



EL PROCESO MEIÓTICO DESDE LA IMAGEN. UN ANÁLISIS EN TEXTOS UNIVERSITARIOS

The meiotic process from the image. An analysis of university textbooks

O processo meiótico desde a imagem. Uma análise em textos universitários

Teresa Legarralde*
 Graciela Merino**
 Guillermina Marcos-Lorenzón***
 Alfredo Vilches****

Fecha de recepción: 24 de agosto de 2020
 Fecha de aprobación: 20 de diciembre de 2020

Cómo citar este artículo

Legarralde, T., Merino, G., Marcos-Lorenzón, G. y Vilches, A. (2021). El proceso meiótico desde la imagen. Un análisis en textos universitarios. *Bio-grafía*, 14(26). <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.vol.14.num26-14358>

Resumen

Este escrito expone los resultados del análisis realizado a cinco libros de texto (categorizados como básicos y complejos), destinados a la enseñanza superior, respecto a las imágenes que se utilizan en ellos para representar el proceso de meiosis. Los libros fueron seleccionados por ser empleados como fuente de consulta habitual por estudiantes del profesorado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de La Plata (Argentina). La investigación se realizó considerando un abordaje cualitativo de las imágenes utilizadas; el instrumento aplicado permitió caracterizar a las representaciones gráficas según la taxonomía elaborada considerando la iconicidad de las imágenes, su relación con el texto principal, su funcionalidad y las características de las etiquetas verbales.

-
- * Laboratorio de Investigación e Innovación en Educación en Ciencias Exactas y Naturales. Instituto de Investigaciones en Humanidades y Ciencias Sociales (IDIHCS) (FAHCE/UNLP-CONICET). Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, UNLP. Buenos Aires, Argentina. Orcid: orcid.org/0000-0002-1100-7238
- ** Departamento de Ciencias Exactas y Naturales. Maestría y especialización en Educación en Ciencias Exactas y Naturales Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, UNLP. Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: graciellammerino@gmail.com. Orcid: orcid.org/0000-0002-6591-0318
- *** Maestría y especialización en Educación en Ciencias Exactas y Naturales. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, UNLP. Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: guillemarmol@yahoo.com. Orcid: orcid.org/0000-0002-0045-522X
- **** Laboratorio de Investigación e Innovación en Educación en Ciencias Exactas y Naturales. Instituto de Investigaciones en Humanidades y Ciencias Sociales (IDIHCS) (FAHCE/UNLP-CONICET). Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, UNLP. Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: alfrevilches@yahoo.com. Orcid: orcid.org/0000-0001-7268-3371

Se encontró que, con respecto a la iconicidad, los dibujos figurativos y esquemáticos con signos o símbolos son utilizados como representaciones no textuales en ambos grupos de textos, pero con más diversidad en los textos básicos. Sobre la relación con el texto principal, en textos básicos es connotativa o denotativa, en cambio en textos complejos a estas dos se suma la sinóptica. En cuanto a las etiquetas verbales, en ellas prevalecen las nominativas y relacionales.

Palabras clave: libros de texto; alumnos universitarios; división meiótica; imágenes.

Abstract

This paper presents the result of the analysis carried out on the images used in five higher education textbooks (categorized as basic and complex) to represent the meiotic process. They were selected as being used as a regular source of consultation by Biological Science Teacher Training students from La Plata National University (Argentina). The research was conducted considering a qualitative approach to the images used; the instrument applied allowed to characterize the graphic representations according to the taxonomy elaborated which considered the iconicity of the images, their relationship with the main text, their functionality and the characteristics of verbal labels. It was found that, with respect to iconicity, figurative and schematic drawings with signs and/or symbols are used as non-textual representations in both groups of texts, but with more diversity in the basic texts. Regarding the relationship with the main text, in basic text is connotative or denotative, whereas in complex texts the synoptic is added to these two. As for verbal labels, nominative and relational labels prevail

Key words: textbooks; university students; meiotic division; images.

Resumo

Este artigo expõe os resultados da análise realizada em cinco livros de texto (categorizados como básicos e complexos), destinados ao ensino superior, respeito às imagens neles utilizadas para representar o processo de meiose. Os livros foram selecionados porque são usados como fonte de referência regular pelos alunos da faculdade de Ciências Biológicas da Universidade Nacional de La Plata (Argentina). A pesquisa realizou-se considerando uma abordagem qualitativa das imagens utilizadas; o instrumento aplicado permitiu caracterizar as representações gráficas de acordo com a taxonomia elaborada considerando a iconicidade das imagens, sua relação com o texto principal, sua funcionalidade e as características dos rótulos verbais. Encontrou-se que, em relação à iconicidade, os desenhos figurativos e esquemáticos com signos e/ou símbolos são utilizados como representações não textuais em ambos os grupos de textos, mas com maior diversidade nos textos básicos. Sobre a relação com o texto principal, nos textos básicos é conotativo ou denotativo, enquanto nos textos complexos a estes dois é adicionado o sinótico. Quanto aos rótulos verbais, prevalecem os rótulos nominativos e relacionais.

Palavras-chave: livros de texto; estudantes universitários; divisão meiótica; imagens.



Fundamentación

Las investigaciones actuales en didáctica de la biología se constituyen como un escenario propicio para realizar diversos estudios que aporten información relativa al tratamiento de determinados temas y su influencia en los procesos de enseñanza y aprendizaje en el nivel universitario. En este sentido, uno de los campos que crea expectativas al respecto es el área de la genética, integrada por nociones complejas que resultan de difícil comprensión para los estudiantes; entre ellas, el proceso de división meiótica representa uno de los puntos de conflicto, tal vez debido tanto a la naturaleza abstracta como al carácter polisémico del mismo y las distintas dimensiones conceptuales que subsume. Si bien este es un campo en el que se han detectado y estudiado dificultades y obstáculos, distintos referentes teóricos señalan la necesidad de continuar profundizando sobre los variados aspectos que influyen en los aprendizajes y en la comprensión de estos temas en los diferentes niveles educativos.

En esta línea, son diversas las investigaciones que indican que las ideas de los alumnos frente a estos temas responden a factores de diversa índole: ausencia de conocimientos previos, complejidad y abstracción de los temas, confusión de términos, dificultades en el uso de terminología específica, influencia del discurso docente o del abordaje realizado en los textos, entre otros (González y Rossi, 2014; Klautau *et al.*, 2009; Legarralde *et al.*, 2012; Azeglio *et al.*, 2015). Esto sugiere que las características que se detectan pueden ser producto de una comprensión inadecuada de los contenidos impartidos en la enseñanza en algún nivel. Como se observa, los factores mencionados son de muy diferente naturaleza unos con respecto a los otros, de aquí la complejidad de su abordaje en la búsqueda de resultados positivos en los procesos de enseñanza y aprendizaje, opinión compartida por muchos autores de referencia (Ayuso y Banet, 2002; Gagliardi, 1986; Giordan y De Vecchi, 1988; Morin, 1999, entre otros). Por lo expuesto, dado que siguen siendo la fuente de estudio habitual, resulta de interés explorar las características del abordaje de estos temas en la bibliografía específica destinada a estudiantes de carreras de grado universitarias y no universitarias. Como sostiene López (2002), “a pesar de la gran diversidad de fuentes susceptibles de análisis, la fuente documental más importante es el vestigio escrito” (López, 2002, p. 171); este se encuentra en forma de documentos impresos como libros, artículos, periódicos, revistas y memorias, entre otros. En estos, además del carácter verbal, tienen importancia los datos numéricos y estadísticos, los gráficos, imágenes y fotografías, los que, analizados en su conjunto, resultan una valiosa fuente de información.

Son varios los autores que refieren que el tratamiento que se da en los libros de texto a determinados temas influye de modos diversos en la consecución de los aprendizajes en los diferentes niveles de la educación, a través de sus investigaciones muestran la influencia que puede ejercer la bibliografía utilizada para la enseñanza en el aprendizaje de los contenidos (Occelli y Valeiras, 2013; Perales y Jiménez, 2002, entre otros). Los mismos autores señalan que una de las líneas a continuar explorando es el tratamiento que se da a ciertas nociones en las obras destinadas a la enseñanza superior desde las imágenes empleadas, dado que los libros de texto universitarios son un recurso importante donde se almacenan datos reconocidos por la comunidad científica de cada disciplina, a los cuales acuden estudiantes y docentes con el objeto de utilizarlos como material de consulta, de estudio o fuente de recursos para preparar sus clases. Al respecto, autoras como Ferreiro y Occelli (2008) ponen de manifiesto que una fuente de dificultades para el aprendizaje de contenidos biológicos suele ser la bibliografía utilizada. Ellas plantean que la forma en que se presenta la secuenciación de los contenidos en los libros de texto podría ser uno de los factores que originan obstáculos para el aprendizaje de estos tópicos, ya que no se abordan conceptos fundamentales para la comprensión de los procesos en cuestión. Además, son escasas las ilustraciones y las propuestas considerando un orden creciente de complejidad.

