

## ANÁLISIS DE LAS REPRESENTACIONES GRÁFICAS SOBRE LA REPLICACIÓN DEL ADN EN LIBROS DE TEXTO

ROSENBERG, CAROLINA<sup>1,2</sup>; LEGARRALDE, TERESA<sup>3</sup>; VILCHES ALFREDO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Colegio Nacional Rafael Hernández. Universidad Nacional de La Plata.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Médicas. Universidad Nacional de La Plata.

<sup>3</sup>Departamento de Ciencias Exactas y Naturales. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, UNLP.

<sup>1,2</sup> [carolina.rosenberg@gmail.com](mailto:carolina.rosenberg@gmail.com)

<sup>3</sup> [teresalegarralde@yahoo.com](mailto:teresalegarralde@yahoo.com)

<sup>3</sup> [alfrevilches@yahoo.com](mailto:alfrevilches@yahoo.com)

### RESUMEN

Con el objetivo de analizar las representaciones gráficas relativas al proceso de replicación del ADN, en textos utilizados en la escuela secundaria, en los cursos de ingreso a la universidad y en los primeros años de la universidad, se analizaron las imágenes en cinco libros usados frecuentemente. Para cada libro se realizó un análisis taxonómico de las imágenes, con la intención de conocer la relación existente entre el texto escrito y la imagen se calculó para cada libro un coeficiente de asociación, sumando cada uno de los valores asignados a cada categoría (*e.g.* Denotativa: 1 + Relacional: 2) y multiplicándolo por el número de imágenes de este tipo encontradas en el texto. En general los libros bajo estudio presentan una buena conexión entre las imágenes y el texto, característica que podría colaborar hacia una comprensión adecuada del proceso de replicación del ADN. Estos resultados pueden ser utilizados para tomar decisiones respecto a la bibliografía a utilizar en las clases seleccionando por ejemplo, aquellos textos en los cuales las vinculaciones texto-imagen resultan más notorias, pero también puede recurrirse a las debilidades reconocidas en el material bibliográfico, como fuente de actividades de clase.

**Palabras clave:** ADN, replicación, representaciones gráficas, libros de texto.

## INTRODUCCIÓN

En la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Naturales se acude con frecuencia a numerosos recursos simbólicos mediante sistemas de representación externa tales como enunciados, diagramas, ilustraciones, gráficas cartesianas, ecuaciones, etc. En ellos, los estímulos visuales, textuales y gráficos son significantes que dotan de sentido al objeto representado (Maturano *et al.* 2009). El uso de modelos es una estrategia básica tanto en la construcción del conocimiento científico como en la enseñanza de las Ciencias. En el primer caso sirve para la elaboración de descripciones, explicaciones y predicciones sobre los procesos naturales de un modo simplificado, de manera que permita su intercambio y debate dentro de la comunidad científica. En el caso de la enseñanza, su utilización colabora en la comprensión de contenidos abstractos alejados generalmente de los modelos mentales de los alumnos. Por otro lado, la propuesta de la producción de modelos por los propios estudiantes, les permite además comprender el proceso seguido por los científicos y las reglas que lo rigen como forma de aproximarse al conocimiento establecido (Mancini y Rosenberg, 2015). Para Rocha *et al.* (2011), las imágenes en sus diferentes formas, actúan como estímulos que favorecen el aprendizaje, permitiendo la interpretación del mundo por parte del sujeto. En la práctica, la enseñanza de contenidos relativos a las células y los procesos que ocurren en ellas son complejos tanto para su enseñanza como para su aprendizaje, por lo que la utilización de recursos didácticos que incluyen imágenes externas (*e. g.*, dibujos, esquemas, gráficas y fotografías) ocupan un papel importante, ya que permiten mostrar hechos, fenómenos y estructuras que no pueden observarse directamente. La replicación del ADN (Ácido Desoxirribonucleico) es un proceso cuyo aprendizaje presenta importantes dificultades para la comprensión, destacándose la persistencia de determinados errores conceptuales, tales como la interpretación del modo de síntesis de cada nueva cadena de ADN. Esto podría estar relacionado con la manera inadecuada en que se interpretan los esquemas y figuras de la horquilla de replicación del ADN, que son usualmente utilizados por los docentes durante el desarrollo de las clases de Biología, tal como se observó en un estudio realizado en alumnos de la escuela secundaria (Rosenberg, 2014); los resultados del mismo arrojaron que la utilización de una representación alternativa del proceso referido, en la que se sitúa las horquillas en el interior de una o varias burbujas de replicación, mejora la comprensión, obteniéndose resultados favorables en los estudiantes, respecto a la calidad de los aprendizajes logrados y los niveles de desempeño.

