A continuación, será necesario comentarles a los estudiantes que el abad cultivó estas plantas cruzando individuos semejantes entre sí, y que al cabo de muchas generaciones de cruzamientos dirigidos, obtuvo *líneas puras*, es decir, grupos de individuos que producían descendencia homogénea. Así logró que cada línea pura sólo produjera descendientes con una sola de las variantes de cada carácter elegido. Por ejemplo, una línea pura estaba formada por plantas que sólo producían semillas amarillas, otra línea pura estaba integrada por plantas que siempre producían flores violetas, otra por plantas que siempre daban lugar a semillas rugosas, etc.

En este punto, puede presentar a los estudiantes una tabla con los caracteres que Mendel estudió. Esas imágenes permitirán que los alumnos comprendan que los caracteres sobre los cuales Mendel realizaría sus investigaciones eran fácilmente observables a simple vista. Es común, entre los estudiantes, sostener la idea de que las investigaciones genéticas sólo se producen a través del uso de sofisticados equipamientos, como microscopios electrónicos, por ejemplo. Comprobar que el conjunto de principios de la herencia, que constituyen verdaderos pilares de la biología moderna, ha sido construido a partir de una serie de experimentos con plantas de arvejas puede ser una buena forma de revisar estas ideas.

Aquí será conveniente mencionar que Mendel procedió al cruzamiento de variedades puras (hibridación), concentrándose en un carácter específico por vez. Puede presentar una animación que ilustre el procedimiento realizado por el monje.

Dentro del conjunto de características que concentrarán el foco de nuestra indagación, también es fundamental determinar cuáles de las situaciones que pueden manifestarse dentro de un marco de posibilidades—comúnmente llamadas variables—permanecerán fijas, sin cambios, y cuáles cambiarán. Si todas las variables se modifican a la vez, no se puede concluir que el fenómeno estudiado responde a la alteración de una variable, a la otra o a la conjunción de ambas. En consecuencia, vale la pena reflexionar junto con los estudiantes sobre el hecho de que la validez de las conclusiones a las que arribaremos mediante un



Todo experimento parte de una pregunta y, sin ella, un conjunto de actividades empíricas pierde sentido didáctico. Es importante que los estudiantes tengan presentes las preguntas que en las diferentes etapas de la investigación se busca responder. Puede, por ejemplo, escribirlas en un lugar de la pizarra y dejarlas visibles durante el desarrollo de los temas a lo largo de la clase.



Semilla		Flor	Vaina		Tallo	
Forma	Cotiledones	Color	Forma	Color	Lugar	Tamaño
						
Gris y redondo	Amarillo	Blanco	Lleno	Amarillo	Vainas axiales; las flores crecen a lo largo.	Largo (~3 m)
						
Blanco y arrugado	Verde	Violeta	Constreñido	Verde	Vainas terminales; las flores crecen arriba.	Corto (~30 cm)
1	2	3	4	5	6	7

Tabla de los caracteres de arvejas estudiados por Mendel.



En cualquier experimento es importante controlar las variables en juego. Cuando buscamos hallar una explicación a un fenómeno determinado, debemos hacer un recorte de la realidad. Resulta importante en este punto discernir qué aspectos de la realidad serán fundamentales para comprender el fenómeno que investigamos y cuáles resultan triviales.



experimento se sustenta, en parte, en la elección de las variables que cambiarán y las que permanecerán constantes.

Una de las características estudiadas por Mendel fue el color de las semillas. Éstas presentaban dos patrones de coloración: amarillo y verde. Centraremos el desarrollo de nuestra exposición en la investigación sobre este carácter, aunque es bueno aclarar que Mendel repitió estas mismas investigaciones en cada uno de los seis restantes. El monje tomó plantas de líneas puras con semillas amarillas y con semillas verdes y las cruzó entre sí. El resultado del cruzamiento indicó que la primera generación, llamada *F1* (la llamó *F* por ser la “generación filial”, que se diferenciaba de la parental, o generación *P*), eran homogéneas respecto del carácter considerado; en este caso, observó que todas las semillas eran amarillas.

Ésta es una buena oportunidad de acompañar la exposición con esquemas que permitan representar los procedimientos llevados a cabo hasta aquí.

