

Instrumentos ópticos: análisis de las imágenes en libros de texto universitarios

Optical instruments: image analysis in university textbooks

Norah Giacosa^{1*}, Claudia Zang¹, Silvia Beck¹, Alejandro Such¹

¹Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones, Félix de Azara 1552, CP 3300, Posadas, Misiones, Argentina.

*E-mail: norahgiacosa@gmail.com

Resumen

Se muestran resultados de un estudio descriptivo de casos múltiples que examinó la totalidad de las imágenes relativas a instrumentos ópticos incluidas en diez libros de física universitaria. Basados en aportes de investigaciones previas en Didáctica de las Ciencias, se estudiaron 229 imágenes mediante el análisis de contenido. Los resultados indican que la mayor frecuencia absoluta de imágenes alude a lupa y microscopio compuesto. Las ilustraciones se emplean mayoritariamente para describir los instrumentos ópticos, los fenómenos ópticos acaecidos en ellos o las imágenes producidas por dichos instrumentos. Prevalen los esquemas por sobre las fotografías y los gráficos cartesianos. Todas las imágenes guardan relación con el tema principal. La mitad de las imágenes poseen etiquetas verbales. Predominan las ilustraciones coloridas por sobre las imágenes en blanco y negro. Existen dos imágenes que contienen ambigüedad al confundir lente divergente por convergente. Por último; las imágenes son heterogéneas, en algunos ejemplares se muestran temas clásicos mientras que en otros se estimula el interés por el conocimiento contemporáneo.

Palabras clave: Imágenes; Instrumentos ópticos; Libros de texto; Física; Universidad.

Abstract

Results are shown from a descriptive multiple-case study that examined all the images related to optical instruments included in ten university physics books. Based on contributions from previous research in Science Teaching, 229 images were studied through content analysis. The results indicate that the highest absolute frequency of images refers to magnifying glass and compound microscope. Illustrations are mostly used to describe optical instruments, the optical phenomena that occur in them or the images produced by said instruments. Diagrams prevail over photographs and Cartesian graphs. All images are related to the main theme. Half of the images have verbal labels. Colorful illustrations predominate over black and white images. There are two images that contain ambiguity by confusing divergent lenses with convergent ones. Finally; the images are heterogeneous, in some copies classical themes are shown while in others interest in contemporary knowledge is stimulated.

Keywords: Images; Optical instruments; Textbooks; Physical; University.

I. INTRODUCCIÓN

Un estudio anterior identificó algunas de las ideas previas de los estudiantes que dificultarían el aprendizaje del fenómeno de refracción en lentes delgadas y cuáles de ellas se explicitan en un conjunto de diez libros de texto (LT) de física universitaria frecuentemente empleados en Argentina. Asimismo, mostró que dicho fenómeno se presenta empleando sistemas lingüísticos y simbólicos diferentes. También señaló que en la mayoría de los ejemplares se define a los “objetos virtuales” como aquellos en los que la “distancia objeto es negativa” sin aclarar que las cuestiones y problemas que se abordarán, preferentemente, aluden a objetos reales; que el signo de esa variable depende de la posición respecto a la lente y es opuesta al sentido de iluminación. Sólo en uno se menciona claramente, al pie de página, que un objeto virtual es la imagen *intermedia* de un sistema óptico centrado y que será considerada objeto para el siguiente elemento óptico. Si su posición es *coincidente* con sentido de iluminación, dicho objeto es *real*; en cambio si la posición es *contraria*, el objeto es *virtual*. La única ilustración que ejemplifica la formación de una imagen de un *objeto virtual* por refracción en una lente divergente se presenta incompleta, pues no se especifica con qué elemento óptico se obtuvo dicho objeto (Giacosa, Zang y Such, 2022).

Continuando ese trabajo, se propuso investigar, empleando el análisis de contenido en los mismos LT, la totalidad de las imágenes relacionadas con los instrumentos ópticos que se exhiben con el objetivo de contribuir con la literatura existente.

II. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

La función didáctica de un “evento”, entendido como un “párrafo” de un libro de texto (LT), ha sido categorizada -con ejemplos concretos aplicados a cinemática- por Jiménez y Perales (2001) y Perales y Jiménez (2002) como: *evocación*, *definición*, *aplicación*, *descripción*, *interpretación* y *problematización*. Los autores de esta investigación sostienen que es posible analizar las funciones didácticas de las imágenes y sus respectivos epígrafes que se muestran en los LT para cualquier fenómeno físico empleando dicha clasificación.