Entre los recursos utilizados como mediadores curriculares en la enseñanza, los libros de texto cumplen un importante rol en los distintos niveles de la educación formal (Perales, 2008). En los mismos, las ilustraciones tienen un papel destacado, dado que son utilizadas profusamente en la bibliografía. Entre las diferentes funciones que las ilustraciones pueden ejercer en los libros de texto, la de promover o agilizar la comprensión es una de las más destacadas; en esta línea, Perales y Jiménez (2002) señalan que el uso de imágenes colabora particularmente en la comprensión de textos explicativos. En este sentido, son diversas las investigaciones llevadas a cabo vinculadas a la diversidad de representaciones gráficas y su uso en los textos destinados a la enseñanza en el nivel secundario de la educación (García Cruz, 1990; Jiménez Valladares y Perales Palacios, 2001; Otero *et al.*, 2002; Perales y Jimenez, 2002; Martínez García, 2003; Figini y De Micheli, 2005; Ferreiro y Occelli,

2008; Peláez *et al.*, 2010; Ocelli, 2011; Rodrigues da Silva, *et al.*, 2013; entre otros); en la misma línea, pero vinculados a la enseñanza en el nivel superior se ha reseñado que el tratamiento que se da en los libros de texto a determinados temas, podría interferir en el logro de aprendizajes adecuados (Otero *et al.*, 2002; Rodríguez Palmero, 2003; Rodríguez Palmero y Marrero Acosta, 2003; Maturano *et al.*, 2009; Legarralde, 2011, Legarralde *et al.*, 2014, entre otros). Por otro lado, también se ha mostrado que los libros de texto pueden ser transmisores de errores en la comprensión de determinados conceptos o procesos, detectándose al menos tres problemas básicos relativos a las imágenes en los textos: errores anatómicos y fisiológicos, ausencia de informaciones relevantes y ambigüedades y deficiencias gráficas (D'Aquino Rosa y Mohr, 2010; Pérez de Eulate *et al.*, 1999).

El presente trabajo tuvo como objetivo analizar las representaciones gráficas relativas al proceso de replicación del ADN, en textos usualmente utilizados en los últimos años de la escuela secundaria, en los cursos de ingreso a la universidad y en los primeros años de la universidad.

## METODOLOGÍA

En este estudio se analizaron las imágenes relacionadas con la duplicación del ADN en una muestra de cinco (5) libros usados frecuentemente en los últimos años de la escuela secundaria y en los cursos de ingreso a la universidad y en los primeros años de esta (Tabla 1). En cada libro se identificaron las imágenes usadas para ilustrar los conceptos relacionados con la duplicación del ADN, para lo cual se confeccionó una ficha para cada texto y se procedió al análisis taxonómico de cada una de las imágenes siguiendo la metodología propuesta por Perales y Jiménez (2002), quienes establecen las siguientes categorías: relacionadas con la función de la secuencia didáctica en la que aparece la ilustración (*Evocación, Definición, Aplicación, Descripción, Interpretación y Problematicación*); según el grado de iconicidad (*Fotografía, Dibujo figurativo, Dibujo esquemático, Dibujo figurativo + signos, Dibujo esquemático + signos*); en relación con el texto principal (*Connotativa, Denotativa, Sinóptica*); etiquetas verbales (*Sin etiquetas, Nominativas, Relacionales*). Para mostrar las relaciones existentes entre el texto escrito y las imágenes se estableció un índice, siendo las variables seleccionadas para obtener el indicador, la relación con el texto principal y las etiquetas verbales.