Experimentos de Mendel

Cruzamiento de líneas puras **F1**

F1

Línea pura de semillas amarillas
x
Línea pura de semillas verdes

Todas las semillas son amarillas

¿Por qué toda la descendencia presenta semillas amarillas, si los padres tienen semillas amarillas y verdes?

Ampliar pizarra

¿Por qué toda la descendencia mostraba el mismo carácter si los padres eran diferentes para este mismo carácter? En este caso particular, debe asegurarse que los estudiantes puedan pensar y realizar conjeturas sobre el hecho, con el objetivo de comprender la relevancia de la observación dentro de la investigación de Mendel.

Luego Mendel dejó que las plantas híbridas de la F1 se autofecundasen. En la siguiente generación, que denominó F2, aparecieron semillas amarillas y verdes. Será interesante remarcar a los estudiantes que este resultado es un dato llamativo que no contaba con una explicación adecuada en la época de Mendel. Las semillas verdes parecían saltar una generación para volver a aparecer en la siguiente.

Será conveniente, a esta altura, completar los esquemas de la pizarra, explicitando claramente las preguntas irresueltas hasta este punto.

Ilustración de la pizarra que muestra el cruzamiento de líneas puras. Plantas de arvejas con flores violetas, junto a cada una de ellas, semillas verdes y amarillas. El resultado del cruzamiento muestra plantas con semillas amarillas.



Vale la pena detenernos en las preguntas surgidas a partir de una parte del experimento. La pausa resulta propicia para asegurarnos de que los estudiantes estén siguiendo la lógica de las experiencias.



Experimentos de Mendel

Cruzamiento de híbridos F1

Autofecundación de F1

3/4 de semillas amarillas

1/4 de semillas verdes

F2

¿Por qué las semillas verdes reaparecen en la F2?

El diagrama ilustra el experimento de Mendel con guisantes. Se muestra un guisante de la generación F1 que se autofecunda. El resultado es la generación F2, que produce 3/4 de semillas amarillas y 1/4 de semillas verdes. El diagrama incluye una barra de herramientas de navegación en la parte inferior derecha.

¿Qué hizo el abad cuando se encontró con estos datos? En principio, buscó regularidades que sugirieran algún principio de herencia a considerar. En otras palabras, Mendel buscó un patrón en la descendencia de los híbridos. Considerando las cantidades de individuos con los caracteres seleccionados, el científico reconoció que las variedades guardaban una relación sugerente. Mendel decidió calcular la relación entre la cantidad de plantas con semillas amarillas y la cantidad de plantas con semillas verdes en la F2 y halló que la relación entre ellas era de 3:1, es decir, por cada tres plantas de semillas amarillas, una mostraba semillas verdes.

Es posible buscar en Internet los valores reales de los resultados de los experimentos de Mendel y representarlos con esquemas y dibujos que permitan una aproximación más adecuada a los resultados. Procure que las preguntas permanezcan a la vista, ya que constituyen la guía de las investigaciones.

Mendel dedujo que la generación F1 recibe de sus padres la capacidad de producir semillas amarillas o semillas verdes. Sin embargo, una de las variantes (semillas verdes) no se expresa. Para designar este fenómeno, Mendel



Es necesario destacar que en ciencia la búsqueda de regularidades y relaciones entre variables es el punto de partida del desarrollo de teorías. El análisis de un conjunto de situaciones particulares puede conducir a la formulación de explicaciones generales, que son las que mayor valor explicativo tienen.



utilizó los términos *dominante* para referir a la variante que expresa en la F1 y *recesiva*, para nombrar a la que queda oculta en la F1 y reaparece en la F2.

La presentación del cuadro de Punnet con los resultados de las combinaciones de alelos postuladas por Mendel y su análisis servirá para mostrar a los estudiantes las conclusiones sobre las observaciones: encontró la misma relación en la F2 de híbridos en otros seis caracteres.

Mendel se preguntó si las plantas de la F2 con semillas amarillas eran todas iguales.

Pensó que era posible que estas plantas no fueran completamente puras, sino que también escondieran el carácter verde, si las plantas con semillas amarillas escondían la variante verde, dicha variante tendría que aparecer en la siguiente generación. Así fue que el científico decidió volver a efectuar un nuevo cruzamiento. En este caso, permitiría que las plantas de semillas amarillas se autofecunden.