Así; la función **evocación** de una imagen relacionada con el contenido objeto de estudio de esta investigación, podría presentarse como una fotografía que muestra una lupa y la respectiva amplificación de la imagen que ella produce o una cámara fotográfica, etc. pues todas ellas hacen alusión a elementos de la vida cotidiana o instrumentos ópticos que se suponen conocidos por el estudiante. En cambio; una imagen cuya función es la **definición**, establece relaciones entre variables independientes y variables dependientes. En el caso de un microscopio compuesto resalta relaciones entre distancia focal del objetivo y del ocular, distancia del objeto al objetivo, distancia de la imagen producida por el objetivo (objeto para el ocular) y la distancia focal del ocular, imagen final obtenida, etc. Generalmente dichas cuestiones se señalan en la figura con etiquetas verbales expresadas con los signos mayor, igual o menor o expresiones breves. Las imágenes cuya función es la **aplicación**, refieren a ejemplos concretos cuyo objetivo es consolidar una definición ya dada. Por ejemplo, indicar que toda lente convergente puede ser utilizada como lupa si la distancia objeto es menor que la distancia focal. La función **descripción** alude a cuestiones científicas supuestamente desconocidas por el lector. Tal es el caso del esquema del ojo humano en el que se puedan apreciar las principales características fisiológicas del mismo. La función **interpretación**, desde el punto de vista de construcción de modelos científicos, está indisolublemente asociada al proceso de representación. La representación y la interpretación son operaciones cognitivas duales; mientras que la representación asigna a un fenómeno físico un concepto teórico, la interpretación relaciona el concepto teórico con el fenómeno físico (Morin, 1999). La función **problematización** tiene por finalidad responder interrogantes para las cuales los lectores deberán poner a prueba sus ideas. En la mayoría de los LT se presentan, a manera de modelos, problemas resueltos cuya finalidad es estimular el interés del tema mostrando aplicaciones de los conceptos presentados.

Por otro lado, las imágenes de los LT de física, catalogados como *bilingües* por Alexander y Kulikowich (1994), constituyen un elemento más del sistema simbólico y se usan con el supuesto fin de capturar la atención de los lectores (Otero y Llanos, 2019). Dichas imágenes pueden ser clasificadas según su grado de iconicidad. En este trabajo, de acuerdo a la búsqueda bibliográfica realizada y ajustándose al tema abordado, interesa diferenciarlas en: fotografía, esquema, fotografía con dibujo y gráfico cartesiano.

Etimológicamente, la palabra **fotografía** hace referencia a un conjunto de líneas grabadas con la luz que intentan representar, con la mayor fidelidad posible, la realidad. Otero y Llanos (2019) las consideran representaciones icónicas “narrativas” porque -según la gramática de la imagen- con ella es posible construir alguna “narración” entre los objetos que las componen. El **esquema**, para las mismas autoras, es una representación simbólica conceptual de un asunto o un proceso en el que se resaltan los caracteres o propiedades más esenciales. Es más abstracto que los dibujos y se lo suele usar para relacionar elementos o establecer niveles jerárquicos. Las características fijas del mismo facilitarían la

categorización entre las cosas y/o partes intervinientes. El **gráfico** es una representación visual, elaborado a partir de un conjunto de datos y determinado a partir de la noción de función matemática. Su principal objetivo es poner de manifiesto, utilizando un conjunto de convenciones y formalismos, la relación que guardan entre sí los datos, lo cual posibilita analizar un proceso o un fenómeno. Como posee un alto nivel de abstracción, su lectura es más compleja que la de un esquema o dibujo, y requiere por parte del lector, de un dominio de códigos específicos para su decodificación o interpretación (García, 2005).

Los artículos científicos abocados a los LT o fenómenos ópticos son numerosos y disímiles. Existen estudios centrados en el análisis de ciertos aspectos o temas de los LT: el contenido (Qadeer, 2014); la indagación de la producción científica procurando identificar tendencias de líneas de investigación (Lizarazo, Rivera y Ramírez, 2021); la evolución histórica de los LT de Física (Hosoume y Martins, 2022; Keenahan, Carroll y Keenahan, 2023); la utilización de las ilustraciones (Hirata Kitahara, 2022); la calidad de los LT (Hvorecký y Korenova, 2023); las experiencias propuestas (Gumilar e Ismail, 2023; Perez y Villagrà, 2020); entre otros. En ellos se han identificado aspectos positivos y otros cuestionables sobre su utilidad en el aula de Ciencias.

Por su parte, Aregehagn, Lykknes, Getahun y Febri (2023) investigaron la formación-observación de imágenes en los LT de física etíopes y cómo estas representaciones podrían ser las posibles causas de las dificultades de aprendizaje de los *fenómenos de reflexión y refracción* en los estudiantes. Sus resultados revelan que los ejemplares analizados a veces contienen explicaciones que aclaran explícitamente las imágenes y que están integradas de manera consistente. Sin embargo, los LT también contienen representaciones verbales implícitas, faltantes e incorrectas, así como representaciones pictóricas incompletas, selectivas y modeladas que se presentan de manera inconsistente.