A cada categoría se le asignó un valor entre 0 y 3, sobre la base del siguiente criterio: a) Relación con el texto: *Connotativa (0), Denotativa (1), Sinóptica (2)*; b) Etiquetas verbales: *Sin etiqueta (0), Nominativa (1), Relacional (2)*. Con la intención de conocer la relación existente entre el texto escrito y la imagen se calculó un coeficiente de asociación que se obtiene sumando cada uno de los valores asignados a cada categoría (*e.g.* Denotativa: 1 + Relacional: 2) y multiplicándolo por el número de imágenes de este tipo encontradas en el texto. El índice de cada libro se obtuvo dividiendo el valor total del coeficiente por el número de ilustraciones presentes. Aplicando el mismo procedimiento a todos los libros seleccionados se obtuvieron los índices de cada uno, ya que de estos valores, se puede inferir la conexión entre texto e imagen, atendiendo a que el valor máximo posible del índice es 4 (donde todas las ilustraciones fueran *sinópticas* y *relacionales*).

Código	Referencia
L1	Alberts, B.; Bray, D.; Hopkin, K.; Johnson, A.; Lewis, J.; Raff, M; Roberts, K.; Walter, P.(2011). <i>Introducción a la Biología Celular</i> . Ed. Médica Panamericana. Madrid, España.
L2	Campbell, N. A., Mitchell, L. G. y Reece, J. B. (2007). <i>Biología</i> . Conceptos y relaciones. Ed. Pearson Educación. México.
L3	Curtis, H; Barnes, N; Schnek, A; Massarini, A. (2008). <i>Biología</i> . Ed. Médica Panamericana. Bs. As.
L4	Sadava, D; Heller, G; Orians, G; Purves, W y Hillis, D. (2009) <i>Vida. La ciencia de la Biología</i> . Ed. Médica Panamericana, Bs.As.
L5	Starr, C; Taggart, R. Evert, C y Starr, L. (2009) <i>Biología. La unidad y la diversidad de la vida</i> . Cengage. Learning

Tabla 1. Libros que fueron analizados en el presente trabajo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los cinco libros analizados se observaron 48 ilustraciones relativas a la replicación del ADN; el 33% fueron halladas en L1, por su parte los libros L2 y L3 presentaron el 17% de imágenes cada uno, en tanto que L4 y L5 mostraron el 23% y el 10% respectivamente (Tabla 2).

<b>Función de la secuencia didáctica</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L4</b>	<b>L5</b>
Evocación					
Definición					
Aplicación					
Descripción	14	8	5	10	
Interpretación	2		3	1	5
Problematización					
<b>Grado de iconicidad</b>					
Fotografía		1	3		
Dibujo figurativo		1			
Dibujo figurativo+signos					
Dibujo esquemático					1
Dibujo esquemático+signos	15	6	5	9	4
Fotografía+dibujo esquemático					
Fotografía+dibujo figurativo	1			2	
<b>Relación con el texto principal</b>					
Connotativa					
Denotativa			8	11	1
Sinóptica	16	8			4
<b>Etiquetas verbales</b>					

Sin etiqueta		1	2		1
Nominativa	5		2		2
Relacional	11	7	4	11	2

*Tabla 2. Resultados obtenidos de la categorización de las ilustraciones en cada uno de los libros de texto analizados.*

Respecto a las variables utilizadas para el análisis de las imágenes, en relación con la función de la secuencia didáctica, las categorías que presentaron mayor frecuencia para el libro 1 (L1) son la descripción (87,5%) y la interpretación (12,5%). En el caso de L2 el 100% de las imágenes son descriptivas. Para el libro 3 (L3) la descripción fue la categoría más alta (62,5%) seguida por la interpretación (37,5%). En el libro 4 (L4) también se observa a la descripción como la categoría más alta (91%) en tanto que la interpretativa presentó valores más bajos (9,1%). En el libro 5 (L5) la totalidad de las imágenes corresponde a la función de interpretación.