Conjuntamente, según Solaz: “Una muestra de la importancia que se le da al libro de texto en la enseñanza de las ciencias es que él mismo se ha convertido en objeto de estudio para los investigadores en la didáctica de las ciencias” (Solaz, 2010, p. 66), por lo que Occelli y Valeiras (2013) los señalan como “objetos de investigación”.

Por otra parte, actualmente más cantidad de personas pueden acceder al texto escrito debido a las oportunidades que ofrece internet, en forma de libros electrónicos, documentos en formato PDF (sigla del inglés Portable Document Format, “formato de documento portátil”), fotografías, copias digitalizadas que se comparten en grupos de trabajo, etc. Es decir que los libros de texto que se utilizan en educación pueden llegar a la población estudiantil en formato papel o electrónico, lo que los hace más masivos respecto a las posibilidades de alcanzar a sus destinatarios.

Considerando estos fundamentos, centrar la mirada en los textos destinados a la enseñanza superior resulta sustantivo para esta investigación. De esta manera, parte de la bibliografía referente al nivel superior remite a los trabajos de Rodríguez y Marrero (2003) quienes abordan el análisis y la organización del contenido de biología celular. Los autores destacan que la organización de los

materiales curriculares presenta secuencias lineales, lo cual no facilita un aprendizaje globalizador; apuntan que, en los libros de texto frecuentemente utilizados, son abundantes los hechos y conceptos, en cambio son poco frecuentes los procedimientos y principios. Indican también la baja frecuencia en la utilización de imágenes, lo que generaría representaciones de índole descriptiva, con poca integración estructura-función y con imágenes pobres y estáticas, en caso de que se produzcan.

Otros autores han dedicado esfuerzos en el sentido que se viene señalando, es el caso de Aguilar (2008), quien realizó un estudio con alumnos de primer año del profesorado y de la Licenciatura en Ciencias Biológicas. El autor destaca que hay conceptos propios y relacionados con la división celular mitótica que se han aprendido significativamente mientras que otros se repiten memorísticamente; también señala que existen errores en la utilización de vocabulario técnico y que las representaciones esquemáticas modifican el modo de pensar de los estudiantes. En este orden de ideas, Barros y Carneiro (2005) identificaron los conocimientos que movilizan los alumnos para leer e interpretar las imágenes sobre mitosis y meiosis; este estudio reveló también ciertas dificultades durante el proceso de lectura de las mismas.

Por otra parte, las vinculaciones entre el tratamiento dado al concepto *gameto* y sus asociaciones con el proceso meiótico en una muestra de libros universitarios en relación con las representaciones sobre el término que tienen los futuros profesores de biología fueron exploradas por Legarralde *et al.* (2014), que mostraron la existencia de elementos comunes entre ellos que podrían dar indicios de la influencia que tiene la bibliografía utilizada sobre la formación de saberes acerca del tema. En la misma línea, se examinó el tratamiento dado a los conceptos relativos a la herencia en una muestra de textos destinados a la enseñanza superior, recomendados en los programas de asignaturas de los cursos introductorios y de los primeros años de carreras de profesorado en Biología universitarios y no universitarios de la ciudad de La Plata (Legarralde y Vilches, 2015). Se halló que los contenidos suelen presentarse de modo disgregado en las obras, y que las representaciones lingüísticas y pictóricas utilizadas, frecuentemente se encuentran desarticuladas. Además, se encontró que las mismas se presentan en forma tardía o temprana, y no son utilizadas para establecer conexiones entre capítulos o temas relacionados, ni para presentar situaciones problemáticas o inducir a la resolución de ejercicios que requieran el uso de lápiz y papel. Estos y las nociones de probabilidad no se encuentran integrados al tratamiento de los contenidos, ausencia de relaciones que conlleva a que los recursos textuales y las imágenes presentes en el texto no sean aprovechados en su totalidad.

Una corriente que se ha desarrollado y consolidado sobre el análisis de libros de texto pone el foco de las investigaciones en las imágenes presentes en los mismos. Diferentes referentes las destacan como registros semióticos de importancia y una de las formas semióticas del lenguaje de las ciencias (Duval, 1999; Lemke, 2002). Por otra parte, Jiménez *et al.* (1997) afirman que una ilustración asiste con elementos que están ausentes en el texto. En concordancia, Carney y Levin (2002) y Stylianidou *et al.* (2002) señalan que la selección de imágenes bien construidas y su calidad es sustancial dado que estas colaboran en el proceso de aprendizaje; por ejemplo, en los capítulos o secciones de un libro donde se tratan contenidos complejos, las imágenes explicativas pueden facilitar la comprensión del tema si existe coherencia con la información presentada en el texto.

En este orden de ideas, Raviolo (2019), siguiendo a Mayer (2009), explica que no hay equivalencia entre las palabras y las imágenes sobre un mismo contenido, dado que estas no brindan la misma información y no son sustituibles. En todo caso se complementan, dado que, por un lado, el sentido de las palabras se transforma con las imágenes y, por otro, las palabras confieren significado a las imágenes. Este autor expresa que la retención y procesamiento de la información verbal y la información visual o pictórica aporta mejoras en la capacidad y codificación a nivel de la memoria y también ventajas en relación a la recuperación de esos contenidos. Esto se potencia si la información verbal además de leída puede ser expresada en sonidos y por tanto ser escuchada por el receptor dado que sonidos e imágenes se procesan en canales diferentes. Dicha supremacía está ligada al esfuerzo cognitivo que se produce al integrar en la memoria de trabajo la palabra con la imagen, las representaciones verbales y las visuales o pictóricas; y también se asocia a la relación que se establece entre ellas y el conocimiento previo del sujeto. Se genera así la posibilidad de establecer conexiones de significado entre las representaciones verbales y las pictóricas. Este esfuerzo redundará en el logro de aprendizajes más amplios y profundos, que superan el mero recuerdo y posibilitan emplearlos en otras situaciones o problemas. En este sentido, el uso de representaciones externas en secuencias didácticas fundamentadas parece constituirse como una herramienta potente que colabora con el logro de aprendizajes adecuados por su incidencia en la formación de modelos (Flores *et al.*, 2020; Mazas *et al.*, 2020).

Objetivos

A la luz de los materiales revisados, y dadas las dificultades que el proceso de división celular meiótico conlleva tanto para su enseñanza como para su aprendizaje, resultó de interés para esta investigación analizar las

imágenes sobre meiosis utilizadas en las obras a las que recurren los profesores en formación, en particular, los estudiantes del profesorado en Ciencias Biológicas de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación de la Universidad Nacional de La Plata (FAHCE, UNLP), Argentina. En este sentido, se consideró a las imágenes desde su iconicidad, funcionalidad, relación con el texto principal y tipología de las etiquetas verbales utilizadas. Se atendió además a la vinculación que se establece en el cuerpo de las obras, entre información genética, meiosis, gametos y leyes de la herencia debido a la articulación conceptual que existe entre ellos.

Metodología

En el marco de este trabajo, siguiendo a Acero (2008), se considerarán bajo el término *libro de texto* a las obras incluidas en la bibliografía de los programas de las asignaturas que abordan el proceso de meiosis como contenido, y que corresponden al plan de estudios de la carrera Profesorado en Ciencias Biológicas dependiente de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (FAHCE), Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Argentina. En este sentido, se consideraron las ediciones de los textos a los que recurren habitualmente los estudiantes de la mencionada carrera universitaria. Como resultado, se analizó una

muestra de obras representativas de biología general y de genética utilizados en el ámbito universitario que constituyeron las unidades de muestreo (tabla 1). Esta muestra de textos fue agrupada en dos niveles:

- Literatura especializada de biología general: corresponde a los textos básicos o elementales aconsejados para iniciarse en el estudio de los contenidos objeto de análisis.
- Literatura especializada de genética: es la que concierne a los libros sugeridos para el abordaje de la temática desde un punto de vista más complejo o avanzado.

A los efectos de su codificación los textos que conforman la muestra fueron identificados por nivel y con un número de referencia; así, para el nivel literatura especializada de biología o textos básicos o elementales, se asignó el código Tb (Texto básico), y se codificó como Tc (Texto complejo) el nivel literatura especializada de genética o textos complejos o avanzados (tabla 1).

La investigación se realizó considerando un abordaje cualitativo desde la imagen, empleando el término *imagen* para referirse a los recursos no textuales como representaciones gráficas utilizadas en los libros examinados.