Los resultados de este nuevo cruzamiento confirmaron el supuesto. Encontró que un tercio de las plantas producían semillas amarillas y las llamó *amarillas puras*. El resto, los otros dos tercios, producían plantas con semillas amarillas y verdes en una relación de tres amarillos por cada verde. A estas plantas las llamó *amarillas impuras*. En otras palabras, de las plantas con semillas amarillas de la F2, $1/3$ eran como la línea pura parental amarilla y $2/3$ eran como los amarillos de la F1, es decir, producían semillas amarillas y verdes en una relación 3:1.

Los resultados de los cruzamientos llevaron a Mendel a distinguir entre la constitución genética de los individuos, es decir, lo que hoy llamamos el *genotipo*, y la expresión visible de esta constitución, o sea, su *fenotipo*.

En línea con lo expuesto unos párrafos atrás, Mendel formula un nuevo mecanismo explicativo para dar sentido a sus observaciones. De ahí surge la necesidad de distinguir entre los caracteres heredados y las manifestaciones de esos caracteres (genotipo y fenotipo, respectivamente). Vale la pena subrayar que este abordaje secuenciado de la investigación invierte la lógica con la que suele presentarse el tema. Elegimos no comenzar por definir la terminología específica (genotipo y fenotipo), sino que explicitamos la secuencia de observaciones e ideas que dieron sentido a estas observaciones y a la construcción de estos conceptos

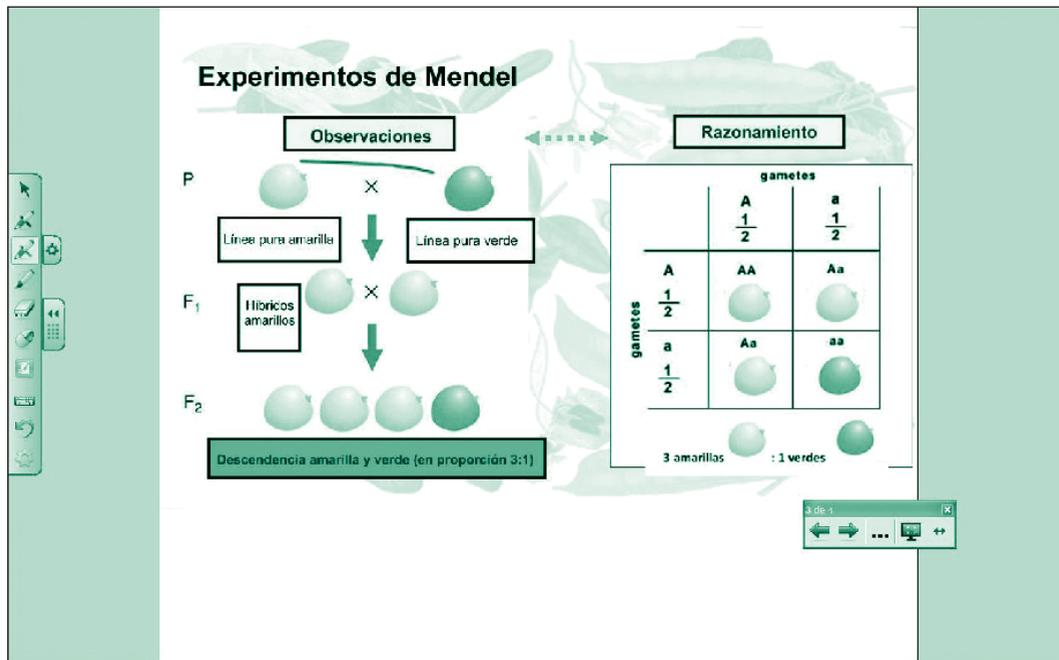


La lógica de trabajo seguida en esta propuesta, sobre la dilucidación de los mecanismos de la herencia, es absolutamente aplicable a cualquier otro tema científico: partimos de un fenómeno, desarrollamos una idea para la explicación del fenómeno y, finalmente, introducimos los términos para designar esta idea.



y, en última instancia, se introdujo la terminología (definiciones de cada uno de las “palabras nuevas”).