Otros investigadores (Saputri y Asrizal, 2023), preocupados por el aprendizaje de los estudiantes de Indonesia relacionado con los *instrumentos ópticos* analizaron la posibilidad de desarrollar materiales didácticos digitales utilizando realidad aumentada. Entre otras cuestiones, concluyen que: el tema es necesario tanto para profesores como para estudiantes involucrados en el estudio, los estudiantes no están interesados en utilizar materiales didácticos impresos y los elementos existentes que emplean los docentes no se alinean con el contexto de la escuela. En tanto que, Marzábal, Hernández e Izquierdo (2014) analizaron cinco LT de física y tres de química de educación secundaria obligatoria española con el propósito de identificar los modelos interpretativos de la realidad asociados a los temas onda y cambio químico. Las formaciones semióticas analizadas incluyeron imágenes, texto escrito y actividades. En sus conclusiones señalan que pese a los esfuerzos de las editoriales por lograr LT atractivos y claros, en los ejemplares analizados es escasa la conexión explícita con la actividad escolar autónoma y experimental, las cuales consideran fundamentales para la adquisición de competencias.

De la búsqueda documental realizada, no se encontraron reportes de investigaciones que den cuenta del objetivo pretendido en este estudio.

III. METODOLOGÍA

Se planteó investigar, mediante el análisis de contenido aplicado a un estudio de casos múltiples, las imágenes relacionadas con los instrumentos ópticos presentes en una muestra intencional de diez LT de Física universitaria (Ander-Egg, 2010). En la Tabla I se muestra el código asignado a cada uno de los ejemplares elegidos.

TABLA I. Código asignado a los libros de texto seleccionados.

T1: Alonso, E. y Finn, E. (1976). <i>Física. Vol. II Campos y ondas</i> . Barcelona, España: Fondo Educativo Interamericano.	T6: Rex, A. y Wolfson, R. (2011). <i>Fundamentos de Física</i> . España: Pearson Educación.
T2: Bauer, W. y Westfall, G. (2011). <i>Física para Ingeniería y Ciencias con Física moderna. Volumen 2</i> . (1ª ed.). México: McGraw Hill.	T7: Serway, R. y Jewett, J. (2009). <i>Física para ciencia e ingeniería con Física Moderna. Vol. 2</i> . (7ª ed.). México: Ed. Cengage Learning Editores S.A.
T3: Gettys, E., Keller, F. y Skove, M. (2005). <i>Física para Ciencias e Ingeniería. Tomo II</i> . México: McGraw Hill.	T8: Tipler, P. (1993). <i>Física. Tomo 2</i> . (3ª ed.). España: Editorial Reverté S.A.
T4: Giancoli, D. (2009). <i>Física para Ciencias e Ingeniería con Física moderna. Volumen II</i> . (4ª ed.). México: Pearson Educación.	T9: Wilson, J., Bufa, A. y Lou, B. (2007). <i>Física</i> . (6ª ed.). México: Pearson Educación.

T5: Resnick, R., Halliday, D. y Krane, K. (2002). <i>Física. Vol. 2.</i> (5ª ed. Inglés, 4ta español). México: Compañía Editorial Continental.	T10: Young, H. y Freedman, R. (2009). <i>Física universitaria con Física Moderna. Vol. 2.</i> (12ª ed.). México: Pearson Educación.
---	--

Las unidades de análisis (Bardin, 1996) fueron las secciones dedicadas al estudio de los instrumentos ópticos (lupa, microscopio compuesto, telescopio, sistemas ópticos centrados, ojo humano, defectos de la visión humana, cámara fotográfica, etc.) como así también los 37 problemas resueltos. La totalidad de las imágenes se analizaron teniendo en cuenta las variables: I. *Función didáctica en la que aparecen las imágenes*; II. *Grado de iconicidad*; III. *Relación con el texto principal*; IV. *Etiquetas verbales*; V. *Color*; y VI. *Ambigüedades*. Las imágenes se registraron, siguiendo las recomendaciones de Lee (2010), en función a la cantidad de apartados que sugiere el/los autor/es de los LT. Una vez identificadas las mismas (LT, número asignado en la obra y página), pares de investigadores de este trabajo procedieron a categorizar cada una de ellas empleando una planilla de cálculo. Finalmente, a manera de validación interna, se compararon y acordaron los resultados que se muestran a continuación.