Tabla 1. Composición y codificación de la muestra literatura especializada de biología general o textos básicos o elementales y de la muestra literatura especializada de genética o textos complejos o avanzados

Unidades de muestreo	Nivel	N.º de referencia del texto	Código del texto
Campbell, N. y Reece, J. (2007). <i>Biología</i> . 7.ª edición. Editorial Médica Panamericana. Madrid. España. 1231 pp.	Texto básico (Tb)	1	Tb1 (texto básico n.º 1)
Curtis, H., Barnes, S., Schnek, A. y Massarini, A. (2008). <i>Biología</i> . 7.ª edición. Editorial Médica Panamericana. Madrid. España. 1009 pp.	Texto básico (Tb)	2	Tb2 (texto básico n.º 2)
Sadava, D., Heller, H., Orians, G., Purves, W. y Hillis, D. (2009). <i>Vida. La ciencia de la Biología</i> . Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina. 1251 pp.	Texto básico (Tb)	3	Tb3 (texto básico n.º 3)
Griffiths, A. J. F., Miller, J. H., Suzuki, D. T., Lewontin, R. C. y Gelbart, W. M. (2002). <i>Genética</i> . 7.ª edición. Ed. Interamericana-McGraw Hill. Madrid, España. 846 pp.	Texto complejo (Tc)	1	Tc1 (texto complejo n.º 1)
Klug, Cummings y Spencer, C. A. (2006). <i>Conceptos de Genética</i> . 8.ª edición. Pearson Educación, S. A. Madrid, España. 920 pp.	Texto complejo (Tc)	2	Tc2 (texto complejo n.º 2)

Para el análisis de las imágenes en los textos bajo estudio, se siguió lo planteado en la literatura sobre el tema (Perales y Jiménez, 2002; Postigo y Pozo, 2000). Para su consecución, se consideró la clasificación referida por Postigo y Pozo (2000) en diagramas, mapas, gráficas e

ilustraciones, y las imágenes contenidas en ellas se clasificaron tomando como base las categorías establecidas por Perales y Jiménez (2002) atendiendo a la funcionalidad, la relación con el texto principal, las etiquetas verbales y el grado de iconicidad:

Funcionalidad (inoperante, operativa elemental, sintáctica)

- Inoperante: no aportan ningún elemento utilizable, solo cabe observarlas.
- Operativas elementales: contienen elementos de representación universales: croquis, cotas, etc.
- Sintácticas: contienen elementos cuyo uso exige el conocimiento de normas específicas: vectores, circuitos eléctricos, etc.

Relación con el texto principal (connotativa, denotativa, sinóptica e inexistente)

- Connotativa: el texto describe los contenidos sin mencionar su correspondencia con los elementos incluidos en la ilustración. Estas relaciones se suponen obvias y las establece el propio lector. Este tipo de relación se establece cuando al finalizar un párrafo se coloca entre paréntesis la referencia a una figura. Ejemplo: “El proceso de división meiótica conduce a la formación de gametos (Figura X)”.
- Denotativa: el texto establece la correspondencia entre los elementos de la ilustración y los contenidos representados. Ejemplo: “La figura X muestra el proceso de gametogénesis donde se observa la distribución de los cromosomas a las células hijas”.
- Sinóptica: el texto describe la correspondencia entre los elementos de la ilustración y los contenidos representados, y establece las condiciones en las cuales las relaciones entre los elementos incluidos en la ilustración representan las relaciones entre los contenidos, de modo que la imagen y el texto forman una unidad indivisible. Se establece así una integración que permite ir y volver de texto a imagen y viceversa.

Etiquetas verbales (nominativas, relacionales, sin texto)

- Sin texto o etiqueta verbal: la ilustración no contiene ningún texto.
- Nominativa: letras o palabras que identifican algunos elementos de la ilustración.
- Relacionales: textos que describen las relaciones entre los elementos de la ilustración.

Grado de iconicidad (fotografía, dibujo figurativo sin y con signos, dibujo esquemático sin y con signos)

- Fotografía.

- Dibujo figurativo: prima la representación orgánica, mostrando los objetos mediante la imitación de la realidad.
- Dibujo figurativo + signos: representan acciones o magnitudes inobservables en un espacio de representación heterogéneo.
- Dibujo esquemático: prima la representación de las relaciones prescindiendo de los detalles.
- Dibujo esquemático + signos: representan acciones o magnitudes inobservables.
- Descripción en signos normalizados: constituye un espacio de representación homogéneo y simbólico que posee reglas sintácticas específicas.

El instrumento aplicado permitió caracterizar a las representaciones gráficas según la taxonomía elaborada considerando la iconicidad de las imágenes, su relación con el texto principal, su funcionalidad y las etiquetas verbales.

En relación con la iconicidad, Grilli *et al.* (2015) afirman:

Como gráfico realista que es, la iconicidad de un dibujo científico es alta. La iconicidad es una magnitud opuesta a la abstracción: el objeto tal cual es posee una iconicidad total, y la palabra que lo designa posee iconicidad nula. A mayor iconicidad más se confunde con la realidad, mayor parecido con la misma. (Grilli *et al.*, 2015, p. 97)

Para Perales y Jiménez (2002), según la escala de iconicidad elaborada por Moles (1973), el objeto real o referente físico tiene el mayor nivel de iconicidad y la palabra que lo nombra tiene iconicidad nula o cero. Entre ambos existen diferentes modos de representación del objeto con grados intermedios de iconicidad. Aquellas representaciones que tienen iconicidad alta son los que son más semejantes al objeto que representan; en cambio las de iconicidad baja son aquellas que más se alejan de esa realidad y se acercan a la nulidad. El isomorfismo, es decir, su semejanza o igualdad respecto al referente imitado y sus características, varía dentro de una amplia escala (Artola, 2016).

Dada la especificidad de la temática bajo análisis, las ideas de los autores precedentes resultaron sustantivas metodológicamente ya que fueron tomadas como base, modificadas y adaptadas en relación con las características de las imágenes presentes en los apartados de los capítulos que se examinaron. De este modo, se logra un sistema de categorías propio para el grado de iconicidad, entendiendo por iconicidad “el grado en que una imagen se asemeja al objeto del mundo real representado” (Perales y Jiménez, 2002, p. 372) o “al grado de referencialidad de una imagen, es decir la relación de apariencias entre la propia imagen y su referente” (Artola, 2016, p. 98), que, como tal, es opuesto a la abstracción.

Resultados

En la tabla 2 se recopila la información cualitativa obtenida sobre las ilustraciones encontradas en los apartados que abordan el proceso meiótico en los 5 textos analizados (3 básicos y 2 complejos). El análisis que se expone atiende además al orden en que se presentan las imágenes según su complejidad, su relación con el texto escrito y el uso que se hace de ellas para interpretar los funda-

mentos de la herencia vinculando información genética, meiosis y gametos. Por esta razón, para cada texto se incluye una valoración de las ilustraciones presentes en los capítulos posteriores al tratamiento de la meiosis que abordan los contenidos genéticos básicos ligados a la herencia mendeliana y no mendeliana. Es importante que en este examen se consideran en particular los componentes concretos de la imagen y no los epígrafes de referencia de cada una.

Tabla 2. Características de las ilustraciones sobre meiosis presentes en los textos

Unidades de muestreo	Tb1	Tb2	Tb3	Tc1	Tc2
Imágenes	5 ilustraciones	5 ilustraciones	5 ilustraciones	8 ilustraciones	4 ilustraciones
Características vinculadas a su iconicidad	1 dibujo figurativo + signos (pp. 244-245)	1 dibujo figurativo con signos + fotografía sin signos (pp. 140-141)	1 dibujo figurativo con signos + fotografía con signos (pp. 196-197)	1 dibujo figurativo con signos + fotografía con signos (p. 71)	3 dibujos figurativos + signos (pp. 31, 33, 34)
	2 dibujos esquemáticos + signos (pp. 243, 246 y 248)	1 dibujo esquemático + signos (p. 141)	1 dibujo figurativo + signos + símbolos (pp. 200-201)	1 dibujo esquemático + signos (p. 73)	1 dibujo figurativo + signos + símbolos (p. 30)
	1 dibujo esquemático + signos + símbolos (p. 246)	1 dibujo esquemático + signos + símbolos (p. 138)	2 dibujos esquemáticos + signos (pp. 198 y 201)	6 dibujos esquemáticos + signos + símbolos (pp. 68-69, 72, 74, 74, 77, 83)	
	1 [dibujo esquemático + signos] + [fotografías + signos] (p. 249)	2 [dibujos figurativos + signos] + [dibujos esquemáticos + signos] (pp. 144 y 145)	1 dibujo esquemático con signos + fotografía con signos (p. 198)		
Relación con el texto principal (connotativa, denotativa o sinóptica)	5 denotativas	5 connotativas	5 connotativas	3 connotativas 3 denotativas 1 sinóptica	1 connotativa 2 denotativas 1 sinóptica
Funcionalidad (inoperante, operativa, sintáctica)	4 operativas 1 sintáctica	2 operativas 3 sintácticas	4 operativas 1 sintáctica	2 operativas 6 sintácticas	3 operativas 1 sintáctica
Etiquetas verbales (con etiqueta verbal —nominativa o relacional— y sin etiqueta verbal)	5 relacionales	4 nominativas 1 relacional	1 nominativa 4 relacionales	1 sin etiqueta 5 nominativas 2 relacionales	3 nominativas 1 relacional