En relación con el grado de abstracción que poseen las imágenes, el que se asocia a la variable grado de iconicidad, se observa que las ilustraciones corresponden mayoritariamente a dibujos esquemáticos + signos.

Del análisis de la relación con el texto principal, se observa que en L1 y L2, el 100% de las imágenes son sinópticas. En tanto que en L3 y L4, la totalidad son denotativas y en L5, se distribuyen entre sinópticas (80%) y denotativas (20%).

En L1 el 93,7% de las etiquetas verbales son relacionales, mientras que el 6,3% son nominativas. En L2, todas las etiquetas son relacionales. En L3, el 50% de las etiquetas son relacionales, un 25% nominativas, y un 25% de imágenes no poseen etiquetas. En L4 el 100% son relacionales y en L5 el 40% son relacionales, un 40 % nominativas y el 20% de las imágenes carece de etiquetas.

Los índices calculados para cada uno de los libros, a partir de contrastar las variables “relación con el texto principal” y “etiquetas verbales”, indican que L2 y L1 (Tablas 3 y 4) presentan los índices más altos (3,75 y 3,7 respectivamente); por su parte L3 presentó el valor más bajo (2,25) (Tabla 5), encontrándose a L4 y L5 con un valor de 3 respectivamente (Tablas 6 y 7). Estos datos permiten indicar que existe una mayor conexión entre el texto y la imagen en L1 y L2. Autores como Perales y Jiménez (2002) Ocelli (2011) entre otros, quienes realizaron sus estudios en textos destinados a la educación secundaria, afirman que en general existe una conexión deficiente entre el texto y las imágenes en relación a las secuencias didácticas y al uso de las ilustraciones. En la misma línea Díaz y Pandiella (2007), señalan que los textos analizados en su estudio, no promoverían en los alumnos una comprensión profunda de los contenidos que desarrollan, ya que no lograron combinar de manera óptima los recursos lingüísticos y visuales que contienen. En este trabajo, a diferencia de lo hallado por estos autores, se puede afirmar que en general los libros bajo estudio presentan una buena conexión entre las imágenes y el texto, característica que podría colaborar hacia una comprensión adecuada del proceso de replicación del ADN. En este sentido, las diferencias halladas con los autores citados y en concordancia con Otero *et al.*, 2002, podrían atribuirse a los niveles de enseñanza a que están destinados los materiales estudiados.

	Tipo de etiqueta			
Relación con el texto	Sin etiqueta	Nominativa	Relacional	Total
Connotativa				
Denotativa				
Sinóptica		5 ( $5^* \times 3^{\text{º}} = 15$ )	11 ( $11^* \times 4^{\text{º}} = 44$ )	16(59)
Total		5 (15)	11 (44)	16(59)
Índice	59/16= 3,7			

Tabla 3. Datos obtenidos de las imágenes encontradas en el libro L1, teniendo en cuenta las variables “relación con el texto principal” y “etiquetas verbales”. \*: indica la cantidad de imágenes encontradas en el texto ; º: indica la sumatoria de los valores asignados a las dos categorías.

	Tipo de etiqueta			
Relación con el texto	Sin etiqueta	Nominativa	Relacional	Total
Connotativa				
Denotativa				
Sinóptica	1 ( $1^* \times 2^{\text{º}} = 2$ )		7 ( $7^* \times 4^{\text{º}} = 28$ )	8(30)
Total	1(1)		7 (28)	8(30)
Índice	30/8= 3,75			

Tabla 4. Datos obtenidos por las imágenes encontradas en el libro L2, teniendo en cuenta las variables “relación con el texto principal” y “etiquetas verbales”. \*: indica la cantidad de imágenes encontradas en el texto ; º: indica la sumatoria de los valores asignados a las dos categorías.