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las imágenes examinadas en los diez LT totalizan 229, siendo el número máximo 45 (en T2) y el mínimo 6 (en T3). Los LT ordenados de mayor a menor cantidad de ilustraciones son: T2 (45), T8 (42), T4 (41), T10 (34), T7 (22), T6 (15), T9 (9), T5 (8), T1 (7) y T3 (6). Los resultados indican que la mayor frecuencia absoluta de imágenes relacionadas con instrumentos ópticos corresponde a lupa y microscopio compuesto; y en menor medida a telescopio refractor, sistemas ópticos centrados, ojo humano, defectos de la visión humana y cámara fotográfica. En Tabla II se presenta una síntesis del análisis realizado.

TABLA II. Total de imágenes analizadas según variables y subvariables por libros de texto.

Variables	Subvariables	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Total
Número de imágenes	---	7	45	6	41	8	15	22	42	9	34	229
I. Función didáctica en la que aparece la imagen	I.1. Evocación	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	3
	I.2. Definición	4	1	1	0	0	2	0	0	0	2	10
	I.3. Aplicación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	I.4. Descripción	3	42	5	37	6	13	20	38	8	29	201
	I.5. Interpretación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	I.6. Problematización	0	1	0	4	2	0	1	4	0	3	15
II. Grado de iconicidad	II.1. Fotografía	0	14	0	9	1	0	10	21	4	8	67
	II.2. Esquema	7	30	6	31	7	15	11	20	5	26	158
	II.3. Fotografía con dibujo	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	3
	II.4. Gráfico cartesiano	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
III. Relación con el texto principal	III.1. Sí	7	45	6	41	8	15	22	42	9	34	229
	III.2. No	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IV. Etiquetas verbales	IV.1. Sí	3	17	4	30	2	11	10	6	4	27	114
	IV.2. No	4	28	2	11	6	4	12	36	5	7	115
V. Color	V.1 Blanco y Negro	7	2	6	17	8	15	1	1	0	0	57
	V.2. Coloridas	0	43	0	24	0	0	21	41	9	34	172
VI. Ambigüedades	VI.1. Sí	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2
	VI.2. No	7	45	6	41	8	15	21	42	8	34	227

La "descripción" es la función didáctica de las imágenes que se presenta con mayor frecuencia en los LT analizados. El 88% de las ilustraciones de la muestra examinada, describe algún instrumento óptico o imagen obtenida con ellos. Los instrumentos ópticos más exhibidos son lupa y microscopio compuesto; y en menor medida telescopio refractor, sistemas ópticos centrados, estructura del ojo humano, defectos de la visión humana y cámara fotográfica.

Otra función didáctica usada con menor frecuencia es la “problematización”. En la muestra examinada el 7% de las ilustraciones se emplea para plantear problemas o mostrar sus resoluciones. La mayoría de estas ilustraciones aluden a sistemas ópticos centrados, lupa, hipermetropía y miopía.

En un 4% de las imágenes analizadas la “definición” se usa para diferentes propósitos. En T1 se utiliza para: determinar la distancia focal de un sistema de dos lentes delgadas (Fig. 21.18 b y c), cuando la separación entre ellas es despreciable, identificar la distancia de visión nítida en una lupa (Fig.21.19) y establecer el poder de resolución de un ojo humano normal (Fig.21.21). En T2 se emplea para diferenciar el ángulo de visión horizontal de una cámara fotográfica con teleobjetivos de diferentes aumentos (Fig.33.29). Y en varios ejemplares (T3: Fig.35.29.b, T6: Fig. 21.33.a, 21.34.a y T10: Fig. 34.51.a y b) se resalta el aumento angular de una lupa.

El porcentaje restante, 1%, tiene la función didáctica “evocación”. Las imágenes que fueron categorizadas como evocación hacen referencia a lupa o microscopio simple, se encuentran en T2, T7 y T9; y en todas las ocasiones, se presentan fotos en las que se resalta la amplificación de la imagen (tabla o porción de un mapa) que se obtiene con ella en comparación con el tamaño real del objeto, tal como se muestra en la Figura 1. Ninguna de las imágenes analizadas tiene por función didáctica la “aplicación” ni la “interpretación”.

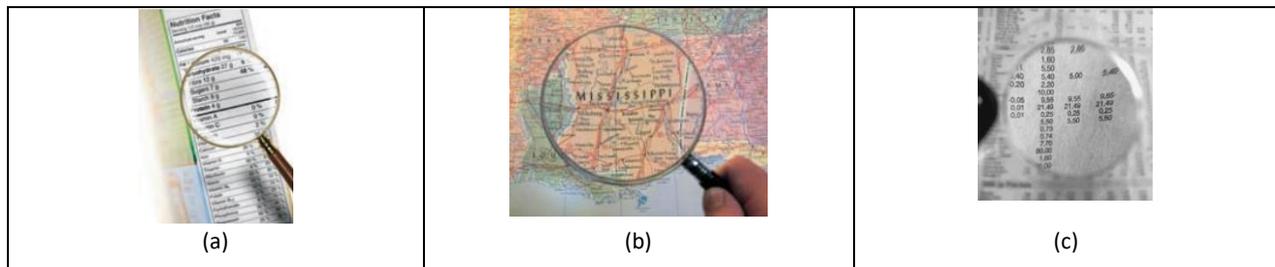


FIGURA 1. Imágenes producidas por una lupa, según los diferentes LT: (a) T2, p.1067; (b) T7, p.1036; y (c) T9, p.744.