En las figuras 1 y 2 se presenta una organización esquemática de las imágenes encontradas en los textos básicos y complejos, en función de las categorías de análisis establecidas para la iconicidad, atendiendo también, en el análisis posterior a su funcionalidad, la relación con el texto principal, las etiquetas verbales y el grado de iconi-

cidad. En este sentido, en el capítulo 13 (“Meiosis y ciclos de vida sexual”) del Tb1, se encontraron 5 ilustraciones sobre meiosis en las que se observa una combinación de iconicidad, por ejemplo, 2 figuras que contienen dibujos esquemáticos + signos (figura 1A). Una contiene un dibujo esquemático + signos + símbolos, y otra combina

el dibujo esquemático + signos con fotografías + signos —pero sin hacer referencia al tipo de microscopía utilizada— (figura 1B). Se identificó también un dibujo figurativo + signos (pp. 244-245). Como se observa en la tabla 2, en este capítulo predominan los dibujos esquemáticos + signos. La relación de estas imágenes con el texto principal es denotativa en todos los casos, ya que como señalan Perales y Jiménez (2002), el texto establece la correspondencia entre los elementos de la ilustración y los contenidos representados —*e. g.*, para la imagen de la figura 1A, en el cuerpo del texto se cita: “Como se muestra en la figura 13-10, el número de combinaciones posibles para las células hijas formadas por meiosis por una célula diploide con dos pares homólogos de cromosomas ($2n = 4$) es cuatro” (Perales y Jiménez, 2002, p. 247)—.

Respecto a la funcionalidad de las imágenes, 4 de ellas son operativas (porque contienen elementos de representación universales, como flechas, líneas) y una es sintáctica (porque contiene elementos cuyo uso exige conocer normas específicas, como $2n$, n). Además, en estas imágenes se recurre al uso de etiquetas verbales de tipo relacional ya que incluyen textos que describen las relaciones entre los elementos de la ilustración (*e. g.*, para la imagen de la figura 1B, “Quiasma, sitio del entrecruzamiento”). En el capítulo 14 (“Mendel y el concepto de gen”), se encontraron 13 ilustraciones: 6 corresponden a dibujos figurativos + signos (Perales y Jiménez, 2002, pp. 252, 253, 254, 255, 259 y 262), 5 a dibujos figurativos + signos + símbolos normalizados (Perales y Jiménez, 2002, pp. 255, 256, 257, 261, 263); también un dibujo esquemático + signos y símbolos + fotografía (Perales y Jiménez, 2002, p. 265) y un dibujo esquemático + signos y símbolos + gráfica (Perales y Jiménez, 2002, p. 283). Predominan aquí los dibujos figurativos + signos y los dibujos figurativos + signos normalizados como representación homogénea y simbólica. En el capítulo 15 (“Bases cromosómicas de la herencia”) son 14 dibujos, 5 fotografías y un dibujo que combina ilustración y fotografía. En este texto básico se observa un uso adecuado de esquemas en color con leyendas y referencias para acompañar y colaborar en el desarrollo de las temáticas, ilustrando de modo oportuno diferentes aspectos del tema. Las figuras, que en algunos casos combinan dibujos y fotografías son referenciadas en forma apropiada en el texto, combinando y sumando información de modo pertinente en relación a la complejidad del tema.

La vinculación entre información genética, meiosis, gametos y leyes de la herencia si bien está presente al interior de cada capítulo, se encuentra un tanto diluida a raíz de la independencia observada entre capítulos muy relacionados como son el capítulo 12 (“El ciclo celular”), el 13 (“Meiosis y ciclos de vida sexual”), el 14 (“Mendel y

el concepto de gen”) y el 15 (“Bases cromosómicas de la herencia”). En este sentido, no se encuentran en el capítulo 12 referencias al capítulo 13; este tampoco retoma o referencia cuestiones vinculadas al capítulo precedente, y la única referencia al capítulo 14 corresponde a su último párrafo: “En el próximo capítulo aprenderá de qué modo descubrió Mendel las reglas básicas que gobiernan la herencia de los rasgos específicos” (Perales y Jiménez, 2002, p. 249). Lo mismo ocurre en el capítulo 14, en el cual no se retoma ni se citan concretamente temáticas relativas a los capítulos precedentes, pero al finalizar cierra con una referencia al capítulo 15:

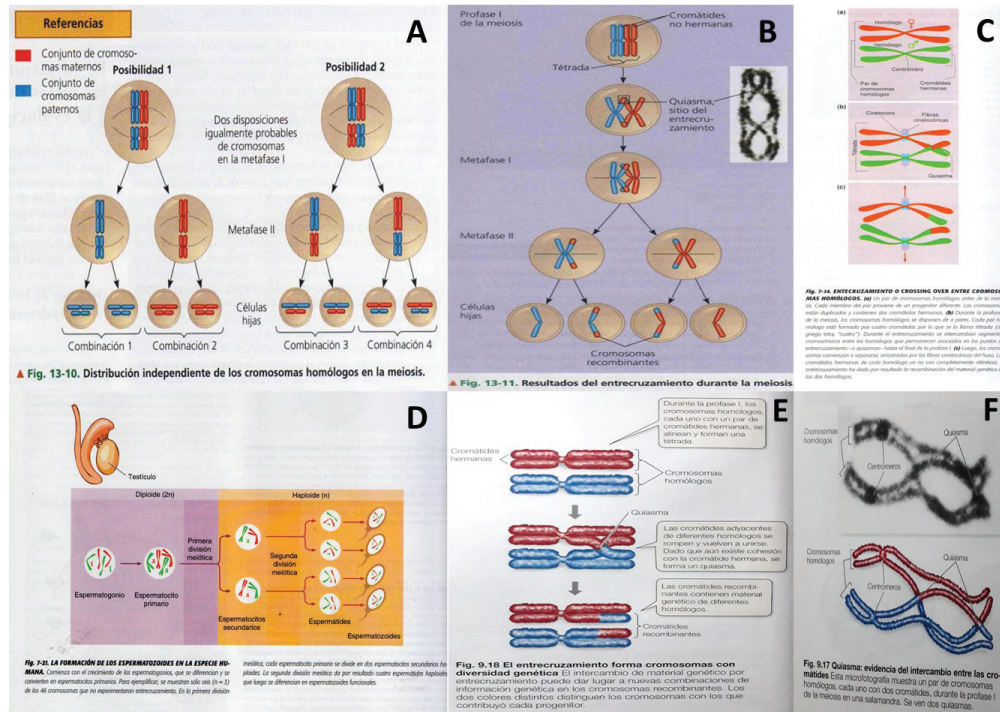
En el siguiente capítulo aprenderá por qué las Leyes de Mendel tienen sus bases físicas en el comportamiento de los cromosomas durante los ciclos de vida sexual y de qué modo la síntesis del mendelismo y una teoría cromosómica de la herencia catalizó el progreso en genética. (Perales y Jiménez, 2002, p. 270)

Al inicio del capítulo 15, soslayadamente se señala que “en este capítulo, que integra lo aprendido en los dos anteriores, describimos las bases cromosómicas para la transmisión de los genes de los padres a la descendencia y, también, algunas excepciones importantes” (Perales y Jiménez, 2002, p. 274); igual ocurre al finalizar el capítulo:

Dondequiera que se localicen los genes en la célula —en el núcleo o en los orgánulos citoplasmáticos— su herencia depende de la replicación exacta del DNA, el material genético. En el próximo capítulo aprenderá cómo se produce esta reproducción molecular. (Perales y Jiménez, 2002, p. 290)

Estos párrafos, si bien le otorgan cierto hilo o continuidad a la obra, son muy generales, de modo que no aportan a otorgar una integración entre capítulos, aspectos que han sido analizados por autores como Gericke y Hagberg (2010); Gericke et ál. (2013); Cooper *et al.* (2017); Haskel-Ittah y Yarden (2017); Scott *et al.* (2018), Wahlberg y Gericke (2018), entre otros.

Para el Tb2, en el capítulo 7 (“La reproducción celular”), se presentan en forma adecuada y creciente 5 ilustraciones en color con leyendas y referencias que, en general, consisten en dibujos esquemáticos que pueden estar combinados con fotografías; corresponden concretamente a un dibujo esquemático + signos, un dibujo esquemático con signos y símbolos (figura 1C), un dibujo figurativo con signos complementado con fotografía sin signos y dos dibujos figurativos + signos combinados con dibujos esquemáticos + signos (figura 1D). Las mismas son referenciadas en forma apropiada en el texto, combinando y sumando información de modo pertinente en relación



A. Dibujo esquemático + signos (Tb1, Perales y Jiménez, 2002, p. 248). B. [dibujo esquemático + signos] + [fotografías + signo] sin referencia a tipo de microscopía utilizada (Tb1, Perales y Jiménez, 2002, p. 249). C. Dibujo esquemático + signos + símbolos (Tb2, Perales y Jiménez, 2002, p. 138). D. Dibujo figurativo + signos combinados con dibujos esquemáticos + signos (Tb2, Perales y Jiménez, 2002, p. 144). E. Dibujo esquemático con signos (Tb3, Perales y Jiménez, 2002, p. 198). F. Dibujo esquemático con signos + fotografía con signos (Tb3, Perales y Jiménez, 2002, p. 198).

