

¿Qué comprenden los estudiantes de secundaria cuando leen un texto de Física?

Carla Inés Maturano, Franco Ariel Guzmán y Carina Alejandra Rudolph

Instituto de Investigaciones en Educación en las Ciencias Experimentales, Universidad Nacional de San Juan, Argentina. E-mails: cmatur@gmail.com; gfrancoariel@gmail.com; carinaarudolph@gmail.com

Resumen: Las dificultades asociadas a la comprensión lectora condicionan los aprendizajes ya que quien no lee adecuadamente tendrá problemas para aprender a través de un texto. En esta investigación se aborda la lectura desde la perspectiva de la Lingüística Sistémico-Funcional, la cual permite analizar los textos verbales y visuales que se usan en ciencias. En algunos temas de Física, como los fenómenos electromagnéticos, se han registrado dificultades específicas de aprendizaje que podrían acentuarse si se conjugan con problemas al comprender los textos. El objetivo de esta investigación es caracterizar la comprensión lograda por estudiantes argentinos de educación secundaria a fin de detectar cuáles son sus dificultades asociadas con la lectura. Esta investigación, de carácter exploratorio, incluye el diseño y la aplicación de un cuestionario consistente en una serie de actividades de lectura sobre un texto seleccionado de un libro de texto de educación secundaria que aborda fenómenos electromagnéticos. Los resultados permiten detectar las principales dificultades asociadas a las actividades que requieren la comprensión del texto verbal, su relación con las imágenes y con los conocimientos previos. Esto pone en evidencia la necesidad de abordar de manera específica la lectura en las clases de ciencias con el acompañamiento del docente.

Palabras clave: lectura, estudiantes, campo magnético, educación secundaria, comprensión lectora.

Title: What do high school students understand when they read a Physics text?

Abstract: Difficulties associated with reading comprehension affect learning, since those who do not read adequately will have difficulty learning from a text. This research approaches reading from the perspective of Systemic-Functional Linguistics, which allows for the analysis of verbal and visual texts used in science. In some Physics topics, such as electromagnetic phenomena, specific learning difficulties have been reported that could be accentuated if combined with problems understanding the texts. The objective of this research is to characterize the comprehension achieved by Argentine secondary school students in order to identify their difficulties associated with reading. This exploratory research includes the design and administration of a questionnaire consisting of a series of reading activities about a text selected from a secondary school textbook that addresses electromagnetic phenomena. The results allow us to identify the main difficulties associated with activities that require

understanding the verbal text, its relationship to images, and prior knowledge. This highlights the need to specifically address reading in science classes with teacher support.

Keywords: reading, students, magnetic field, secondary education, reading comprehension.

Introducción

Las últimas pruebas de lectura llevadas a cabo en Argentina con estudiantes de educación secundaria fueron las pruebas Aprender implementadas en 2024. En dichas pruebas se evalúa periódicamente la comprensión lectora de estudiantes de 5° y 6° año de educación secundaria a partir de la lectura de cuentos, artículos periodísticos de opinión y de divulgación científica (Ministerio de Capital Humano, 2025). Para medir el desempeño de los participantes se les solicita extraer información explícita, interpretar significados locales y globales de los textos a partir de inferencias, y reflexionar y evaluar sobre el contenido y la forma de los textos desde sus conocimientos previos. En el documento publicado por el Ministerio de Capital Humano (2025) se indica que el 58% de los estudiantes lograron cumplir con los requerimientos básicos de Lengua (satisfactorio o avanzado), lo que implica la necesidad de analizar en detalle qué ocurre con la lectura en las aulas para diseñar planes de mejora.

Otras pruebas que también se implementan en Argentina son las Pruebas Pisa (Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes) en las que participan estudiantes de 15 años de diferentes jurisdicciones del país para evaluar sus logros en el aprendizaje en matemática, lectura y ciencias. Específicamente, en la última aplicación de la que se disponen resultados, llevada a cabo en 2022, en el área de ciencias, poco más de 5 de cada 10 estudiantes se encuentran por debajo del nivel básico establecido por la evaluación (Ministerio de Educación, 2023).

Las diferentes habilidades de los estudiantes para aprender de manera independiente a través de la lectura, que es el modo fundamental de aprendizaje en la educación secundaria, constituyen la base de la desigualdad en el aula (Rose, 2005). En especial, la comprensión de algunos temas incluidos en el Diseño Curricular Provincial (Ministerio de Educación de San Juan, 2017) para asignaturas específicas del Ciclo Orientado de la Educación Secundaria en Ciencias Naturales se ve condicionada por el logro de habilidades de lectura acordes a cierto grado de abstracción. Uno de los contenidos científicos en los que esto podría ocurrir, es el de los fenómenos electromagnéticos.

El concepto de campo magnético y su fuente constituyen cuestiones básicas para construir una teoría científica acerca de los fenómenos electromagnéticos (Guisasola, Almudí y Ceberio, 2003). Según Acevedo et al. (2014), con frecuencia los estudiantes presentan ideas que se relacionarían con el conocimiento cotidiano al interpretar fenómenos magnéticos. Sin embargo, dichos autores detectan que, aunque hay varias aproximaciones hacia la comprensión del campo eléctrico, no se ha reflexionado con la misma intensidad acerca del campo magnético. Se ha reportado en otras investigaciones la importancia de este tema para la

comprensión de los fenómenos electromagnéticos, al mismo tiempo que se han relevado serias dificultades de los estudiantes en el aprendizaje de la teoría del campo magnético. Un estudio pionero en este sentido es el desarrollado por Guisasola, Almudí y Zubimendi (2003), quienes marcan la importancia de implementar más trabajos de investigación que intenten analizar las dificultades de los estudiantes en el aprendizaje del concepto de campo magnético y su fuente en el ámbito de la educación secundaria y universitaria. Dichos investigadores señalan que estos conceptos constituyen cuestiones básicas y destacan algunos aspectos conceptuales importantes en virtud del modelo teórico consistente con la teoría magnética (categoría de Ampère) que requiere: estar familiarizado a nivel macroscópico con fenómenos relacionados con las fuentes del campo magnético, saber interpretar la acción del campo magnético a través del concepto de campo y de las líneas de campo, y saber distinguir de forma significativa el campo eléctrico producido por cargas en reposo del campo magnético generado por cargas en movimiento. En estudios más recientes (Osorio et al., 2012; Pagella et al., 2021) se confirman muchos de estos problemas del alumnado en la comprensión de los conceptos relacionados con las fuentes del campo magnético. Específicamente, para las líneas del campo que genera una corriente que circula por un conductor recto o en una espira conductora, Osorio et al. (2015) identificaron dificultades en la aplicación de la regla de la mano derecha e ideas erróneas que consideran que el campo magnético generado por la corriente que circula por un alambre se orienta en la dirección radial (lo que implicaría confundir el alambre con un hilo cargado electrostáticamente).