En relación al grado de iconicidad, los resultados muestran que el 69% de las ilustraciones son “esquemas”. La mayoría de los esquemas exhiben la marcha rayos y la respectiva formación de imágenes en diferentes instrumentos ópticos, la representación del ojo humano resaltando sus principales características, las posiciones relativas de un objeto cercano, lente convergente y ojo para la corrección de la hipermetropía, corrección de la miopía resaltando posiciones relativas de objeto lejano, lente divergente y ojo humano, ángulo de visión de una cámara fotográfica, lente de cámara con diafragma ajustable, disposición de lente zoom para distancia focal larga y corta, entre otros. En menor porcentaje, 29%, las imágenes son “fotografías” y se presentan únicamente en siete de los ejemplares analizados. Existen tres LT (T1, T3 y T6) que prescinden de este tipo de recurso y dos (T2 y T8) que lo usan de tal manera, que entre ambos exhiben más de la mitad del total de fotos [52% (35/67)].

Las fotografías muestran mayoritariamente telescopio reflector, telescopio refractor, cámaras fotográficas, microscopio compuesto, lentes de Fresnel, fotografías obtenidas con diferentes instrumentos ópticos o paisajes retratados con la misma cámara fotográfica desde el mismo punto utilizando diferentes teleobjetivos para resaltar que al incrementar el aumento lateral del mismo se amplía la imagen, tal como se exhibe en la Figura 2.



FIGURA 2. Imágenes producidas por una cámara fotográfica con distintos teleobjetivos, según los diferentes LT: (a) T2, p.1076 y (b) T10, p.1183.

En ciertas fotografías se revelan objetos diminutos y/o microscópicos (conos y bastón) aumentados hasta cinco mil veces [ver Figura 3 (a)], imagen de un cúmulo de estrellas en la Gran Nube de Magallanes obtenida con el telescopio Hubble [ver Figura 3 (b)], imagen del centro de la Vía Láctea producida desde el observatorio espacial de rayos X Chandra o de la galaxia M100 producida por el telescopio espacial Hubble en el momento en que se puso en

funcionamiento y luego de corregir las propiedades ópticas. Las fotografías con dibujos, 1,5%, se muestran en tres ejemplares (T2, T4 y T8) y en todos los casos aluden a una cámara fotográfica, una vista superior de una cámara digital donde se resaltan sus partes, la posición del objeto y de la imagen; y dos cámaras réflex de un solo objetivo con dibujo superpuesto de la trayectoria del haz de luz.

El único gráfico cartesiano, 0,5%, se presenta en T7 (Fig.36.36) y describe la sensibilidad aproximada al color (azul, verde y rojo) de los tres tipos de conos presentes en la retina en función de la longitud de onda [ver Figura 3 (c)].

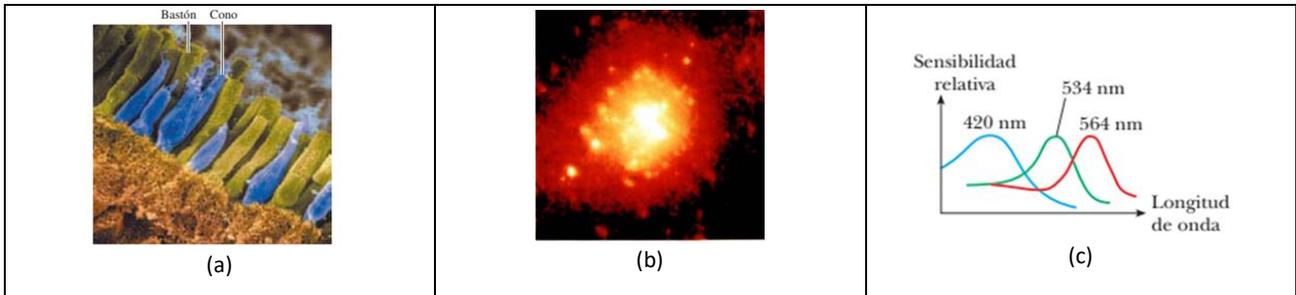


FIGURA 3. (a) Conos y bastones del ojo humano (T10, p.1085); (b) Cúmulo de estrellas en la Gran Nube de Magallanes obtenida con el telescopio Hubble (T8, p.1057); y (c) Sensibilidad relativa de los conos en función a la longitud de onda (T7, p.1034).