Figura 1. Ejemplos de ilustraciones con imágenes sobre meiosis en textos básicos

con la complejidad del tema; en este sentido, la relación de las imágenes con el texto principal es connotativa en todos los casos, dado que el texto describe los contenidos sin mencionar su correspondencia con los elementos incluidos en la ilustración, la cual debe ser establecida por el lector. Sin embargo, si bien estas ilustraciones se encuentran referenciadas en el cuerpo del texto, las figuras suelen ubicarse de modo inadecuado encontrándose una o dos páginas posteriores a la página que la reseñó; esta ubicación inadecuada de las figuras desfavorece la integración texto-imagen de la obra. Con respecto a su funcionalidad, 2 son operativas y 3 sintácticas. Y en relación con las etiquetas verbales se encontraron 4 nominativas (con textos o palabras que identifican algunos elementos de la ilustración) y una relacional.

En el Tb2, por otra parte, la vinculación entre información genética, meiosis y gametos está presente de forma escueta en el capítulo 7 (“La reproducción celular”), en cuyo párrafo final cita: “Con estas ideas en mente, en el capítulo siguiente recorreremos los principales eventos que marcaron el nacimiento de la genética y analizaremos los principales descubrimientos que llevaron a la definición y la reformulación de concepto de gen” (Perales y Jiménez, 2002, p. 146). En el capítulo 8 (“Los experimentos de

Mendel y el nacimiento de la genética”), el tratamiento de las leyes de la herencia se describe sin establecer relaciones con el capítulo precedente y el proceso de meiosis allí descrito, salvo alguna alusión esporádica a los gametos formados en algún cruzamiento que se utiliza para ejemplificar. A pesar de dicha desconexión, en el capítulo se realiza un desarrollo bajo el subtítulo “Las Leyes de Mendel” y la dinámica de la meiosis (Perales y Jiménez, 2002, pp. 155-157).

En el Tb3, son 5 ilustraciones en color. Dos de ellas corresponden a dibujos esquemáticos con signos (Perales y Jiménez, 2002, pp. 198 y 201) —figura 1E—; una, a un dibujo esquemático con signos en combinación con fotografía con signos (figura 1F, p. 198), que representa el entrecruzamiento que ocurre durante la meiosis, modalidad que se repite en el capítulo siguiente al abordar las leyes mendelianas de la herencia (Perales y Jiménez, 2002, pp. 209, 211); en otra figura se combinan dibujos figurativos con signos + fotografías con signos para describir, las etapas de la meiosis (Perales y Jiménez, 2002, pp. 196-197); también se encontró un dibujo figurativo + signos + símbolos (Perales y Jiménez, 2002, pp. 200-201). Sobre la funcionalidad de las imágenes, 4 son operativas y una sintáctica. La relación con el texto principal es

connotativa en todos los casos y las etiquetas verbales son una nominativa y 4 relacionales. Respecto a la articulación entre temáticas como información genética, meiosis y gametos, la misma está presente al interior del capítulo, pero no se da entre capítulos relacionados o se presenta muy difusa a través de algún párrafo conector como cierre del capítulo, como el que corresponde al capítulo 9 (“Los cromosomas, el ciclo celular y la división celular”):

Los cinco capítulos siguientes están dedicados al ‘reino del genoma’, mirando la herencia como fue explicada por Gregor Mendel en el siglo XIX y la cantidad exponencial de conocimientos que se han adquirido desde la elucidación del código genético. Casi ningún área de la vida moderna queda sin tocar por el campo de la genética. (Perales y Jiménez, 2002, p. 203)

En el capítulo 10 (“Genética: Mendel y más allá de Mendel”) no se hace alusión al capítulo precedente ni al que le sigue (capítulo 11. “El ADN y su papel en la herencia”).

En el caso del Tc1, en esta obra se encontraron 8 ilustraciones con la siguiente iconicidad: 1 [dibujo figurativo con signos] + [fotografía con signos], 1 dibujo esquemático + signos, y 6 esquemáticos + signos + símbolos (figura 2A). Respecto a la funcionalidad de las imágenes, 2 son operativas y 6 sintácticas. La relación con el texto principal es connotativa en 3 de ellas, denotativa en otras 3 y sinóptica en una. Sobre las etiquetas verbales, una imagen no presenta etiqueta verbal y siete presentan etiquetas: de estas 5 son nominativas y 2 relacionales. Las imágenes se utilizan en forma adecuada administrándose según un criterio de complejidad creciente, inicialmente las de estructura simple, luego otras más complejas e incluso, algunas muy complejas. Las mismas acompañan en forma ilustrada el desarrollo de los temas y se presentan como dibujos figurativos con signos que pueden encontrarse en forma de figuras con dibujos en color con leyendas o etiquetas verbales o con combinación de dibujos y fotografías. Las fotografías utilizadas son algunas en blanco y negro y otras en color; en aquellas que son imágenes obtenidas por microscopía, en algunas no se indica el tipo de microscopía utilizada; y en otras no se aclara que son fotografías. Otras imágenes responden a un formato de tipo cuadro-síntesis o diagramas (algunos sencillos y otros más complejos) o a tablas sencillas. Las relaciones establecidas entre información genética, meiosis y gametos se dan al interior del capítulo, pero no entre capítulos.

En el Tc2, las 4 imágenes vinculadas a la meiosis utilizadas en el texto corresponden a 3 dibujos figurativos con signos y un dibujo figurativo + signos + símbolos (figura 2B). La relación con el texto principal es connotativa en

una de ellas, denotativa en dos y sinóptica en otra. Son 3 operativas y una sintáctica en cuanto a su funcionalidad. Por último, las etiquetas verbales son nominativas en tres casos y relacional en una. Otras imágenes a las que se recurre para ilustrar la obra son cuadros y tablas sencillos que acompañan adecuadamente el desarrollo de los temas y son administrados en forma creciente (inicialmente simple y luego más complejo).

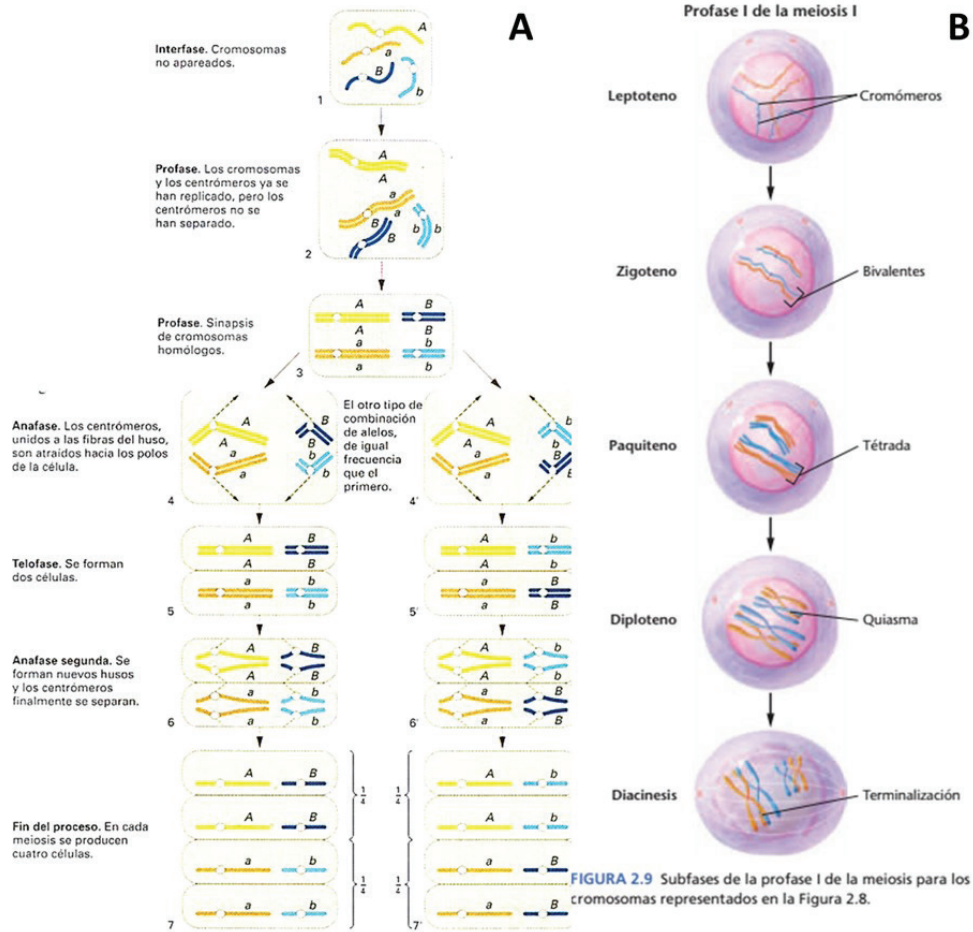
Las correlaciones entre información genética, meiosis y gametos se dan dentro del capítulo, pero no entre capítulos. De este modo, el capítulo 1 (“Introducción a la genética”) no ofrece líneas de contacto con alguno de los capítulos que se desarrollarán, en el capítulo 2 (“Mitosis y meiosis”) no se establece vinculación alguna con el capítulo 1 ni con el capítulo 3 (“Genética mendeliana”), en este no se hace alusión al capítulo precedente ni al posterior, en el capítulo 4 (“Aplicaciones de la genética mendeliana”) no se referencia al anterior y, al final, solamente señala: “En el capítulo 4 discutiremos genealogías para caracteres ligados al X” (Perales y Jiménez, 2002, p. 64).