Considerando lo anterior, nos preguntamos qué comprenden los estudiantes de secundaria cuando leen un texto de Física sobre fenómenos electromagnéticos. El objetivo de este trabajo es caracterizar la comprensión lograda a partir de la lectura por estudiantes argentinos del ciclo orientado de la educación secundaria a fin de detectar cuáles son las dificultades que requerirían intervención del docente.

Marco teórico

La lectura y la escritura en el ámbito educativo son herramientas de aprendizaje que tienen características propias necesarias para comunicarse en los diferentes ámbitos disciplinares (Navarro et al., 2020). Para aprender en una disciplina, es necesario comprender la manera en que se expresa a través del lenguaje y otros modos de representación; y para demostrar que se ha aprendido, se deben usar recursos lingüísticos y semióticos especializados para reconstruir los significados. En el área de la educación científica existe una serie de alfabetizaciones específicas que se ponen en juego en la comprensión y producción de textos. Los estudiantes deben ser capaces de leer una amplia gama de géneros de la ciencia e interpretar y hacer uso de un lenguaje científico altamente complejo (Doran, 2021). Estas exigencias de alfabetización no solamente se refieren al lenguaje verbal, sino que también se extienden a las múltiples representaciones que se utilizan para expresar los contenidos (imágenes, fórmulas simbólicas especializadas, animaciones, entre otros).

Surge así la necesidad de tener en cuenta cómo se organizan los textos multimodales en ciencias y cómo se combinan en estos los diversos

sistemas semióticos. La Lingüística Sistémico-Funcional (LSF) constituye un marco adecuado en cuanto considera al lenguaje como un recurso para construir significados y toma como unidad de análisis el texto en su totalidad en relación con el contexto social en el que se produce (Halliday y Martin, 2005). Dentro de la LSF, la "Teoría de género" investiga cómo se organizan los textos en las disciplinas y qué recursos semióticos se utilizan. En el marco de esta teoría, Martin y Rose (2008) han realizado generalizaciones sobre los géneros de la ciencia y han identificado cuatro grandes familias: informes (que describen y caracterizan el mundo natural), explicaciones (que explican cómo y/o por qué suceden los procesos naturales), procedimientos (que instruyen sobre cómo realizar una secuencia de actividades), y recuentos de procedimientos (que interpretan y recuentan lo observado o realizado). Los géneros más utilizados en el marco de la educación científica son los informes y las explicaciones que se complementan entre sí para construir significado.

Martin y Rose (2008) distinguen tres tipos de informes: informe descriptivo (que caracteriza un fenómeno), informe composicional (que indica los componentes de una entidad) e informe clasificatorio (que clasifica miembros de una clase general según un criterio o conjunto de criterios). Por otra parte, es posible identificar varios tipos de explicaciones entre las que se destacan: explicación secuencial (que presenta una secuencia simple de eventos conectados temporalmente), explicación causal (que expone una sucesión de eventos conectados causalmente), explicación factorial (que explica un evento en base a múltiples factores contribuyentes), explicación de consecuencia (que se centra en un evento que puede tener dos o más consecuencias en el mundo natural) y explicación condicional (que explica un fenómeno cuyos efectos son diferentes bajo condiciones variables), entre otras (Derewianka y Jones, 2016; Martin y Rose, 2008).

Para caracterizar la comprensión se deben examinar, además, las representaciones visuales (también denominadas imágenes) que se emplean en los textos científicos. Unsworth (2021) destaca dos aspectos a considerar: el rol que cumple el lenguaje verbal y el significado representado. El lenguaje verbal involucra las anotaciones (que se relacionan con partes específicas de la imagen) y el cotexto (que se vincula con la imagen como un todo). El significado representado puede hacer foco en la composición (que muestra relaciones parte-todo entre elementos), la clasificación (que expone relaciones entre elementos en términos de clase y subclase), alguna propiedad (que caracteriza entidades o actividades) y/o alguna actividad (que construye fenómenos dinámicamente) (Doran y Martin, 2021). Otro aspecto para tener en cuenta se relaciona con el tipo de representación, que puede ser icónica (fotografías o dibujos realistas), indexical (dibujos de contorno, flechas, entre otros) o simbólica (esquemas, gráficos estadísticos, tablas, símbolos establecidos por una comunidad científica, entre otros) (Martin y Rose, 2008). Asimismo, se puede examinar el nivel de representación que puede ser: macroscópico (que muestra los fenómenos tal como los podemos percibir con los sentidos), submicroscópico (que exhibe modelos para explicar fenómenos o representar entidades que son demasiado pequeñas para ser vistas usando microscopios ópticos) o simbólico (que utiliza símbolos, fórmulas y

ecuaciones que han sido consensuadas en la comunidad científica para comunicar acerca de los fenómenos en un nivel abstracto) (Gilbert y Treagust, 2009).

En cuanto a la relación de los textos verbales y las representaciones visuales o imágenes, Chan (2011) sugiere centrar el análisis considerando dos relaciones ideacionales: concurrencia y complementariedad. Cuando el significado ideacional se corresponde a través de los modos semióticos, la relación es de concurrencia. Esto no implica que el significado simplemente se repita o duplique, sino que los recursos semióticos interactúan especificando más o describiendo, sin introducir nuevos elementos ideacionales en el texto o en la imagen. Cuando los significados proporcionados por la imagen y el texto son diferentes pero complementarios, la relación es de complementariedad. Esto implica que la imagen o el texto extienden o adicionan nuevos significados yuxtapuestos, que se complementen mutuamente, o puede ocurrir también que el contenido ideacional del texto se contradiga o discrepe del de la imagen.

Metodología

En este artículo presentamos una investigación de carácter exploratorio llevada a cabo con estudiantes de educación secundaria de quinto año con orientación en Ciencias Naturales, en clases de la asignatura "Interacciones Eléctricas y Magnéticas". La aplicación se realizó en dos escuelas estatales suburbanas de la provincia de San Juan (Argentina) ubicadas en departamentos aledaños a la ciudad capital, una de gestión pública y otra de gestión privada. La cantidad total de estudiantes participantes en la investigación es de 62. Ambos cursos estaban a cargo del mismo docente y en ambos se habían desarrollado previamente los mismos contenidos al momento de la implementación. Anteriormente, a través de clases magistrales, resolución de problemas en forma individual, lectura de textos escolares y realización de experimentos en forma demostrativa, se habían abordado los conceptos de: carga eléctrica, materiales conductores y aislantes, corriente eléctrica y campo magnético, necesarios para la adecuada comprensión del tema del texto.