Con respecto a la relación que guardan las ilustraciones con el texto principal, el análisis realizado indica que todas ellas guardan relación con el tema desarrollado. Pero, es indudable que varias de ellas, abordan contenidos conceptuales secundarios y/o laterales, que con la información proporcionada (sea como epígrafe o etiquetas verbales) dejan datos inconclusos que podrían ser empleados en situaciones áulicas como “pretexto motivador” para profundizarlos.

La mitad de las imágenes emplea etiquetas verbales que se usan para señalar/identificar elementos particulares (lentes, espejos, objetos, imágenes intermedias, rayos, etc.) de los instrumentos ópticos y/o para definir ciertas características de los mismos. Predominan las ilustraciones coloridas (75%) por sobre las imágenes en blanco y negro (25%).

Dos imágenes, exhibidas en T4 (Fig.33.15) y T9 (Fig. 23.15.b) contienen ambigüedades. El enunciado de uno de los problemas resueltos indica: “Para medir la distancia focal de una lente **divergente**, se coloca una lente **divergente** en contacto con ella...” (T4, p.875), pero se muestran una lente convergente y otra divergente adosadas. En el epígrafe de la otra figura se señala: “b) Diagrama de rayos para una lente **divergente** con $d_o < f$. La imagen es virtual, derecha y aumentada” (T9, p.744) y se muestra la marcha de rayos en una lente **convergente** y la respectiva formación de imagen cuando es empleada como lupa. La negrita de la copia textual y de la aclaración corresponde a los autores.

Por último, existen secuencias de ilustraciones con un alto valor didáctico, por cuestiones de espacio se muestra solo una, que asocia el dibujo del instrumento con la realidad, rompe el *estereotipo* de mostrar el eje principal horizontal, explicita la marcha de rayos con etiquetas verbales y muestra una fotografía de lo que vería el observador. En T10, la figura numerada como 34.52 indica:

a) Elementos de un microscopio. b) El objeto O se coloca inmediatamente por fuera del primer punto focal del objetivo (para mayor claridad, se exageró la distancia s_1). c) Esta imagen de microscopio muestra organismos unicelulares de aproximadamente 2×10^{-4} (0.2 mm) de diámetro. Microscopios ópticos comunes pueden mostrar características tan pequeñas como 2×10^{-7} m, que son comparables con la longitud de onda de la luz. (T10, p.1191)