Discusión

Si se considera lo observado en los libros de texto analizados, estos contribuyen con una relación entre meiosis, gametogénesis y formación de los gametos que se encuentra disgregada en distintas partes de las obras; ello resulta más notorio en los textos básicos, aunque en los textos complejos se observa un patrón similar.

La multirreferencialidad presente en diferentes sectores de cada obra, donde se alude a alguna de sus particularidades, y el uso sucesivo de variadas referencias al tema para profundizar en otra noción o desarrollo, emerge como característica que se valora positivamente tanto en los textos básicos como en los complejos. Entonces, el uso sucesivo de variadas relaciones, conexiones y referencias al tema para profundizar en otra noción o desarrollo es lo que emerge como característico tanto en los textos básicos como en los complejos; sin embargo, las mismas no son recuperadas en una conceptualización o apartado contenedor de la totalidad.

En esta línea de análisis, Klautau *et al.* (2009) creen necesario abordar la división meiótica y los procesos de formación de gametos en el contexto de la herencia biológica, abordaje integrado que podría contribuir al logro de comprensiones más consistentes. Al respecto, Klautau, Oliveira *et al.* (2008) aconsejan que, en la formación superior, y con el objeto de contribuir a mejorar la comprensión de fundamentos básicos de genética, se deben utilizar recursos didácticos específicos, que deben atender a



A. Dibujo esquemático + Signos + Símbolos, Tc1 (Perales y Jiménez, 2002, p. 77). B. Dibujo figurativo + Signos, Tc2 (Perales y Jiménez, 2002, p. 31).

Figura 2. Representación sobre meiosis en textos complejos

los aspectos citológicos y genéticos, a los procesos de mitosis y meiosis, a la estructura de los cromosomas, así como a la ploidía de las células resultantes y a la cantidad de material genético en las mismas. Dichas temáticas han sido reportadas como fuente de conflictos tanto en relación con su enseñanza como con su aprendizaje, vinculándose a incomprendimientos, conceptualizaciones inadecuadas, confusiones de términos o términos utilizados como sinónimos. Cualquiera de estas situaciones interfiere en la comprensión de otros conceptos, lo que puede subyacer como obstáculo de aprendizaje. Los procesos involucrados en el ciclo celular, tales como replicación del ADN, cambios en la carga de ADN durante la interfase y los procesos de división mitótica y meiótica, así como las modificaciones consecuentes de la ploidía de las células, se entrelazan con estos contenidos y son fuentes, a su vez, de dificultades de aprendizaje.

Por lo expuesto, desarrollar materiales didácticos concretos y aplicarlos a secuencias de clase que favorezcan la

comprensión de los procesos involucrados en el ciclo celular y las características sustantivas de cada etapa, asociadas a los mecanismos de división celular, se constituyen como una prioridad para facilitar los aprendizajes en el campo de la genética (Barra *et al.*, 2019; Fernández *et al.*, 2019). En este sentido, el trabajo en las aulas universitarias partiendo de propuestas alternativas para abordar estas temáticas con la intención puesta en generar nuevos caminos para el tratamiento didáctico de nociones complejas, resulta una prioridad. Por ello, la construcción de materiales didácticos específicos y adecuados, de fácil construcción y que puedan ser manipulados por los estudiantes representa un camino de interés para la didáctica de la biología y un desafío para los docentes que se encuentran en una continua búsqueda de líneas de trabajo superadoras. En esta línea, resulta necesario que en las situaciones de enseñanza y de aprendizaje que se diseñan, se recurra al uso de diversos formatos de representación, de modo que se colabore con las diversas estrategias de aprendizaje propias de cada alumno.

Considerando concretamente las correspondencias entre información genética, meiosis y gametos, en las obras analizadas se establecen relaciones dentro de cada capítulo, pero no entre capítulos. Sin embargo, suele presentarse algún párrafo conector muy general al inicio o al final de un tema a tratar. Así, en los textos básicos se observa una relación de las imágenes con el texto principal de tipo connotativa o denotativa; en cambio, en los textos complejos, a estas dos se suma la sinóptica.

Por otra parte, los dibujos figurativos y esquemáticos con signos o símbolos presentes en los textos (con prevalencia de etiquetas verbales nominativas y relacionales) no se utilizan para realizar conexiones entre los distintos sectores de un manuscrito. Esto hace que se vean desaprovechadas las potencialidades propias de los dibujos figurativos con signos y símbolos que, como los caracterizan Perales y Jiménez (2002), son aquellos en los que “prima la representación orgánica, mostrando los objetos mediante la imitación de la realidad” (Perales y Jiménez, 2002, p. 376).

Respecto al recurso utilizado en algunos textos, de combinar distintos tipos de representación en una misma ilustración, Grilli *et al.* (2015) señalan que la combinación de dibujos y fotografías como técnicas ilustrativas no se excluyen, sino que se complementan, ya que con su uso se facilita la comprensión espacial y estructural en el nivel celular. En algunos casos la fotografía actúa como un complemento adicional al dibujo; en otros, el dibujo oficia como complemento de la fotografía. González (2018) predice para las infografías un gran futuro en la comunicación en ciencias, ya que resultan un recurso valioso para mostrar información compleja de forma gráfica y textual que puede colaborar en su comprensión. Siguiendo a Raviolo (2019), cuando en la memoria de trabajo se integran las palabras y las imágenes, las representaciones verbales y las pictóricas, se producen aprendizajes más profundos. En la misma línea de razonamiento, la combinación de formatos de representación externa, como organigramas con fotografías o gráficas con dibujos esquemáticos, pueden facilitar la integración de las distintas dimensiones de un contenido.

En concordancia con Grilli *et al.* (2015), la combinación de dibujos y fotografías como técnicas ilustrativas se complementan y pueden ser promotoras de una mejor comprensión; en la misma línea, en este trabajo se encontró el uso de una combinación de formatos de representación externa, en particular organigramas con fotografías y gráficas con dibujos esquemáticos. Este método probablemente colabore en la comprensión de procesos complejos y encadenados, pero es importante advertir que para ello el lector debe lograr un análisis vinculado a la lectura y conversión de representaciones en el sentido de

Duval (1999); de otro modo, este tipo de técnicas podrían actuar como barreras y ser fuentes de dificultades para el aprendizaje del contenido. Requiere, por lo tanto, y especialmente en estudiantes novatos, de una vigilancia por parte de un docente o tutor, que acompañe el proceso y represente un andamiaje para su consecución.

En sintonía con lo expuesto, Raviolo (2019), en relación con las imágenes utilizadas en el campo de la química, refiere que en ella son comunes los dibujos esquemáticos, en los que una región del dibujo corresponde a partes de un objeto real; otra región es figurativa, con un nivel de representación macroscópico de la materia, y se suelen incluir también otros niveles de representación como son el nivel submicroscópico y el nivel simbólico, como aspectos abstractos que no pueden verse en dichos objetos, pero cumplen una función interpretativa. Según este autor, esto problematiza la lectura de la imagen y demanda la ayuda de un docente, orientada a identificar y a integrar los diferentes niveles de representación.

En concordancia con los resultados obtenidos en este estudio, distintos autores indican que el proceso meiótico es uno de los temas que más problemas de comprensión genera, por lo que cuando se lo enseña es importante relacionarlo con la fertilización, los ciclos de vida y la alternancia de generaciones haploides y diploides (Klautau *et al.*, 2009; Salim *et al.*, 2007). Entre ellos, investigadores como Klautau, Correia *et al.* (2008) refieren dificultades en alumnos brasileños del nivel medio, asociadas a la lectura de imágenes sobre división celular y el aprendizaje del tema. Además, la existencia de ideas fragmentarias en los alumnos fue reportada por Klautau *et al.* (2009), autores que además señalan dificultades en la utilización de terminología específica, así como para dar explicaciones sobre el origen de la variabilidad. En este último caso, los autores precisan que pocas respuestas refieren explícitamente al fenómeno de meiosis o a su relación con la formación de los gametos y la reproducción. Los estudiantes más bien utilizan argumentos de sentido común o generalistas y recurren a términos como *mezcla* o *combinación* del material genético de los progenitores.