Para llevar a cabo esta investigación diseñamos un instrumento consistente en un cuestionario que consta de un texto seleccionado de un libro de texto de educación secundaria (Pochne, 2018) y una serie de actividades que los estudiantes debían responder a partir de la lectura. El mismo aborda contenidos sobre "Campo magnético y corriente eléctrica" e incluye los campos creados por diferentes disposiciones de los conductores: tramo recto de alambre, espira y bobina (ver Anexo 1). El texto se refiere a uno de los contenidos propuestos en el diseño curricular provincial relacionado con la interpretación del movimiento de cargas eléctricas como la causa fundamental de la existencia de los campos magnéticos para el caso de corrientes en conductores (Ministerio de Educación de San Juan, 2017).

Exponemos a continuación el análisis del texto desde la perspectiva de la teoría de género de la LSF. Está organizado en tres párrafos y presenta la información a través de varios géneros que se complementan. En el primer párrafo se incluye un informe descriptivo acerca de la entidad "campo

magnético generado por una corriente eléctrica que circula por un tramo recto de alambre”. Esta información se complementa con el procedimiento para aplicar la regla de la mano derecha acompañada con una representación visual. En el segundo párrafo, las tres primeras oraciones exponen una explicación causal acerca de cómo se configura el campo magnético creado por un anillo o espira por la que circula corriente y, luego, lo mismo para una bobina. La cuarta y quinta oración de este párrafo despliegan una explicación factorial sobre los factores de los que depende el campo magnético de una bobina (cantidad de espiras e intensidad de corriente eléctrica). En el tercer párrafo se caracteriza el campo magnético generado por la corriente que circula por un solenoide a través de un informe descriptivo.

En el texto se incluyen tres imágenes (ver Anexo 1). Llamamos Imagen 1 a la imagen superior izquierda, la cual muestra una actividad consistente en la aplicación de la regla de la mano derecha para determinar el sentido de las líneas de campo magnético generado por la corriente que circula por un tramo recto de alambre para los dos sentidos posibles de circulación de la corriente. La misma combina información en los niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico, e incluye elementos correspondientes a los siguientes tipos de representación: icónico (manos, alambre), indexical (flecha curva marrón que indica el giro de la mano derecha asociado a la orientación de las líneas de campo magnético) y simbólico (flecha roja que indica el sentido de la corriente, esferitas celestes con un signo negativo que representan los electrones y flechas curvas finas dibujadas alrededor del cilindro que indican la orientación de las líneas del campo magnético generado por la corriente). En cuanto a los componentes verbales de la imagen, detectamos ausencia de cotexto y encontramos anotaciones que aluden al campo magnético **B** y su sentido, la corriente eléctrica **I** y su sentido de circulación. La relación entre esta imagen y el texto es de concurrencia dado que las dos últimas oraciones del párrafo 1 indican el procedimiento que se ilustra en la imagen. Sin embargo, una de las representaciones simbólicas (esferitas celestes que representan las partículas portadoras de carga eléctrica que se desplazan en el conductor) requiere para su interpretación de los conocimientos previos de los estudiantes, por lo cual se trata de una relación de complementariedad. La Imagen 2, interpolada en el texto, muestra dos entidades: el campo magnético generado por la corriente que estaría circulando en una espira (Figura A) y el generado por la corriente en una bobina (Figura B). Las mismas combinan información de los niveles macroscópico y simbólico, e incluyen elementos correspondientes a dos tipos de representación: icónico (alambre) y simbólico (flechas curvas verdes correspondientes a las líneas del campo magnético). En cuanto a los componentes verbales, detectamos anotaciones para diferenciar las Figuras A y B. La relación de esta imagen y el texto es de concurrencia ya que, en el párrafo 2, se explica cómo se obtiene el campo magnético creado por una espira y una bobina por las que circula corriente y los factores de los que depende el campo magnético. Detectamos un error en la Figura B ya que grafica el campo magnético del mismo modo para la bobina y para la espira, siendo que la densidad de las flechas curvas verdes debería ser mayor para la bobina. La Imagen 3, situada en el sector inferior izquierdo, muestra dos entidades: el campo magnético generado por la corriente que circula por un solenoide y el

campo magnético generado por un imán permanente en forma de barra. La imagen combina información en los niveles macroscópico y simbólico, y sus elementos corresponden a los siguientes tipos de representación: icónico (alambre, imán en forma de barra) y simbólico (flecha que indica el sentido de la corriente, flechas curvas continuas y discontinuas correspondientes al campo magnético generado por la corriente en el solenoide y por el imán en barra, respectivamente). En cuanto a los componentes verbales, detectamos un cotexto que compara el campo magnético de un solenoide con el de un imán en barra y anotaciones que aluden a los polos del campo magnético (N y S), la corriente I y los números 1 y 2 usados para diferenciar las imágenes. La relación entre esta imagen y el texto es de concurrencia dado que en el párrafo 3 describe el campo magnético de un solenoide y de un imán permanente en barra. Al igual que en la Imagen 1, algunas representaciones simbólicas (letras N, S e I) requieren para su interpretación de los conocimientos previos de los estudiantes, por lo cual implica una relación de complementariedad.

El cuestionario diseñado en esta investigación apunta a caracterizar la comprensión, por lo cual incluye actividades que consideran los géneros que se instancian en el texto y las características de las imágenes (ver Anexo 2). Propusimos un total de seis actividades compuestas de varias tareas. Algunas de estas requieren la comprensión de los textos verbales, otras de las representaciones visuales y las restantes de ambos. Para validar el cuestionario, lo sometimos a la revisión de docentes de la disciplina a fin de garantizar que el contenido (tanto el diseño como las preguntas) permitiera registrar en forma clara y coherente la comprensión lectora. Detallamos a continuación los objetivos planteados para cada una de las actividades:

Actividad 1: A partir de la lectura del primer párrafo, los estudiantes debían (1.1) identificar la entidad descrita que es el campo magnético generado por una corriente eléctrica que circula por un tramo recto de alambre; (1.2) enunciar las dos características dadas para dicha entidad: (a) las líneas del campo magnético son circunferencias concéntricas alrededor del conductor y (b) su sentido depende del sentido de la corriente y se determina usando la regla de la mano derecha y (1.3) enunciar los pasos del procedimiento para determinar el sentido de las líneas de campo magnético, utilizando la regla de la mano derecha que son: (a) colocar el pulgar derecho en la dirección de la corriente; (b) cerrar los demás dedos hacia la palma de tal manera que el movimiento de estos últimos muestre el sentido del campo.

Actividad 2: A partir de la observación de la Imagen 1, los estudiantes debían identificar qué representan algunos elementos (2.1). Los elementos son: (2.1.1) flecha roja (sentido de la corriente eléctrica o sentido del movimiento de partículas cargadas que se desplazan en el conductor); (2.1.2) flecha curva marrón dibujada alrededor de la mano (orientación de las líneas del campo magnético indicado en la etiqueta **B**); (2.1.3) cilindro marrón claro (conductor por el cual circula la corriente eléctrica mencionada en la etiqueta); (2.1.4) esferitas celestes (partículas portadoras de carga eléctrica que se desplazan en el conductor) y (2.1.5) flechas curvas finas dibujadas alrededor del cilindro (líneas de campo magnético). También debían comparar las representaciones indicando semejanzas y diferencias (2.2) que se asocian a algunas de las magnitudes físicas representadas.