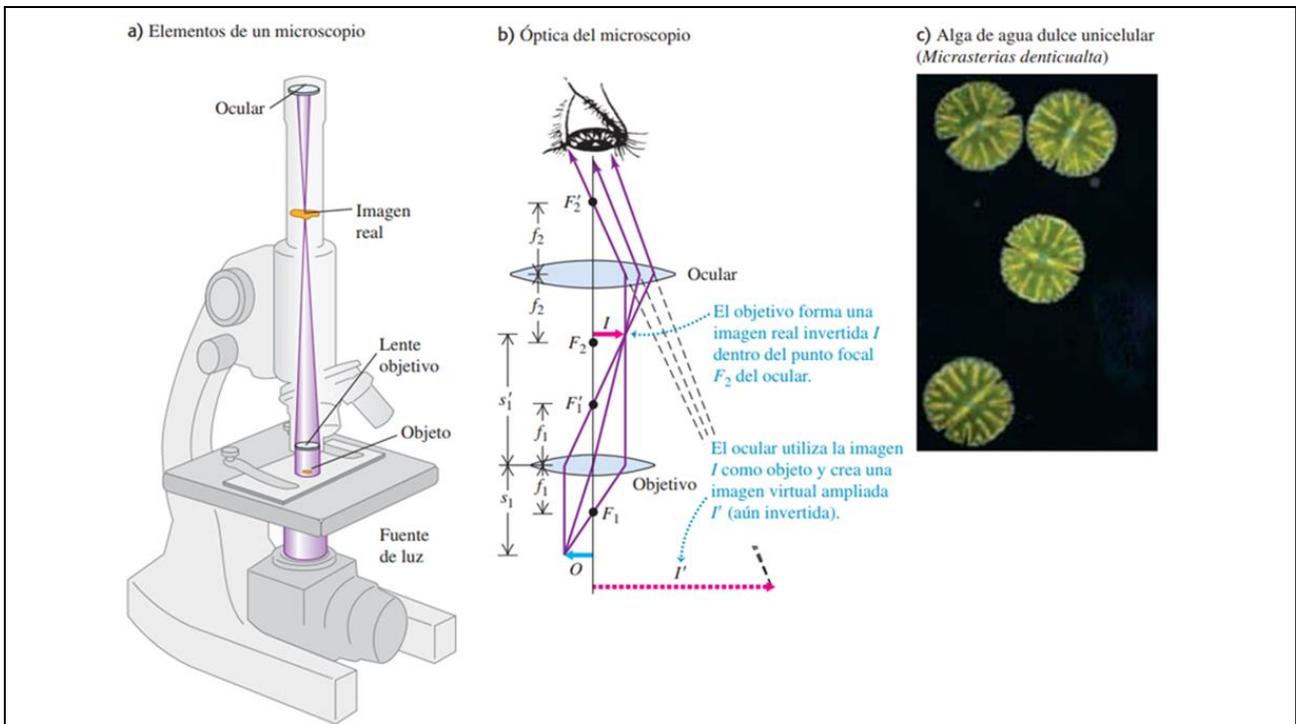


FIGURA 4. Selección de secuencia de ilustraciones con alto valor didáctico: T10, p.1191.

La primera de ellas (a) corresponde a una imagen que describe el microscopio compuesto mediante un *esquema colorido con etiquetas verbales, sin ambigüedades y relacionado con el texto principal*. La segunda (b) muestra la marcha de rayos y la respectiva formación de imágenes en el mencionado instrumento con características prácticamente idénticas a las citadas, excepto que su función es la *definición* (obsérvese que las etiquetas verbales definen las imágenes que producen el objetivo y el ocular). La tercera reproduce, mediante una *fotografía colorida sin etiquetas ni ambigüedades*, lo que vería el observador. Implícitamente describe las algas de agua dulce unicelular.

V. SÍNTESIS E IMPLICACIONES PARA LA ENSEÑANZA

Los resultados derivados de esta investigación mostraron que las funciones didácticas de las ilustraciones analizadas, ordenadas de mayor a menor, son: *descripción* (88%), *problematización* (7%), *definición* (4%) y *evocación* (1%). Ninguna de las imágenes analizadas tiene por función didáctica la *aplicación* ni la *interpretación*. La suma de los porcentajes de imágenes empleadas para describir y definir (92%) evidenciaría el uso abusivo del recurso visual para complementar los enunciados declarativos del texto principal y dejaría una amplia gama de competencias de alto nivel cognitivo sin estimular en los estudiantes (Hvorecký y Korenova, 2023; Perez y Villagrà, 2020).

En relación al grado de iconicidad se aprecia que prevalecen los *esquemas* (69%) por sobre las *fotografías* (29%), *fotografías con dibujos* (1,5%) y los *gráficos cartesianos* (0,5%). Los esquemas en este estudio aluden mayoritariamente a los algoritmos geométricos de construcción de imágenes, los cuales junto al aprendizaje y repetición de procedimientos algorítmicos y la escasa experimentación (Perez y Villagrà, 2020), asiduamente empleados en la enseñanza tradicional de óptica geométrica, crearían una ilusión escolar de que dichos procedimientos conllevan a la comprensión de los conceptos como lo advierten Viennot y Kaminsky (1991).

Es de subrayar que todas las imágenes analizadas en este estudio se relacionan con el texto principal y están al servicio del contenido abordado (Otero y Llanos, 2019), lo cual confirmaría una vez más que los LT universitarios han evolucionado en el último siglo (Hosoume y Martins, 2022; Keenahan y otros, 2023) y que en comparación con los LT

de otros niveles educativos existe mayor cautela a la hora de incluir ilustraciones. No obstante, la presencia de imágenes con escasa información alerta sobre la necesidad que se impone en los docentes en profundizar dichos temas y ofrecen oportunidades para estimular el interés en los estudiantes y la investigación áulica.

Respecto a las etiquetas verbales, se observa que la mitad de las imágenes las posee. Predominan las ilustraciones coloridas por sobre las imágenes en blanco y negro, lo cual es una muestra más de la adaptación competitiva de las editoriales de LT impresos frente al nuevo mercado que imponen las Tecnologías de la Información y la Comunicación (Saputri y Asrizal, 2023). Existen dos imágenes que contienen ambigüedad, al confundir lente divergente por convergente para determinar la distancia focal de una lente divergente y tratar el tema lupa, respectivamente.

Algunas de las imágenes seleccionadas y exhibidas por los autores de esta investigación (Figura 1 y Figura 2) revelan un *patrón similar* en diferentes editoriales. Otras, intentan mostrar lo apasionante de este campo de la física con el cual se puede ver desde lo micro a lo macro o graficar los niveles de sensibilidad de los conos del ojo humano en función a las diferentes longitudes de onda (Figura 2). También existen algunas ilustraciones relacionadas con la vida cotidiana de un estudiante de Ciencias (Figura 4). Indudablemente, tal como afirman varios investigadores citados en el marco teórico referencial, existen aspectos positivos y otros cuestionables, relacionados con su beneficio en el aula de Ciencias.