	Tipo de etiqueta			
Relación con el texto	Sin etiqueta	Nominativa	Relacional	Total
Connotativa				
Denotativa	2 ( $2^* \times 1^{\text{º}} = 2$ )	2 ( $2^* \times 2^{\text{º}} = 4$ )	4 ( $4^* \times 3^{\text{º}} = 12$ )	8 (18)
Sinóptica				
Total	2 (2)	2 (4)	4 (12)	8 (18)
Índice	18/8= 2,25			

Tabla 5. Datos obtenidos por las imágenes encontradas en el libro L3, teniendo en cuenta las variables “relación con el texto principal” y “etiquetas verbales”. \*: indica la cantidad de imágenes encontradas en el texto ; º: indica la sumatoria de los valores asignados a las dos categorías.

	<b>Tipo de etiqueta</b>			
<b>Relación con el texto</b>	<b>Sin etiqueta</b>	<b>Nominativa</b>	<b>Relacional</b>	<b>Total</b>
<b>Connotativa</b>				
<b>Denotativa</b>			11(11* x 3 <sup>º</sup> = 33)	<b>11(33)</b>
<b>Sinóptica</b>				
<b>Total</b>			<b>11(33)</b>	<b>11(33)</b>
<b>Índice</b>	<b>33/11= 3</b>			

Tabla 6. Datos obtenidos por las imágenes encontradas en el libro L4, teniendo en cuenta las variables “relación con el texto principal” y “etiquetas verbales”. \*: indica la cantidad de imágenes encontradas en el texto ; º: indica la sumatoria de los valores asignados a las dos categorías.

	<b>Tipo de etiqueta</b>			
<b>Relación con el texto</b>	<b>Sin etiqueta</b>	<b>Nominativa</b>	<b>Relacional</b>	<b>Total</b>
<b>Connotativa</b>				
<b>Denotativa</b>	1(1* x 1 <sup>º</sup> =1)			<b>1(1)</b>
<b>Sinóptica</b>		2(2* x 3 <sup>º</sup> =6)	2(2* x 4 <sup>º</sup> =8)	<b>4(14)</b>
<b>Total</b>	<b>1(1)</b>	<b>2(6)</b>	<b>2(8)</b>	<b>5(15)</b>
<b>Índice</b>	<b>15/5= 3</b>			

Tabla 7. Datos obtenidos por las imágenes encontradas en el libro L5, teniendo en cuenta las variables “relación con el texto principal” y “etiquetas verbales”. \*:indica la cantidad de imágenes encontradas en el texto ; º: indica la sumatoria de los valores asignados a las dos categorías.

## CONCLUSIONES

Considerando las características de los libros de texto analizados, los resultados y observaciones de este estudio resultan de interés para el docente, ya que pueden ser utilizadas para tomar decisiones respecto a la bibliografía a utilizar en las clases seleccionando por ejemplo, aquellos textos en los cuales las vinculaciones texto-imagen resultan más notorias (L1 y L2); pero también puede recurrirse a las debilidades reconocidas en el material bibliográfico, como fuente de actividades de clase. Además es importante considerar los datos de este estudio en función de las proposiciones e imágenes presentes en estos textos y su influencia con los aprendizajes que logran los estudiantes; esto implica la formación de sus propias representaciones sobre un contenido.

Considerando estos fundamentos, centrar la mirada en los textos destinados a la enseñanza superior resulta sustantivo para esta investigación y para otras venideras.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Díaz, L. y Pandiella, S. (2007). Análisis del lenguaje icónico presente en libros de texto de tecnología. I Jornadas Nacionales de Investigación Educativa II Jornadas Regionales - VI Jornadas Institucionales. Facultad de Educación Elemental y Especial – Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza.

<http://www.feeye.uncu.edu.ar/web/posjornadasinve/area3/Lengua%20%20Didactica%20de%20la%20lengua%20-%20TICs/area3-6.htm>

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>).

Figini, E. De Micheli, A. (2005). La Enseñanza de la Genética en el nivel medio y la educación polimodal: contenidos conceptuales en las actividades de los libros de texto *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra VII Congreso.