Actividad 3: A partir de la lectura del segundo párrafo y de la Imagen 2 (imágenes A y B), los estudiantes debían: (3.1) definir que una espira es un conductor con forma de anillo; (3.2) explicar la forma del campo magnético creado por la corriente que circula por una espira, para lo cual se espera que relacionen causalmente que, como una espira está formada por tramos rectos de alambre y cada tramo de alambre por el que circula corriente genera un campo magnético a su alrededor, los campos creados por cada tramo se suman (vectorialmente) para dar lugar a un campo magnético como el de la figura; (3.3) definir que una bobina es un conjunto de varias espiras conductoras; (3.4) relatar el procedimiento que indica cómo se obtiene el campo magnético creado por la corriente que circula por una bobina a partir de la idea expresada en el texto al indicar (en referencia a la bobina) "cuyo campo magnético es la suma de los de cada espira" y (3.5) identificar de qué factores depende la intensidad del campo magnético creado por una corriente que circula por una bobina: la intensidad de la corriente eléctrica que circula por esta y el número de espiras.

Actividad 4: A partir de la observación de la Imagen 2 (Figuras A y B), los estudiantes debían: identificar qué representan algunos elementos (4.1). Los elementos son: (4.1.1) circunferencias marrones (las espiras y bobina por donde circula la corriente) y (4.1.2) flechas curvas verdes (las líneas del campo magnético). Luego, debían: (4.2) indicar, usando la regla de la mano derecha expresada en el primer párrafo, cuál es el sentido de circulación de la corriente en la espira y en la bobina visto desde arriba, el cual corresponde al sentido antihorario en ambos casos en virtud de la orientación de las líneas de campo magnético mostradas en las Figuras A y B; y (4.3) detectar errores al comparar las Figuras A y B (el error que se espera que detecten es que la espira y la bobina presentan la misma cantidad de líneas de campo magnético, aunque deberían graficarse mayor cantidad de líneas para la bobina dado que la intensidad del campo es mayor por tener más espiras).

Actividad 5: A partir de la lectura del tercer párrafo, los estudiantes debían: (5.1) definir un solenoide como una bobina de forma cilíndrica; (5.2) identificar la entidad descrita en este párrafo que es el campo magnético creado por un solenoide por el que circula corriente y (5.3) identificar las características que se presentan para esa entidad que son: (1) el campo magnético de un solenoide es más intenso en su interior y más débil en su exterior, (2) el campo magnético de un solenoide es similar al de un imán permanente en barra, y (3) la intensidad del campo del solenoide se diferencia del de un imán en barra en que en el primero se puede controlar el campo variando el número de vueltas del solenoide y la intensidad de corriente.

Actividad 6: A partir de la observación de la Imagen 3, los estudiantes debían expresar qué representan algunos de los elementos de la imagen (6.1). Los elementos son: (6.1.1) las letras N y S (polos norte y sur del campo magnético); (6.1.2) la letra I (intensidad de la corriente eléctrica); (6.1.3) las flechas curvas continuas en la imagen 1 (líneas del campo magnético en el interior del solenoide) y (6.1.4) las flechas curvas discontinuas en la imagen 2 (líneas de campo magnético del imán permanente). También, debían (6.2) indicar cuál es el parecido entre los campos magnéticos al que se hace alusión en el texto calificando como

“similar” el campo magnético generado por la corriente que circula por la bobina y el correspondiente a un imán permanente en barra. El parecido se refiere a la disposición semejante de las líneas en los extremos del solenoide y en los polos del imán en barra.

En el análisis de las respuestas de los estudiantes a las actividades del cuestionario, para decidir si son correctas, parcialmente correctas o incorrectas, tuvimos en cuenta las respuestas indicadas en los párrafos anteriores. Asimismo, identificamos las dificultades que se manifiestan en respuestas parcialmente correctas e incorrectas para cada actividad, y las asociamos a cada uno de los géneros que se instancian en el texto, a partir de un análisis que triangula las evaluaciones realizadas por investigadores con formación en Física, en Educación y en Lingüística. En ese proceso, cada evaluador analizó los resultados en forma independiente. Luego, compararon los mismos para detectar divergencias. Los puntos de conflicto fueron resueltos por consenso.

Resultados

Las actividades propuestas en el cuestionario, en ciertos casos, implican la comprensión de los textos verbales (T: textos verbales) y la respuesta puede extraerse ya sea a través de la transcripción de alguna idea o a partir de la relación entre las ideas del texto. En otros casos deben establecerse relaciones entre ideas del texto verbal y las imágenes (I: imágenes). Además, en ocasiones se requiere necesariamente recuperar información previamente aprendida (CP: conocimientos previos) para interpretar algunos elementos de las imágenes. En esta sección presentamos los resultados obtenidos para cada una de las actividades en orden secuencial tal como figuran en el instrumento. En la sección siguiente analizamos dichos resultados a la luz de las demandas antes mencionadas, esto es si requieren: la comprensión del texto verbal, la relación del texto verbal y las imágenes, o la relación del texto verbal y/o las imágenes con los conocimientos previos.

En la Tabla 1 indicamos en la primera columna la numeración asignada en el instrumento a cada actividad y en la segunda columna si implica la comprensión de textos verbales y/o imágenes del texto, o la recuperación de conocimientos previamente aprendidos. Por otra parte, presentamos en las columnas restantes la cantidad de respuestas correctas, parcialmente correctas e incorrectas para cada una de las actividades en términos de frecuencia absoluta por actividad.

Del análisis de los valores de la Tabla 1, puede inferirse que el desempeño de los estudiantes fue diferente para cada una de las actividades. Notamos que solamente para siete actividades (1.3, 3.3, 4.1.1, 4.1.2, 6.1.1, 6.1.2 y 6.1.4) la mayoría de los estudiantes pudieron resolverlas en forma satisfactoria. Como predominan las actividades que no pudieron ser resueltas adecuadamente en muchos casos, analizamos a continuación las principales dificultades detectadas en las respuestas parcialmente correctas, cuando se indica, y en las respuestas incorrectas, para las observaciones restantes.