Considerando lo expuesto, para sortear estas limitaciones, tal vez resulte necesario recurrir a caminos alternativos tendientes a la incorporación en futuras ediciones de textos, de representaciones no textuales de una manera más integrada y articulada como forma de comunicar información, ya sean gráficos, dibujos, modelos y otros modos de representación en formato no textual. La consideración e incorporación de esta mirada y su uso habitual, global y recurrente, permitiría favorecer aprendizajes, dado que la interpretación de la información expresada de este modo significa un desafío cognitivo para quien la realiza.

Posiblemente la elaboración de propuestas por parte de los autores de textos, para trabajar estratégicamente con las representaciones que se incluyen en las obras estimule el desarrollo de habilidades en esta área, a través de la implementación de secuencias de contenidos en las mismas que impliquen un aprendizaje más activo en los lectores (Anijovich y Mora, 2009; Malvaez *et al.*, 2013; Rueda *et al.*, 2017).

Conclusiones

Como derivaciones del estudio realizado emergen varias notas de interés.

En primer lugar, se destaca, respecto a la iconicidad, que los dibujos figurativos y esquemáticos con signos o símbolos son utilizados como representaciones no textuales en ambos grupos de textos, pero con más diversidad en los textos básicos.

Respecto a la relación con el texto principal, se distingue que en los textos básicos la misma es connotativa o denotativa, en cambio, en los textos complejos a estas dos se suma la sinóptica. Asimismo, en las etiquetas verbales, los rastros muestran que prevalecen las nominativas y relacionales.

Por otra parte, y respecto a las conexiones presentes en los textos, en las obras analizadas se establecen relaciones dentro de cada capítulo, pero no entre capítulos, donde, sin embargo, puede presentarse un párrafo conector muy general al inicio o al final de un tema a tratar. Es decir que, si bien en estos textos académicos básicos y complejos los contenidos se presentan integrados a nivel intracapítulos, no ocurre lo mismo al considerar la estructura general de la obra, donde esta integración se desvanece.

La independencia detectada en los textos analizados se debe a las escasas relaciones establecidas entre los capítulos de una misma obra, dado que a partir de su examen se advierte, con matices, cierta desconexión entre contenidos que, por su naturaleza están integrados. Es el caso de la distribución aleatoria de los genes durante el proceso de formación de los gametos, los fenómenos asociados a la fecundación y el abordaje del estudio de las leyes de la herencia.

Estas particularidades revelan la pérdida de algunas posibilidades de articulación que permitirían establecer soportes más sólidos para interpretar las bases y principios de genética a partir de las nociones sobre meiosis; limita, además, la potencialidad de los recursos textuales y las imágenes. Por ejemplo, al no destacarse a través

de un discurso vinculante, la relación existente entre el proceso meiótico y las leyes de Mendel que son tratados en capítulos diferentes, se pierde el valor de las proposiciones e imágenes utilizadas en toda la obra. Reduce, además, la oportunidad de establecer diversos enlaces entre los contenidos, encadenamientos que acentuarían el valor de cada texto.

Otro punto de interés se enfoca en cierta inadecuación didáctica de algunas ilustraciones presentes en uno de los textos analizados. Si bien es una tendencia que no se observa en forma marcada en los textos explorados, existen notas de interés, concretamente con lo reportado para el texto básico 2 (Tb2) en el cual la integración texto-imagen se encuentra debilitada por la inadecuada ubicación de las ilustraciones en relación al texto que las referencia.

Un aspecto a discutir es la ausencia ya referida, de articulación entre contenidos de diferentes capítulos y el ensamble que podría darse entre ellos a partir de, por ejemplo, referenciar en un capítulo, a una figura presente en un capítulo anterior. Este tipo de acoplamientos otorgaría una mayor cohesión de contenidos en cada obra, tejiendo las relaciones necesarias para otorgar a las mismas una estructura más integral. En este sentido, las insuficientes relaciones entre los núcleos temáticos detectada en el presente análisis podrían incidir, tal vez, en los aprendizajes logrados por los lectores o al menos estar implicados en los saberes y la formación de las propias representaciones sobre un contenido que realizan los futuros docentes. Estas ideas sobre el rol de los libros de texto como factores que pueden influir en la comprensión conceptual de los estudiantes no son nuevas y han sido formuladas por autores como Gericke y Hagberg (2010), Gericke *et al.* (2013), Wahlberg y Gericke (2018), entre otros. Los mismos señalan la necesidad de una mayor cantidad de estudios que aporten datos sobre cómo los estudiantes utilizan los libros de texto y también sobre cómo lo hacen los profesores, además de cómo esto influye en la comprensión de los contenidos. En esta línea, resultan de interés los diferentes marcos explicativos, así como los recursos conceptuales con los que cuentan los estudiantes como sujetos activos que recurren a estos textos y que se activan durante el estudio y razonamiento al considerar fenómenos científicos vinculados a contenidos genéticos (Shtulman y Valcarcel, 2012; Scott *et al.*, 2018).

Finalmente, se plantea la necesidad de continuar con líneas prospectivas de trabajo tendientes a dilucidar en forma profunda las características del tratamiento realizado en los textos destinados a la enseñanza superior en relación con el abordaje que se realiza de ciertos contenidos genéticos básicos. Esta necesidad se funda en el innegable papel que desempeñan estas obras en la formación

de saberes de sus lectores, aspecto que se profundiza en el caso de estudiantes de diversas carreras universitarias con base biológica y que se presenta como más relevante cuando las mismas se asocian a la formación docente. Por esta razón resulta de interés que los futuros profesores conozcan las características identificadas de modo que puedan ser utilizadas como criterios de selección de libros de texto, ya sea como fuentes de estudio o como bibliografía a ofrecer a sus estudiantes.

Al respecto, transformar los hallazgos de este estudio en conocimiento didáctico que pueda ser aplicados en futuras intervenciones durante el proceso de formación de profesores puede resultar sustantivo en la identificación de contenidos estructurantes dentro de los contenidos genéticos. Como sugieren Cooper *et al.* (2017), Haskell y Yarden (2017), Scott *et al.* (2018) individualizar los procesos clave o ideas centrales de un tema permite la articulación entre distintas nociones de un campo y sus mecanismos asociados o subyacentes. Esto resulta de interés tanto para profesores y estudiantes como para editores y autores de libros de texto en relación a la promoción de una visión de los contenidos científicos más integral y constructiva sobre los contenidos genéticos básicos.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó en el marco del Proyecto de Investigación y Desarrollo (I+D) H925 dependiente del Laboratorio de Investigación e Innovación en Educación en Ciencias Exactas y Naturales dependiente del Instituto de Investigaciones en Humanidades y Ciencias Sociales, IDIHCS (FAHCE/UNLP-CONICET). Agradecemos a sus autoridades, así como a las del Departamento en Ciencias Biológicas y, especialmente, a Heliana Custodio por sus aportes.

Referencias

Acero, F. (2008). *Estructura del libro de texto universitario: un análisis de textos de álgebra lineal* [Tesis de Maestría en Educación, Universidad de San Andrés]. https://nanopdf.com/download/estructura-del-libro-de-texto-universitario_pdf

Aguilar, A. (2008). Herramientas metacognitivas para la determinación de estructuras cognitivas de los alumnos, en relación al proceso de Mitosis. *VIII Jornadas Nacionales y III Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

Anijovich, R. y Mora, S. (2009). *Estrategias de enseñanza. Otra mirada al quehacer en el aula* (1.ª ed.). Aique Grupo Editor.

Artola, E. (2016). *Las representaciones gráficas cartesianas en el ámbito de biología de poblaciones: análisis ontosemiótico de libros de texto e intervención didáctica en estudiantes de educación secundaria* [Tesis doctoral, Universidad de Granada]. Digibug. <http://hdl.handle.net/10481/43534>

Ayuso, E. y Banet, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(1), 133-157.

Azeglio, L., Mayoral, L., y Sara, C. (2015). Concepciones alternativas de genética básica y división celular en estudiantes de secundaria. *IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*, en *Actas. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Departamento de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de La Plata. Ensenada, Argentina*. http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.8046/ev.8046.pdf

Barra, R., Acosta, R., Fernández, J., Atencio, L., Bornemann, C., Pérez, B., Marafuschi, C., De Andrea, P., Guadagno, L., Vilches, A. y Legarralde T. (2019). Construcción de un modelo dinámico del ciclo celular. Una experiencia en el aula de Biología universitaria. *Actas V Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata*. <http://jornadasceyn.fahce.unlp.edu.ar/convocatoria>

Barros, M. y Carneiro, M. (2005). Os conhecimentos que os alunos utilizam para ler as imagens de mitose e de meiose e as dificuldades apresentadas. *V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Atas 5, 1- 12.