García Cruz, C.M. (1990). Algunos errores conceptuales sobre Genética derivados de los libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (2): 197-198.

Jiménez Valladares, J. y Perales Palacios, F.J. (2001). Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito e ilustraciones de los libros de Física y Química de la ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (1): 3-19.

Legarralde, T. (2011). Representaciones sobre Meiosis y Leyes de Mendel de estudiantes del Profesorado en Ciencias Biológicas. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue. Tesis inédita de Maestría.

Legarralde, T.; Gallarreta, S. y Vilches, A. (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 (2), 55-69.

Mancini, V. y Rosenberg, C. (2015) El uso de los modelos en la Didáctica de las Ciencias Naturales: una propuesta evaluativa con modelos nutricionales. II Jornadas Internacionales “Problemáticas en torno a la enseñanza en la Educación Superior. Diálogo abierto entre la didáctica general y las didácticas específicas”. Universidad Nacional de Luján.

Martínez García, M. (2003). Análisis del contenido de Genética en textos de Educación No Universitaria. *Revista Interuniversitaria de Formación de Profesorado*, 17(1): 207-208.

Maturano, C.; Aguilar, S. y Núñez, G. (2009). Conversión de imágenes al lenguaje escrito: un desafío para el estudiante de Ciencias Naturales. *Revista Eureka Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6 (1), 63-78.

Disponible en: (<http://www.apaceureka.org/revista/Larevista.htm>)

Occelli, M. (2011). La enseñanza de la Biotecnología en la escuela secundaria y su abordaje en los libros de texto: un estudio en la ciudad de Córdoba. *Revista de Educación en Biología*, 14 (2), 42-45.

Otero, M. R.; Moreira, M. A. y Greca, I. M. (2002). El uso de imágenes en textos de Física. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7, (2), 127- 154.

Peláez, C.; Rodríguez, J.M. y Occelli, M. (2010). Análisis del concepto de reproducción en libros de texto para el primer ciclo de la escuela secundaria (EGB 3). *Revista de Educación en Biología*, 13 (2): 7-15

Perales, F. J. (2008). La Imagen en la Enseñanza de las Ciencias: Algunos Resultados de Investigación en la Universidad de Granada, España. *Formación Universitaria*, 1 (4), 13-22.

Perales, F. J. 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.

Pérez de Eulate, L., Llorente, E. y Andrieu, A. (1999). Las imágenes de la digestión y excreción en los textos de primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), pp. 165-178.

Rocha, J. A.; Pereira, R. V. y Henriques, C. (2011). Imagem como ferramenta de eficiência cognitiva para o ensino de ciências. Disponible en:  
<http://www.educasul.com.br/2011/anais/formacao/Joyce%20Alves%20Rocha.pdf>

Rodríguez Palmero, M. L. (2003). La célula vista por el alumnado. *Ciência & Educação*, 9 (2), 229-246.

Rodríguez Palmero, M. L. y Marrero Acosta, J. (2003). Un análisis y una organización del contenido de biología celular. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (1).  
Disponible en: (<http://www.saum.uvigo.es/reec/lang/spanish/volumenes.htm>).

Rodrigues da Silva, M.; Meneghello Passos, M.; Vilas Boas, A. (2013). A historia da dupla hélice do DNA nos livros didáticos: suas potencialidades e uma proposta de diálogo. *Ciência & Educação*, 19, (3), p. 599-616.

Rosenberg, C. (2014) Estrategias para mejorar la comprensión del proceso de replicación del ADN en alumnos de la Escuela Secundaria. Trabajo final de Especialización en la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Universidad Nacional de La Plata

Rosenberg, C.; Legarralde, T. y Vilches, A. (2014). Estrategias para mejorar la comprensión del proceso de replicación del ADN en alumnos de la Escuela Secundaria En Actas de las XI Jornadas Nacionales y VI Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología. 9, 10 y 11 de octubre. General Roca. Río Negro. Argentina