En la F1 sólo se observaba un fenotipo: las plantas de semillas amarillas. En cambio, en la F2 se observaban los dos fenotipos: semillas amarillas y verdes. Mendel comprobó que las plantas de F2 no eran todas iguales mediante el autocruzamiento de ejemplares de esta generación. Utilizando la notación “A” para la variante dominante (amarilla) y “a” para la variante recesiva (verde), es posible representar los genotipos de la F2. El genotipo AA corresponde a plantas con semillas amarillas puras y el genotipo Aa corresponde a las plantas con semillas amarillas impuras. El genotipo aa correspondería entonces a las plantas con semillas verdes.



Entonces, en la F2 hay dos fenotipos, amarillo y verde, pero tres genotipos, que se denominan homocigota dominante (AA), homocigota recesiva (aa) y heterocigota (Aa). Las relaciones que guardan los fenotipos, entonces, es de 3:1, lo cual nos permite definir las proporciones fenotípicas, es decir $\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{4}$. A su vez, los genotipos de la F2 guardan entre sí una relación 1:2:1, lo cual nos permite definir las proporciones genotípicas, es decir, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$.

Finalmente, sería importante explicar a los estudiantes que hoy llamamos *genes* a los factores mendelianos y denominamos *alelos* a las diferentes variantes génicas de un carácter. Cada individuo tiene dos alelos para cada gen y dichos alelos se separan durante la meiosis. En consecuencia, cada gameto es portador de un solo alelo de cada gen y, luego de la fecundación, se combinan los dos alelos de cada gen, uno proveniente de cada progenitor.

Volvemos a retomar un punto de especial interés en el quehacer científico. Las explicaciones de casos puntuales, como el caso de las arvejas, tienen un alcance limitado. Si bien son valiosas para el desarrollo de la ciencia, no lo son tanto como aquellas de alcance más general.

Los factores hereditarios se encuentran de a pares y segregan (se separan) al formarse los gametos. De este modo, Mendel arribó a la *ley de segregación* (también conocida como primera ley de Mendel): los dos miembros de cada par de alelos que posee un individuo en cada uno de sus genes se separan en los gametos de cada individuo.

Puede detenerse aquí a destacar esta idea en la pizarra. A continuación, avanzará en nuevos razonamientos a partir de esta idea y, por lo tanto, será útil tenerla escrita en algún lugar de la pizarra.

LA SEGUNDA LEY DE MENDEL

Llegado a este punto, será interesante relatar a los estudiantes el modo en que Mendel decide continuar con la investigación agregando una nueva variable a sus experimentos: considerar la textura de la semilla junto con la variación de color (cruzamiento dihíbrido).

En este caso, Mendel había encontrado una explicación para la distribución de alelos para un carácter determinado durante la reproducción, pero se preguntaba si era válida para la segregación de los alelos para dos caracteres: ¿será o no será independiente? Ahora buscaba entender si la distribución de los alelos de dos caracteres entre los gametos parentales estaba condicionada por la presencia del otro.



*Las investigaciones de Mendel no resultan revolucionarias por haber dilucidado los mecanismos de la herencia en *Pisum sativum*, sino porque son "principios organizadores" de la concepción de la herencia en muchos otros grupos de seres vivos. Resulta sumamente enriquecedor para los estudiantes llegar a comprender las diferencias entre este tipo de explicaciones científicas.*



Dada una explicación a un fenómeno que parece ser válida para un caso específico, estudiar qué sucede con esta explicación en otro caso más general es una buena forma de introducir una idea fundamental en la lógica de la investigación científica.



Trabajó con dos líneas puras, plantas con semillas lisas y verdes (RRaa) y plantas con semillas rugosas y amarillas (rrAA) y en el cruzamiento de estas dos líneas puras obtuvo una F1 homogénea, con un fenotipo correspondiente al tipo dominante de cada carácter; en este caso, liso y amarillo. Cuando permitió que las plantas de la F1 se autofecundaran, observó una F2 que mostraba plantas con semillas amarillas y lisas, amarillas y rugosas, verdes y lisas, y verdes y rugosas. ¿Cómo se puede interpretar esta observación?

A esta altura es interesante proponerles a los estudiantes que, basados en las conclusiones que han construido hasta aquí, traten de explicar las observaciones de Mendel. Inclusive, puede sugerirles el armado de los cuadros de Punnet correspondientes a las dos situaciones que están considerando: ¿La segregación de los dos caracteres es o no independiente?