Act.	Actividad referida a: T: texto I: imagen CP: conocimientos previos	Respuestas correctas	Respuestas parcialmente correctas	Respuestas incorrectas	No responde
1.1	T	-	39	23	-
1.2	T	2	20	40	-
1.3	T	35	22	5	-
2.1.1	T-I	24	-	38	-
2.1.2	T-I	2	21	39	-
2.1.3	T-I	12	-	46	4
2.1.4	I-CP	18	28	9	7
2.1.5	T-I	21	5	32	4
2.2	T-I	19	4	32	7
3.1	T-I	22	1	38	1
3.2	T-I	-	1	61	-
3.3	T-I	34	1	27	-
3.4	T	19	-	40	3
3.5	T	5	30	21	6
4.1.1	T-I	32	10	20	-
4.1.2	T-I	32	5	25	-
4.2	T-I	11	8	38	5
4.3	T-I	22	-	29	11
5.1	T	31	-	29	2
5.2	T	13	6	39	4
5.3	T	6	32	20	4
6.1.1	I-CP	36	3	20	3
6.1.2	I-CP	35	16	8	3
6.1.3	T-I	27	-	31	4
6.1.4	T-I-CP	45	6	7	4
6.2	T-I	-	25	33	4

Tabla 1: Frecuencias absolutas por actividad.

En la Actividad 1.1 las dificultades se asocian a respuestas que: (a) denotan falta de especificidad en las respuestas parcialmente correctas ya que expresan que se describe un campo magnético en general y no indican la forma del conductor; (b) consisten en una copia incoherente o inadecuada construida a partir de modificaciones de la primera oración del texto; (c) incluyen un listado de entidades extraídas del texto que no responde la pregunta; (d) mencionan otra entidad física antes estudiada como el campo eléctrico; (e) se refieren al procedimiento denominado regla de la mano derecha.

En la Actividad 1.2, las dificultades se asocian a expresiones que: (a) enuncian bien una característica, pero la otra no la enuncian o es incoherente en las respuestas parcialmente correctas; (b) constituyen una producción incoherente que no incluye características de la entidad; (c)

consisten en una copia de la primera oración del texto que contiene el grupo nominal "las características", sin responder la pregunta formulada; (d) incluyen una producción incoherente o incorrecta que invierte o modifica relaciones de causalidad.

En la Actividad 1.3., que admite una copia literal de ideas del texto del procedimiento solicitado, detectamos que las respuestas con dificultades: (a) enuncian bien un solo paso y el otro no en las respuestas parcialmente correctas; (b) constituyen una copia incompleta de oraciones del texto en una producción incoherente.

En la Actividad 2.1, los estudiantes debían escribir qué representan cinco elementos de la Imagen 1. Exponemos a continuación las dificultades encontradas en las respuestas debido a que los estudiantes asocian cada uno de los elementos a:

- flecha roja (Actividad 2.1.1): (a) la corriente eléctrica sin especificar que alude a su sentido; (b) la regla de la mano derecha; (c) la posición de los pulgares para ambas situaciones dibujadas en la imagen (saliente o entrante); (d) el campo magnético, la fuerza o la velocidad, entre otras magnitudes físicas.
- flecha curva marrón dibujada alrededor de la mano (Actividad 2.1.2): (a) la corriente; (b) el sentido de alguna magnitud física no explicitada.
- cilindro marrón claro (Actividad 2.1.3): (a) la corriente; (b) las líneas de corriente; (c) el campo magnético.
- esferitas celestes (Actividad 2.1.4): (a) las partículas de modo general sin indicar que es necesario que estén cargadas eléctricamente en respuestas parcialmente correctas; (b) las cargas (como entidad y no como propiedad) en respuestas parcialmente correctas; (c) la corriente eléctrica en respuestas parcialmente correctas; (d) un imán en barra, una fuerza, electricidad, entre otras respuestas incorrectas.
- flechas curvas finas dibujadas alrededor del cilindro (Actividad 2.1.5): (a) circunferencias concéntricas en respuestas parcialmente correctas; (b) la corriente eléctrica y su sentido (llegando a considerar incluso que son las cargas las que siguen esas trayectorias); (c) los vectores en forma general sin especificar a qué magnitud física se refieren.

En la Actividad 2.2, las dificultades de las respuestas se relacionan con: (a) construcciones incoherentes; (b) la escritura de una descripción en vez de una comparación; (c) la comparación de aspectos gráficos no esenciales; (d) diferencias o semejanzas inadecuadas; (e) expresiones que no especifican qué aspectos comparan; (f) una confusión de las imágenes a comparar.

En la Actividad 3.1, las dificultades encontradas consisten en que las producciones: (a) expresan un concepto de espira incompleto sin indicar que la espira debe ser conductora en respuesta parcialmente correcta; (b) evidencian copia de parte de una oración que no responde la actividad; (c) consisten en una copia de ideas del párrafo del texto en que se presenta la espira sin armar una definición; (d) son incoherentes; (e) son inadecuadas desde el punto de vista disciplinar.

En la Actividad 3.2, las respuestas con dificultades consisten en: (a) una explicación incompleta en la respuesta parcialmente correcta; (b) una copia del texto con pequeñas modificaciones que incluye: información referida al tramo recto de alambre (primera oración del segundo párrafo), o a la superposición de campos magnéticos (segunda oración del segundo párrafo), o a ambas; (c) una construcción incoherente o inadecuada que conjuga ideas extraídas de diferentes partes del texto y/o de la imagen; (e) un informe descriptivo en vez de una explicación; (f) explicaciones intuitivas que no se relacionan con la pregunta planteada.

En la Actividad 3.3, las dificultades encontradas se asocian a respuestas que: (a) indican que se trata de un cable enrollado en una respuesta parcialmente correcta; (b) exponen una definición tan general que podría aplicarse a otros elementos de un circuito que no necesariamente sean una bobina o solenoide.

En la Actividad 3.4, las dificultades se asocian con que en las respuestas: (a) se copia o reformula la idea del texto referida a los factores de los que depende el campo magnético resultante (última oración de este párrafo); (b) se reformula la idea del texto en una construcción inadecuada; (c) se copia una idea del texto que no responde a la pregunta; (d) se expresa la acción necesaria para obtener una bobina; (e) se confunde el campo magnético con el campo eléctrico.

En la Actividad 3.5, detectamos dificultades en las respuestas en relación con que: (a) mencionan solamente uno de los factores en respuestas parcialmente correctas; (b) consisten en una copia parcial o total de la última oración del segundo párrafo del texto sin indicar los factores en respuestas parcialmente correctas; (c) reformulan información del texto en una construcción que no es adecuada desde el punto de vista disciplinar; (d) conjugan ideas del texto que no responden la pregunta.