Por último; las imágenes son heterogéneas, en algunos ejemplares se muestran temas clásicos mientras que en otros se estimula el interés por el conocimiento contemporáneo.

Si bien, por las características de este estudio, los resultados no son generalizables se espera que la lectura de este trabajo promueva investigaciones educativas centradas en los LT, aporte elementos metodológicos y advierta a la comunidad educativa sobre la importancia que tiene la selección de LT que recomiendan a sus estudiantes.

REFERENCIAS

Alexander, P. y Kulikowich, J. (1994). Learning from Physics text: A synthesis of recent research. *Journal of research in science teaching*, 31(9), 895-911. doi: <https://doi.org/10.1002/tea.3660310906>.

Ander-Egg, E. (2010). *Métodos y técnicas de investigación social: Cómo organizar el trabajo de investigación. Vol. III*. España: Lumen.

Aregehagn, E., Lykknes, A., Getahun, D. y Febri, M. (2023). Representation of Image Formation-Observation in Optics in Ethiopian Textbooks: Student Learning Difficulties as an Analytical Tool. *Education Sciences*, 13(5), 445. doi: <https://doi.org/10.3390/educsci13050445>.

Bardin, L. (1996). *El análisis de contenido*. Madrid: Akal.

García, J. (2005). El uso y el volumen de información en las representaciones gráficas cartesianas presentadas en los libros de texto de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(2), 81-199.

Giacosa, N., Zang, C. y Such, A. (2022). Refracción en lentes delgadas: abordaje del fenómeno en los libros de texto universitarios. *Revista de Enseñanza de la Física*, 34(extra), 193-202.

Gumilar, S. e Ismail, A. (2023). The representation of laboratory activities in Indonesian physics textbooks: a content analysis. *Research in Science & Technological Education*, 41(2), 614-634. doi: <https://doi.org/10.1080/02635143.2021.1928045>

Hirata Kitahara, M. T. (2022). Investigando la utilización de imágenes en publicaciones científicas desde un enfoque cognitivo. *De los métodos y las maneras*, 7, 23-30. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11191/8545>

Hosoume, Y. y Martins, M. (2022). O Ensino de Física à luz dos livros didáticos (Da Reforma Capanema à Lei 5692/1971). *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 44, e20210287, 1-16. doi: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2021-0287>.

Hvorecký, J. y Korenova, L. (2023). Calidad de los libros desde la perspectiva de la gestión del conocimiento. *Alteridad. Revista de Educación*, 18(2), 273-284. doi: <https://doi.org/10.17163/alt.v18n2.2023.10>.

Jiménez, J. y Perales, F. (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.
doi: <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4010>

Keenahan, J., Carroll, M. y Keenahan, D. (2023). The evolution of Physics textbooks used in Ireland 1860–2022. *Physics Education*, 58(2), 025020. doi: 10.1088/1361-6552/acb032

Lee, V. (2010). Adaptations and Continuities in the Use and Design of Visual Representations in US Middle School Science Textbooks. *International Journal of Science Education*, 32(8), 1099-1126.
doi: <https://doi.org/10.1080/09500690903253916>.

Lizarazo, M., Rivera, C. y Ramírez, E. (2021). La investigación didáctica sobre los libros de textos, el espacio en Física y el conocimiento escolar. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 2557-2565.
Recuperado de <https://hdl.handle.net/11441/127777>

Marzábal, A., Hernández, C. e Izquierdo, M. (2014). ¿De qué hablan los libros de texto?: el problema de la identificación de los referentes. *Cadernos Cedes*, 34(92), 99-124. doi: doi.org/10.1590/S0101-32622014000100007.

Morin, E. (1999). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. París, Francia: UNESCO.

Otero, M. y Llanos, V. (2019). Los libros escolares de matemática y física en Argentina entre 1961 y 2009. *IARTEM e-journal*, 11(1), 1-21. doi: 10.21344/iartem.v11i1.586

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.

Perez, S. y Villagrà, J. (2020). La competencia científica en las actividades de aprendizaje incluidas en los libros de texto de Ciencias de la Naturaleza. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 17(2), 210101-210118.

Qadeer, A. (2014). Un estudio de libros de texto de electricidad de 6º grado: respuestas de los estudiantes y análisis de contenido. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(1), 285-286. doi: <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1363>.

Saputri, I. y Asrizal, A. (2023.) Needs analysis for development of digital teaching materials with augmented reality for optical instruments materials. *Physics Learning and Education*, 1(3), 146–153. doi: doi.org/10.24036/ple.v1i3.65.

Viennot, L. y Kaminsky, W. (1991). Participation des maîtres aux modes de raisonnement des élèves. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 3-9.