Carney, R., y Levin, J. (2002). Pictorial illustrations still improve students' learning from texts. *Educational Psychology Review*, 14(1), 5-26. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1013176309260>

Cooper, M., Posey, L. y Underwood, S. (2017). Ideas y temas centrales: ¿Construir o profundizar? *Journal of Chemical Education*, 94, 541-548. <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acs.jchemed.6b00900>

- Duval, R. (1999). *Semiosis y pensamiento humano. Registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. Universidad del Valle y Peter Lang S. A.
- Fernández, J., Acosta, R., Barra, R., Atencio, L., Bornemann, C., Pérez, B., Marafuschi, C., De Andrea, P., Guadagno, L., Vilches, A. y Legarralde, T. (2019). Simulando el flujo de la información genética desde el ADN a la proteína. Actas V Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata. <http://jornadasceyn.fahce.unlp.edu.ar/convocatoria>
- Ferreiro, G. y Ocelli, M. (2008). Análisis del abordaje de la respiración celular en textos escolares para el Ciclo Básico Unificado. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7(2). <http://www.saum.uvigo.es/reec/lang/spanish/volumenes.htm>
- Flores, F., García, B., Gallegos, L., Báez, A. y Calderón, E. (2020). Logros en la comprensión de temas de genética utilizando representaciones externas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(3), 3101. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020v17.i3.3101
- Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurantes en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las Ciencias. Investigación y Experiencias Didácticas*, 4(1), 30-35.
- Gericke, N. y Hagberg, M. (2010). Variación conceptual en la representación de la función genética en los libros de texto de la escuela secundaria superior. *Enseñanza de las Ciencias*, 19, 963-994.
- Gericke, N., Hagberg, M. y Jorde, D. (2013). Comprensión de los estudiantes de secundaria superior sobre el uso de modelos múltiples en los libros de texto de biología: la importancia de la variación conceptual y la inconmensurabilidad. *Science & Education*, 43, 755-780. <https://doi.org/10.1007/s11165-012-9288-z>
- Giordan, A. y De Vecchi, G. (1988). *Los orígenes del saber*. Ed. Diada.
- González, N. (2018). Uso escolar de infografías para la representación de células animales y Vegetales. *Revista de Educación en Biología*, 21(2), 22-36. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaadbia/issue/view/1886>
- González, N. y Rossi, A. (2014). La enseñanza de la meiosis en el nivel secundario: el conocimiento didáctico del contenido de profesores expertos y principiantes. En A. Garritz, S. Daza y M. Lorenzo (eds.), *Conocimiento didáctico del contenido. Una perspectiva iberoamericana* (pp. 403-453). Editorial Académica Española.
- Grilli, J., Laxague, M. y Barboza, L. (2015). Dibujo, fotografía y Biología. Construir ciencia con y a partir de la imagen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 91-108.
- Haskel-Ittah, M. y Yarden, A. (2017). Hacia la reducción de la brecha mecanicista entre genes y rasgos enfatizando el papel de las proteínas en un entorno computacional. *Science & Education*, 26, 1143-1160. <https://doi.org/10.1007/s11191-017-9927-x>
- Jiménez, J., Prieto, R. y Perales, F. (1997). Análisis de los modelos y los grafismos utilizados en los libros de texto. *Alambique*, 11, 75-85.
- Klautau, M., Oliveira, S., Akimoto, A., Hiragi, C., Barbosa, L., Rocha, D., y Correia, A. (2008). Combinar e recombinar com os dominos. *Genética na Escola*, 3(2), 1-7. <http://www.sbg.org.br/>
- Klautau, M., Correia, A., Pedrosa de Jesus, H. y Moreira, A. (2008). Recombinando com os dominós: proposta de recurso didáctico para a promoção da literacia em genética. V *Seminário Ibérico y I Seminário Ibero-Americano, Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) no Ensino das Ciências*, Universidade de Aveiro, Portugal.
- Klautau, N., Aurora, A., Dulce, D., Silviene, S., Helena, H. y Correia, A. (2009). Relação entre herança genética, reprodução e meiose: um estudo das concepções de estudantes universitários do Brasil e Portugal. *Enseñanza de las Ciencias*, (núm. extra.). VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, 2267-2270. <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-2267-2270.pdf>
- Legarralde, T., Gallarreta, S. y Vilches, A. (2012, septiembre 26 al 28). *Comprensión del proceso meiótico en estudiantes del profesorado en ciencias biológicas*. Actas III Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales. Facultad

- de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata.
- Legarralde, T., Gallarreta, S., Vilches, A. y Menconi, F. (2014). Representaciones sobre el concepto de "gameta" en futuros profesores de Biología. El papel de los libros de texto. *Revista de Educación en Biología*, 17(1), 55-69.
- Legarralde, T. y Vilches, A. (2015). *El abordaje de conceptos básicos sobre herencia en libros de texto universitarios*. Actas IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Buenos Aires, Argentina. <http://jornadasceyn.fahce.unlp.edu.ar/convocatoria>
- Lemke, J. (2002). Enseñar todos los lenguajes de la ciencia: palabras, símbolos, imágenes y acciones. En M. Benlloch (Comp.), *La educación en ciencias: ideas para mejorar su práctica* (pp. 159-186). Paidós Ibérica S. A.
- López, F. (2002). El análisis de contenido como método de investigación. *XXI Revista de Educación*, 4, 167-179.
- Malvaez, O., Joglar, C. y Quintanilla, M. (2013). Elaboración de preguntas de los estudiantes para promover la metacognición en el aprendizaje activo en ciencias. *IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. 1-8, Águas de Lindóia, Brasil. http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/ixenpec/atas/resumos/R0373-1.pdf
- Mazas, B., Cascarosa, E. y Cortés, A. (2020). Análisis de la evolución del modelo de proteína en los libros de texto de ESO y Bachillerato españoles. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(3), 3103. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020v17.i3.3103
- Moles, A. (1973). ¿Hacia una teoría ecológica de la imagen? En A. Thibault-Laulan, *Imagen y comunicación* (1.ª ed., pp. 186). Editorial Fernando Torres.
- Morin, E. (1999). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco).
- Ocelli, 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.
- Perales, F. y Jiménez, J. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las ciencias*, 20(3), 369-386.
- Postigo, Y. y Pozo, J. (2000). Cuando una gráfica vale más que 1.000 datos: la interpretación de gráficas por alumnos adolescentes. *Infancia y Aprendizaje*, 90, 89-110.
- Raviolo, A. (2019). Imágenes y enseñanza de la Química. Aportes de la Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia. *Educación Química*, 30(2). <http://www.revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/67174/61158>
- Rodríguez, M. y Marrero, J. (2003). Un análisis y una organización del contenido de biología celular. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(1). <http://www.saum.uvigo.es/reec/lang/spanish/volumenes.htm>
- Rueda, E., Mares, G., Gonzáles, L., Rivas, O. y Rocha, H. (2017). La participación en clase en alumnos universitarios: factores disposicionales y situacionales. *Revista Iberoamericana de Educación*, 74(1), 149-162. <https://doi.org/10.35362/rie741632>
- Salim, D., Akimoto, A., Ribeiro, G., Pedrosa, M., Klautau-Guimarães, M. y Oliveira, S. (2007). O Baralho como ferramenta no ensino de Genética. *Genética na Escola*, 2(1), 6-9. www.geneticanaescola.com.br
- Scott, E., Anderson, Ch., Mashood, K., Matz, R., Underwood, S. y Sawtelle, V. (2018). Desarrollo de un marco analítico para caracterizar el razonamiento de los estudiantes sobre procesos complejos. *Educación en Ciencias de la Vida (CBE)*, 17(3). <https://www.lifescied.org/doi/10.1187/cbe.17-10-0225>
- Shtulman, A., y Valcarcel, J. (2012). El conocimiento científico suprime, pero no suplanta, las intuiciones anteriores. *Cognition*, 124, 209-215.
- Solaz, J. (2010). La naturaleza de la ciencia y los libros de texto de ciencias: una revisión. *Educación XXI*, 13(1) 65-80.

Stylianidou, F., Ormerod, F. y Ogborn, J. (2002). Analysis of science textbook pictures about energy and pupils' readings of them. *International Journal of Science Education*, 24(3), 257-283.

Wahlberg, S., y Gericke, N. (2018). La demografía conceptual en las descripciones de la síntesis

de proteínas en los libros de texto de química y biología de la educación secundaria superior: ¿una cuestión de contexto? *Educación en Ciencias Biológicas (CBE)*, 17(3). <https://www.lifescied.org/doi/full/10.1187/cbe.17-12-0274>