En la Actividad 4.1, los estudiantes debían escribir qué representan dos elementos de la Imagen 2. Exponemos a continuación las dificultades encontradas cuando en las respuestas los estudiantes asocian cada uno de los elementos a:

- circunferencias marrones (Actividad 4.1.1): (a) ideas demasiado generales referidas a los conductores en respuestas parcialmente correctas; (b) un solenoide o bobina en respuestas parcialmente correctas (Figura B); (c) un tramo de alambre; (d) el campo magnético; (e) las líneas del espectro; (f) la corriente eléctrica.
- flechas curvas verdes (Actividad 4.1.1): (a) algunas características del campo magnético (sentido, dirección o intensidad) en respuestas parcialmente correctas; (b) otras magnitudes físicas como la corriente o las fuerzas o a entidades como los conductores, ya sean estos espira o bobina.

En la Actividad 4.2 las dificultades en las respuestas se asocian a: (a) indicar que el sentido de la corriente es el mismo tanto en la bobina como en la espira sin explicitarlo en respuestas parcialmente correctas; (b) comparar el sentido de circulación de la corriente en la espira y en la bobina en forma inadecuada; (c) confundir los sentidos horario/antihorario de circulación con expresiones que hacen referencia a

derecha/izquierda/arriba/abajo; (d) confundir el sentido de circulación de la corriente con el sentido de orientación de las líneas de campo magnético; (e) mencionar que la corriente se desplaza en sentido circular; (f) indicar que la corriente circula en sentido horario; (g) utilizar expresiones que no pueden considerarse como respuesta a la pregunta ya sea porque son incoherentes o porque no se refieren al tema.

En la Actividad 4.3, las respuestas correctas consideran el error antes señalado o se refieren a la ambigüedad en la perspectiva de la imagen como un error de representación. Las dificultades detectadas en las restantes se asocian a que: (a) muestran una interpretación inadecuada de los elementos de la imagen; (b) manifiestan que está mal el sentido de las líneas de campo magnético; (c) indican que no hay error alguno; (d) expresan una idea inadecuada desde el punto de vista disciplinar; (e) muestran comparaciones entre magnitudes físicas sin indicar cuáles; (f) exponen una confusión entre magnitudes físicas; (g) consideran que la imagen es incompleta en relación con la aplicación práctica de los dispositivos.

En la Actividad 5.1, las respuestas incorrectas: (a) vinculan el solenoide con la corriente que circula a través de la bobina; (b) relacionan el solenoide con el campo magnético intenso en su interior y débil en el exterior; (c) consisten en una copia literal de la última oración del párrafo que no responde a la pregunta.

En la Actividad 5.2, las dificultades de las respuestas consisten en: (a) señalar que se trata de un campo magnético sin especificar la forma del conductor en respuestas parcialmente correctas; (b) asociar con un solenoide o bobina, con la intensidad del campo o con la corriente eléctrica; (c) copiar otras ideas del texto no relacionadas.

En la Actividad 5.3, las respuestas correctas enuncian las tres propiedades antes señaladas, ya sea a través de un texto que las enumera o de una copia del último párrafo de manera total o levemente modificada. Las dificultades en las respuestas restantes consisten en: (a) indicar sólo alguna/s de las propiedades en respuestas parcialmente correctas; (b) expresar la semejanza del campo con el de un imán, sin indicar la forma del imán con el que se compara; (c) describir la intensidad pero no qué se dice de ella; (d) evidenciar copia supresión de ideas al escribir un texto incoherente o inadecuado; (e) incluir ideas inadecuadas desde el punto de vista disciplinar; (f) evidenciar una falta de correspondencia con la pregunta planteada; (g) indicar una característica inexistente ideada por los estudiantes.

En la Actividad 6.1 los estudiantes debían escribir qué representan algunos elementos verbales (anotaciones) de la Imagen 3. Las dificultades encontradas para cada uno de los elementos en las respuestas consisten en:

- las letras N y S (Actividad 6.1.1): (a) no identificar específicamente a qué polo se refiere cada una en respuestas parcialmente correctas; (b) incluir ideas inadecuadas.

- la letra I (Actividad 6.1.2): (a) indicar solamente "Intensidad" sin especificar la magnitud física en respuestas parcialmente correctas; (b)

asociar la letra I con un imán o intensidad eléctrica; (c) expresar ideas ambiguas.

- las flechas curvas continuas en la imagen 1 (Actividad 6.1.3): (a) vincular las flechas con la corriente eléctrica como si esta circulara en el interior de la bobina; (b) asociar las flechas con la bobina o solenoide; (c) describir aspectos gráficos de las líneas sin vincular con contenidos disciplinares.

- las flechas curvas discontinuas en la imagen 2 (Actividad 6.1.4): (a) destacar solamente algunos aspectos del campo magnético representado, como su intensidad o su dirección y sentido en respuestas parcialmente correctas; (b) asociar las líneas con la corriente, con imanes o polos magnéticos.

En la Actividad 6.2 en la que no obtuvimos respuestas correctas, las dificultades se vinculan con respuestas que: (a) afirman solamente que existe un campo magnético en ambos casos lo cual es parte de la pregunta planteada en respuestas parcialmente correctas; (b) mencionan únicamente generalidades del campo magnético como que las líneas se orientan de Norte a Sur o que la intensidad cerca del solenoide o del imán es mayor si se compara con puntos más alejados en respuestas parcialmente correctas; (c) indican que en ambos casos la intensidad del campo magnético es la misma; (d) expresan que las líneas de campo se dirigen de Sur a Norte; (e) manifiestan otros errores desde el punto de vista disciplinar; (f) constituyen una copia de la misma idea del texto en que se habla del parecido sin justificar a qué se refiere; (g) conjugan ideas que no se relacionan de modo alguno con la pregunta; (h) están redactadas de modo incoherente.

Análisis de resultados

Análisis de las respuestas que requieren la comprensión del texto verbal (Actividades 1.1, 1.2, 1.3, 3.4, 3.5, 5.1, 5.2, 5.3)

Cuando los estudiantes debieron responder a partir solamente de la lectura del texto verbal, muchos lograron realizar la tarea en forma adecuada si la respuesta solicitada admitía una copia de una idea del texto. Por el contrario, en los casos en que las actividades requirieron un reordenamiento de ideas del texto, encontramos que los estudiantes produjeron respuestas parcialmente correctas o incorrectas (en altos porcentajes). Hemos logrado relacionar las dificultades con los géneros involucrados en cada actividad.

Cuando los estudiantes debieron identificar entidades a las que se refieren los informes descriptivos (por ejemplo, el campo magnético generado por una corriente eléctrica que circula por un tramo recto de alambre en la actividad 1.1), detectamos falta de especificidad para nombrarlas, lo cual es muy importante en Física. Esto se asocia a fallas al construir adecuadamente los grupos nominales. En algunos casos, relevamos confusiones en la identificación de entidades ya que mencionaron en las respuestas temas abordados anteriormente en las clases de Física, aun cuando no figuran en el texto ni responden a las preguntas (por ejemplo, el campo eléctrico en la actividad 1.1).