Puede invitar a los estudiantes a armar los cuadros esperados en cada una de las situaciones. El software asociado a las pizarras de la firma *Smart* cuentan con recursos que permiten elaborar herramientas para el trabajo de los estudiantes basadas en el concepto de actividades *drag and drop*, es decir “arrastrar y pegar”. Se trata de actividades en las cuales los estudiantes pueden seleccionar imágenes con el cursor y colocarlas dentro de espacios predeterminados previamente, validados por quien desarrolla la actividad. Esto facilitará la tarea de los estudiantes, quienes no tendrían que escribir o dibujar las combinaciones posibles, sino que deberían armarla a partir de una batería de opciones previamente armada por el docente, tal como si se tratase de fichas con imanes que deben pegarse sobre una pizarra magnética.

A partir del análisis de los cuadros se puede determinar qué resultados se esperan en un uno u otro caso. Estos cuadros constituyen una forma de presentar las predicciones asociadas a las hipótesis que se están poniendo en juego.

Una forma de presentar esta parte de la investigación con claridad es mostrar las posibilidades en un cuadro o tabla.



Es recomendable ser exhaustivos en el avance de la exposición, de manera que tengamos oportunidad de detectar si los estudiantes están acompañándonos en la lógica de la argumentación que estamos proponiendo.



<p>La hipótesis 1 puede ser que la segregación de los caracteres es independiente.</p>	<p>La hipótesis 2, que la segregación de los caracteres no es independiente.</p>																																												
<p>La predicción asociada a la primera hipótesis indica que en la F2 observaremos el patrón 9:3:3:1. En otras palabras, esperamos plantas con semillas amarillas rugosas, amarillas lisas, verdes rugosas y verdes lisas.</p>	<p>La predicción asociada a la segunda hipótesis indica que la F2 mostrará un patrón 3:1 para los dos caracteres. Fenótipicamente hablando, esperaríamos obtener plantas con semillas amarillas y rugosas, y verdes y lisas, solamente.</p>																																												
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2"></th> <th colspan="4">Gametos masculinos</th> </tr> <tr> <th>AR</th> <th>Ar</th> <th>aR</th> <th>ar</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th rowspan="4">Óvulos</th> <th>AR</th> <td>AARR</td> <td>AARr</td> <td>AaRR</td> <td>AaRr</td> </tr> <tr> <th>Ar</th> <td>AARr</td> <td>AArr</td> <td>AaRr</td> <td>Aarr</td> </tr> <tr> <th>aR</th> <td>AaRR</td> <td>AaRr</td> <td>aaRR</td> <td>aaRr</td> </tr> <tr> <th>ar</th> <td>AaRr</td> <td>Aarr</td> <td>aaRr</td> <td>aarr</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Proporción fenotípica 9:3:3:1</p>			Gametos masculinos				AR	Ar	aR	ar	Óvulos	AR	AARR	AARr	AaRR	AaRr	Ar	AARr	AArr	AaRr	Aarr	aR	AaRR	AaRr	aaRR	aaRr	ar	AaRr	Aarr	aaRr	aarr	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2"></th> <th colspan="2">Gametos masculinos</th> </tr> <tr> <th>AR</th> <th>ar</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th rowspan="2">Óvulos</th> <th>AR</th> <td>AARR</td> <td>AaRr</td> </tr> <tr> <th>ar</th> <td>AaRr</td> <td>aarr</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Proporción fenotípica 3:1</p>			Gametos masculinos		AR	ar	Óvulos	AR	AARR	AaRr	ar	AaRr	aarr
			Gametos masculinos																																										
		AR	Ar	aR	ar																																								
Óvulos	AR	AARR	AARr	AaRR	AaRr																																								
	Ar	AARr	AArr	AaRr	Aarr																																								
	aR	AaRR	AaRr	aaRR	aaRr																																								
	ar	AaRr	Aarr	aaRr	aarr																																								
		Gametos masculinos																																											
		AR	ar																																										
Óvulos	AR	AARR	AaRr																																										
	ar	AaRr	aarr																																										

El primer cruzamiento de variedades puras para cada carácter debería producir individuos híbridos, es decir RrAa. Los gametos que estos híbridos producirían pueden ser: RA, Ra, rA o ra. Si se estudia el cruzamiento de los híbridos considerando las variantes de cada gameto, se observan los siguientes resultados:

Experimentos de Mendel

		♂ gametos			
		R Y $\frac{1}{4}$	R y $\frac{1}{4}$	r Y $\frac{1}{4}$	r y $\frac{1}{4}$
♀ gametos	R Y $\frac{1}{4}$	RR YY $\frac{1}{16}$ 	RR Yy $\frac{1}{16}$ 	Rr YY $\frac{1}{16}$ 	Rr Yy $\frac{1}{16}$
	R y $\frac{1}{4}$	RR Yy $\frac{1}{16}$ 	RR yy $\frac{1}{16}$ 	Rr Yy $\frac{1}{16}$ 	Rr yy $\frac{1}{16}$
	r Y $\frac{1}{4}$	Rr YY $\frac{1}{16}$ 	Rr Yy $\frac{1}{16}$ 	rr YY $\frac{1}{16}$ 	rr Yy $\frac{1}{16}$
	r y $\frac{1}{4}$	Rr Yy $\frac{1}{16}$ 	Rr yy $\frac{1}{16}$ 	rr Yy $\frac{1}{16}$ 	rr yy $\frac{1}{16}$

9 : 3 : 3 : 1

Lisas y amarillas Rugosas y verdes
 Lisas y verdes Rugosas y verdes

¿Cómo es que se producen las proporciones 9:3:3:1?

Am. Andúrs

¿Cómo es que se producen las proporciones 9:3:3:1? Analicemos solamente el carácter de la textura de la semilla. Si se cuentan los individuos de la tabla anterior, se observa que por cada 12 plantas con semilla lisa hay 4 plantas con semilla rugosa, es decir, están en una proporción de $12/4 = 3:1$.

Si se consideran simultáneamente dos caracteres, los diferentes fenotipos resultantes guardan entre sí una combinación de las proporciones de cada carácter por separado. 9:3:3:1 es la combinación de las dos relaciones 3:1.

Aquí puede abrir una hoja de cálculo y averiguar las probabilidades para que los estudiantes logren comprender el origen de las proporciones observadas.

Los resultados permiten concluir que los alelos se distribuyen por separado, de manera independiente. En otras palabras, la presencia de uno no condiciona la segregación del otro.

De esta manera, Mendel estableció el segundo principio de la herencia, la *Ley de distribución independiente* (o segunda ley de Mendel): cada par de alelos se segrega de manera independiente de los otros pares de alelos durante la formación de un gameto. Tal y como hicimos en el caso anterior, consideramos que es importante detenerse a destacar esta idea.

Finalmente, puede recapitular sobre lo trabajado hasta aquí, con el propósito de remarcar las características que definieron la investigación:

- Mendel parte de un conjunto de preguntas.
- Elige una especie sobre la cual realizar sus investigaciones.
- Decide concentrarse en un conjunto de variables.
- Realiza experimentos rigurosos.
- Interpreta los resultados.
- Razona y propone una explicación al fenómeno observado consistente con dichos resultados (responde su pregunta inicial).

MECANISMOS DE LA HERENCIA

Es sabido que Mendel tuvo la fortuna de elegir un modelo experimental que resultó ideal para establecer los mecanismos de la herencia (la planta de arvejas). Cada uno de los siete caracteres que el investigador consideró es regulado por un único gen, que se encuentra en distintos cromosomas y que presenta dominancia completa de uno de sus alelos. Sin embargo, estudios posteriores al que estamos abordando permitieron reconocer otros patrones de la herencia más complejos.

Una vez que haya explorado en detalle los alcances de los postulados de Mendel y que los estudiantes hayan aplicado estas leyes en la

interpretación de un conjunto de casos que ilustren la herencia de caracteres mendelianos, puede complejizar el abordaje explayándose en el conjunto de casos que no se explican bajo los postulados de las leyes de Mendel. Sólo entonces tendrá sentido analizar los casos que se alejan de los principios mendelianos y que sólo adquieren sentido a la luz de los aportes de numerosos científicos que sucedieron al investigador austríaco. Estos son: el espectro de dominancia (con sus posibilidades, la dominancia completa, la codominancia y la dominancia incompleta), los genes ligados, y la recombinación o *crossing-over*.