Cuando debieron definir una entidad, notamos que lo hicieron muchas veces en forma incompleta, sin recoger toda la información del texto que permite realizar esta tarea (como ocurrió en la actividad 5.1 al definir un solenoide). En otros casos, confundieron la entidad a definir (por ejemplo, en vez de definir el solenoide se refirieron al campo magnético generado por este).

Cuando tenían que caracterizar entidades, registramos que en muchos casos no fueron rigurosos, y escribieron respuestas incompletas o copiaron la información donde se menciona el grupo nominal "las características" en el texto verbal, aunque las respuestas no aludían a las mismas (por ejemplo, en la actividad 1.2).

Cuando debieron indicar un procedimiento a partir de la información del texto verbal, notamos que lograron identificar los pasos cuando estaban claramente señalados en el texto a través de marcas tipográficas como la letra negrita o el uso de dos puntos para introducir las etapas, como, por ejemplo, para la regla de la mano derecha. Sin embargo, cuando el procedimiento se debía inferir del texto sin señalizaciones específicas que ayuden a identificar la información se presentaron más dificultades. Esto ocurrió por ejemplo en la actividad 3.4 en la que se solicitó indicar cómo se obtiene el campo magnético creado por la corriente que circula por una bobina.

Cuando debieron responder involucrando una explicación factorial, asociamos las dificultades a respuestas parciales que omiten factores mencionados en el texto (por ejemplo, al mencionar solamente uno de los factores de los que depende el campo magnético creado por la corriente que circula por una bobina en la actividad 3.5), o a respuestas intuitivas que no corresponden con la información del texto.

Análisis de las respuestas que requieren la relación del texto verbal y las imágenes (Actividades 2.1.1, 2.1.2, 2.1.3, 2.1.5, 2.2, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1.1, 4.1.2, 4.2, 4.3, 6.1.3, 6.1.4 y 6.2)

Cuando los estudiantes debieron relacionar elementos de las imágenes (ya sean icónicos, indexicales o simbólicos) con la información concurrente en el texto, detectamos dificultades para asociar la información equivalente que se manifiestan en respuestas que mencionan otra magnitud física (por ejemplo, al responder que las flechas curvas continuas de la imagen 1 corresponden a la corriente eléctrica cuando debían responder que representan el campo magnético en la actividad 6.1.3). En ocasiones, registramos interpretaciones libres y erróneas de algunos elementos de las imágenes que implicarían importantes confusiones desde el punto de vista de la Física (por ejemplo, al considerar que el sentido de la corriente es el sentido de orientación de las líneas de campo magnético en la actividad 4.2).

Cuando los estudiantes debieron identificar una entidad a partir de combinar la información del texto con la información concurrente que se encuentra representada gráficamente, encontramos menos dificultades que cuando debieron relacionar información complementaria del texto y de las imágenes.

Cuando debieron comparar situaciones físicas representadas en una imagen compuesta, como por ejemplo en las actividades 2.2 y 4.3, notamos dificultades. En primer lugar, no logran identificar específicamente los aspectos que se comparan. En segundo lugar, presentan problemas en la interpretación física de elementos de las imágenes. Por último, cabe destacar que algunas respuestas son una mera copia de ideas del texto que no responden la consigna.

Análisis de las respuestas que requieren la relación del texto verbal y/o de las imágenes con los conocimientos previos (Actividades 2.1.4, 6.1.1 y 6.1.2)

Cuando los estudiantes debieron relacionar la información nueva proporcionada en el texto con conocimientos construidos anteriormente detectamos que surgieron dificultades que se asocian a respuestas incompletas o a una confusión entre las magnitudes físicas y las entidades presentadas en el texto o en las imágenes. Con menor frecuencia, relevamos algunas interpretaciones inadecuadas desde el punto de vista disciplinar que asocian símbolos presentes en las etiquetas con otras magnitudes físicas.

Los resultados obtenidos confirman algunas de las dificultades ya detectadas en estudios previos acerca del aprendizaje de este tema. Las mismas se relacionan con la identificación de la fuente de campo magnético (Guisasola, Almudí y Zubimendi, 2003), con la interpretación del concepto de campo y las líneas de campo, y su distinción en relación con el campo eléctrico (Osorio et al., 2012; Pagella et al., 2021), y con la aplicación de la regla de la mano derecha (Osorio et al., 2015). Sin embargo, nuestro estudio muestra que las dificultades de los estudiantes no se limitan al plano disciplinar, sino que se vinculan también con la comprensión lectora. Relevamos problemas en la identificación de información en el texto que se hacen evidentes especialmente cuando la complejidad de las consignas planteadas es mayor. En aquellas tareas que pudieron resolverse a partir de obtener o copiar información explícita del texto relevamos un mejor desempeño del alumnado. Pero, en contrapartida, aquellas que necesitaron reorganizar información, establecer relaciones, integrar significados o recuperar conocimientos previos, presentaron un desafío muchas veces no logrado.

Conclusiones

Esta investigación se fundamenta en la existencia de estudios previos que han marcado dificultades generales de lectura y dificultades de aprendizaje en ciencias. Los reportes dan lugar a la necesidad de ahondar sobre estos problemas en detalle para evaluar su incidencia en la lectura y en el aprendizaje de la Física, especialmente para temas abstractos que se abordan en la Educación Secundaria como los fenómenos electromagnéticos para los que se han identificado dificultades específicas de aprendizaje. Sobre esta base, desarrollamos la presente investigación cuyos resultados nos permiten caracterizar las dificultades de comprensión de los estudiantes que participaron al leer un texto sobre los campos magnéticos generados por la corriente eléctrica y al resolver una serie de actividades

específicamente diseñadas en función del género y de las características de los textos verbales y visuales.

Cuando las actividades propuestas debían resolverse a partir de la información expresada en el texto en lenguaje verbal, los problemas surgieron al copiar ideas en forma parcial o poco específica, al relacionarlas de modo incoherente o inadecuado, al modificarlas cambiando su sentido desde el punto de vista de la Física, o al copiar ideas que no se relacionan con la respuesta esperada. Cuando las actividades involucraron además la comprensión de imágenes, las dificultades se asocian al establecimiento de relaciones entre los elementos verbales y visuales que son imprecisas, incompletas, erradas desde el punto de vista disciplinar o asociadas a interpretaciones intuitivas de sus elementos que podrían derivar en problemas de aprendizaje. Cuando en las producciones se ponen en juego conocimientos previos supuestamente contruidos, se manifestaron dificultades de comprensión que se podrían asociar a aprendizajes no logrados anteriormente en relación con el campo eléctrico o la corriente eléctrica.