No abundaremos aquí sobre los detalles de cada uno de estos patrones de herencia no mendelianos, ya que hacerlo excede los propósitos de esta obra; sin embargo, puede profundizar sobre ellos en cualquier texto de biología. Sí vale preguntarnos y preguntarles a los estudiantes qué hubiese sucedido si los caracteres estudiados en las arvejas se heredaran de acuerdo con algunos de estos patrones no mendelianos. ¿De qué forma habrían influido en las conclusiones de Mendel? ¿Habría arribado al segundo principio, el de la segregación independiente si se hubiera concentrado en dos caracteres ligados?

Nuevamente, las posibilidades que brinda la pizarra interactiva acercan un abanico de opciones sumamente enriquecedoras. Puede presentar ejemplos de los casos mencionados obtenidos en diferentes páginas de la *web*, con imágenes ilustrativas e información complementaria.



Si los estudiantes logran razonar las implicancias de estas situaciones, tendremos buenas razones para pensar que han comprendido el tema en profundidad, puesto que no sólo aplicarían los conceptos abordados para la situación en la que han sido explicados sino que también lo estarían aplicando en contextos nuevos.



EL TRABAJO DE RECUPERACIÓN DE LO APRENDIDO POR LOS ESTUDIANTES

El registro de los estudiantes sobre lo aprendido es un indicador del grado de comprensión del tema por parte de ellos. Es importante que dediquemos un tiempo considerable de nuestras planificaciones a actividades que inviten a los estudiantes a realizar producciones propias que nos permitan evaluar sus niveles de aprendizaje sobre los contenidos y las competencias. La producción de presentaciones suele ser una oportunidad propicia para que los estudiantes puedan compartir con sus pares los aprendizajes alcanzados en el transcurso de la unidad.



Ya sea en los tradicionales formatos de presentación, como el *Microsoft PowerPoint*, el *Impress* de *OpenOffice*¹, o el novedoso *Prezi*², que hemos presentado en el capítulo anterior, cabe recordar los aspectos relevantes en una presentación multimedia. Como ya hemos dicho, los elementos que definen una buena presentación no sólo tienen que ver con los recursos visuales que los estudiantes sean capaces de aplicar a sus producciones. Se trata de que los estudiantes adquieran un conocimiento del tema para poder reconocer cuáles son los aspectos que vale la pena destacar, cuáles aquellos cuya comprensión podría verse facilitada con soportes visuales o sonoros, qué puntos son más complejos y por lo tanto requieren especial atención y explicaciones complementarias, etc.



La producción de presentaciones, como cualquier otra forma de registro personal, ofrece la posibilidad de que el docente acceda a elementos objetivos que le permitan evaluar el grado de adquisición de los conceptos y competencias, por parte de los estudiantes, que integran los objetivos de enseñanza.



En la siguiente dirección (<http://prezi.com/qyt5ey4odu8k/las-leyes-de-mendel/>) encontrará un ejemplo de presentación de los contenidos abordados en la presente sección. En ella encontrará los aspectos clave de la investigación, que servirán como una guía de los puntos que las presentaciones de sus estudiantes deberán tener.

Año: 1.º - 2.º - 3.º		Duración de la actividad: 2 a 3 clases
<u>Requerimiento técnico:</u> Ninguna máquina en el aula ✓ Al menos, 1 máquina en el aula 1 máquina por estudiante	<u>Conectividad:</u> ✓ Con acceso a Internet Sin acceso a Internet	<u>Recursos informáticos a utilizar:</u> Microsoft PowerPoint, Impress OpenOffice o similar. http://prezi.com Pantalla digital para la presentación (PDI)

LÍNEAS DE TIEMPO SOBRE EL DESARROLLO DE LOS PRINCIPIOS DE LA HERENCIA

La serie de descubrimientos que dieron lugar a la dilucidación de los mecanismos de la herencia responden a un conjunto de sucesos cuyo análisis brinda oportunidades atractivas de trabajar sobre la dimensión histórica y social de la ciencia.

Un segundo nivel de análisis sobre las investigaciones del abad austríaco que hemos abordado en las páginas anteriores puede situarnos frente al conjunto de factores históricos que influyeron sobre su producción, así como el análisis de hechos sobre los cuales los principios de Mendel influyeron en determinados momentos de la historia.

1 <http://es.openoffice.org/>

2 <http://prezi.com/index/>

Mendel publicó las conclusiones de sus experimentos con arvejas en un trabajo titulado “Experimentos con plantas híbridas”, en la revista de la Sociedad de Historia Natural de Brünn, en 1866. Durante varias décadas, las leyes de Mendel fueron ignoradas por casi toda la comunidad científica. Podría suponerse que las conclusiones del austriaco no realizaban grandes aportes a la investigación científica de aquel entonces, sin embargo, los hechos muestran que esto no es así. Los principios de la herencia propuestos por Mendel fueron confinados al olvido durante décadas en las que diversas áreas de la biología; precisamente, buscaba denodadamente explicaciones concluyentes sobre los mecanismos de la herencia. Entre ellas, nada menos que la evolución, quizás, el principio organizador de la ciencia de la vida.

En 1858, Charles R. Darwin y Alfred R. Wallace presentaron la teoría de evolución por selección natural. Según la misma, los individuos de una población manifiestan diferencias que pueden resultar ventajosas en la lucha por sobrevivir y reproducirse; si estas diferencias eran heredables, los individuos de la descendencia que las presentaran, detentarían ventajas en la “lucha por la supervivencia”. La herencia era un punto clave para la teoría de selección natural. Sin embargo, ni Darwin ni Wallace lograron formular una explicación aceptable para este mecanismo. Darwin apoyaba una teoría que afirmaba que el material hereditario de los padres se mezclaba durante la fecundación (como si fueran dos líquidos) y que los caracteres de la descendencia eran el producto de esta mezcla. Esta teoría era conocida con el nombre de *herencia mezcladora*.

Si se considera válida la explicación a la que Darwin adhirió, la descendencia debería mostrar caracteres más tenues respecto de sus padres, como si estos se diluyeran. Luego de varias generaciones, la población sería uniforme respecto de esta característica. La experiencia indicaba que esto no era así.

Este punto concentró muchas críticas hacia la revolucionaria teoría evolutiva y debieron transcurrir largos años hasta que una explicación clara sobre la herencia lograra salir a la luz.

¿Qué hubiera sucedido si Mendel y Darwin hubieran dialogado sobre sus investigaciones? Aunque los dos investigadores fueron contemporáneos, nunca se conocieron. Gregor Mendel había leído la teoría evolutiva de Charles Darwin y la encontró muy interesante; sin embargo, el último no conoció los postulados del religioso austriaco. Darwin murió sin haber encontrado una respuesta superadora a la teoría de *herencia mezcladora*. Hay quienes afirman que el desarrollo de la biología se habría acelerado enormemente si el abad austriaco y el naturalista

INTEGRACIÓN DE LA TECNOLOGÍA EDUCATIVA EN EL AULA

Enseñando BIOLOGÍA con las TIC

Los docentes que recién se inician en la integración de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) a su práctica profesional, necesitan recursos tecnológicos adecuados, esperan recibir una capacitación intensiva, tanto instrumental como pedagógica, y reclaman tiempo para la ejercitación, la práctica, la planificación y la evaluación de sus nuevas habilidades. Pero, por sobre todo, demandan razones de peso para emprender un cambio que los alejará inexorablemente de las didácticas tradicionales en las que fueron formados y que, para tener un cabal sentido, deberá dar origen a nuevas y transformadoras prácticas de aula.

Este libro procura transmitir a los docentes una idea sencilla: que la integración de TIC a la enseñanza es posible y puede alcanzarse con naturalidad si se respetan los más básicos principios de la pedagogía, en particular aquél que señala que *"A hacer se aprende haciendo"*.

Plena de recursos actualizados y estrategias concretas, la presente obra ha sido concebida para motivar y acompañar a los educadores en el proceso de integrar las TIC a sus labores cotidianas, una tarea ineludible en los tiempos que corren. Asimismo, podrán obtener material adicional de los contenidos correspondientes a esta disciplina en www.cengage.com/tecnologiaeducativa



www.cengage.com

ISBN 978-987-1486-72-4



9 789871 486724