Algunos de los problemas detectados en esta investigación, referidos a la adecuación disciplinar de las respuestas, confirman los resultados reportados en estudios previamente citados (Guisasola, Almudí y Zubimendi, 2003; Osorio et al., 2012; Osorio et al., 2015; Pagella et al., 2021), los cuales se asocian a dificultades: (a) para identificar la fuente del campo magnético, puesto que no todos los estudiantes lograron asociar la corriente como fuente del campo magnético; (b) para comprender el concepto de campo magnético e interpretar las líneas de campo; (c) para diferenciar campo magnético y campo eléctrico; y (d) para interpretar y aplicar la regla de la mano derecha.

Estos resultados nos llevan a concluir que la comprensión del texto leído no se logró en la mayoría de los casos, para todos los géneros involucrados en el texto seleccionado, y para las imágenes de diferente tipo y nivel de representación que están incluidas en el mismo. Una vez identificadas las principales dificultades de lectura podemos delinear algunas sugerencias para favorecer la comprensión lectora de los textos en las clases de Física.

Si bien este estudio se ha realizado con un grupo de estudiantes y utiliza un texto sobre un tema particular, los resultados obtenidos nos llevan a reflexionar acerca de cuestiones más generales relacionadas con la lectura en las clases de Ciencias y su importancia en el aprendizaje de contenidos disciplinares. En primer lugar, destacamos la necesidad de llevar a cabo un proceso de selección cuidadoso y un análisis minucioso de los textos que van a ser leídos en el aula. En segundo lugar, consideramos indispensable que el docente acompañe la lectura del texto a través de una mediación que involucre diferentes etapas de acercamiento al mismo desde las ideas más generales a las más particulares. En este proceso, sería importante ir valorando cómo los estudiantes desarrollan las tareas de lectura que se plantean a fin de detectar en un comienzo las dificultades más básicas de comprensión que luego impactarían en la construcción de relaciones más complejas como las involucradas en el aprendizaje de temas abstractos. Esa valoración debería incluir, por una parte, una vigilancia de la interpretación adecuada del contenido disciplinar y, por otra parte, una reflexión sobre

cómo expresar dicho contenido en forma completa y coherente. En tercer lugar, se deriva de lo anterior la necesidad de formar a los docentes disciplinares para la enseñanza explícita de la lectura multimodal en Ciencias.

Referencias

Acevedo, Y. A., Cataño, L. E. y Aguilar, Y. (17-19 de noviembre de 2014). Propuesta para la enseñanza de campo magnético desde una postura histórica y epistemológica a partir de los planteamientos de Ampere (Comunicación). *III Conferencia Latinoamericana Del International, History and Philosophy of Science Teaching Group IHPST- LA 2014*. Santiago, Chile. Recuperado de <https://laboratoriogrecia.cl/wp-content/uploads/2015/05/ACEVEDO-ET-AL-CO42.pdf>

Chan, E. (2011). Integrating visual and verbal meaning in multimodal text comprehension: towards a model of intermodal relation. En S. Dreyfus, S. Hood y M. Stenglin (Eds.), *Semiotic Margins. Meaning in Multimodalities* (pp. 144-167). London and New York: Continuum International Publishing Group.

Derewianka, B. y Jones, P. (2016). *Teaching language in context*. Australia and New Zealand: Oxford University Press.

Doran, Y. J. (2021). Multimodal knowledge: Using language, mathematics and images in Physics. En K. Maton, J. R. Martin and Y. J. Doran (Eds.), *Teaching Science: Language, Knowledge, Pedagogy* (pp. 162-184). London and New York: Routledge.

Doran, Y. J. y Martin, J. R. (2021). Field relations: Understanding scientific explanations. En K. Maton, J. R. Martin y Y. J. Doran (Eds.), *Teaching Science: Knowledge, Language, Pedagogy* (pp. 105-133). London and New York: Routledge.

Gilbert, J. K y Treagust, D. F. (2009). Introduction: Macro, Submicro and Symbolic Representations and the Relationship between them: key Models in Chemical Education. En J. K. Gilbert y D. F. Treagust (Eds.), *Multiple Representations in Chemical Education* (pp. 1-10). Cham: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-58914-5>

Guisasola, J., Almudí, J. M. y Ceberio, M. (2003). Concepciones alternativas sobre el campo magnético estacionario: Selección de cuestiones realizadas para su detección. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(2), 281-293. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3931>

Guisasola, J., Almudí, J. y Zubimendi, J. (2003). Dificultades de aprendizaje de los estudiantes universitarios en la teoría del campo magnético y elección de los objetivos de enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 79-94. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3943>

Halliday, M. A. K. y Martin, J. R. (2005). *Writing science: Literacy and discursive power*. London: Taylor & Francis.

Martin, J. R. y Rose, D. (2008). *Genre relations. Mapping culture*. London and Oakville: Equinox.

Ministerio de Capital Humano (2025). *Aprender. Informe de resultados 2024 Educación Secundaria*. Buenos Aires: Secretaría de Educación.

Ministerio de Educación (2023). *Argentina en Pisa digital 2022. Informe de resultados*. Buenos Aires: Secretaría de Evaluación e Información Educativa. Ministerio de Educación Argentina.

Ministerio de Educación de San Juan (2017) *Diseño Curricular Jurisdiccional de Educación Secundaria, Orientada y Artística. Ciencias Naturales*. Recuperado de <https://educacion.sanjuan.edu.ar/mesj/Gobierno/Dise%C3%B1oCurricular.aspx?c=disenio>

Navarro, F., Ávila, N. y Cárdenas, M. (2020). Lectura y escritura epistémicas: movilizand o aprendizajes disciplinares en textos escolares. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 22, e15, 1-13. <https://doi.org/10.24320/redie.2020.22.e15.2493>

Osorio, B., Mejía, L., Osorio, J., Campillo, G. y Covalada, R. (2012). Análisis de la enseñanza y el aprendizaje del electromagnetismo en el nivel tecnológico y universitario. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 6(12), 29-35. <https://doi.org/10.31908/19098367.657>

Osorio, B. E., Osorio, J. A., Mejía, L. S., Campillo, G. E. y Covalada, R. (2015). La conceptualización del campo eléctrico y magnético. Análisis de las concepciones de los estudiantes. *Revista Cintex*, 20(1), 123-137. Recuperado de <https://revistas.pascualbravo.edu.co/index.php/cintex/article/view/34>

Pagella, L., Pinato, J. y Sosa, L. (2021). Aplicación de estrategias de aprendizaje activo de campo magnético y fuerza magnética en bachillerato. *Avances en la Enseñanza de la Física*, 3(1), eAEF.3.1.7. <https://doi.org/10.36411/aef.3.1.7>

Pochne, J. (2018). *Física y Química 2 (ES). La naturaleza corpuscular de la materia. Electricidad y Magnetismo. Fuerzas y campos. Serie Savia*. Buenos Aires: SM.

Rose, D. (2005). Democratising the classroom: A literacy pedagogy for the new generation. *Journal of Education*, 37(1), 131-168. Recuperado de https://hdl.handle.net/10520/AJA0259479X_158

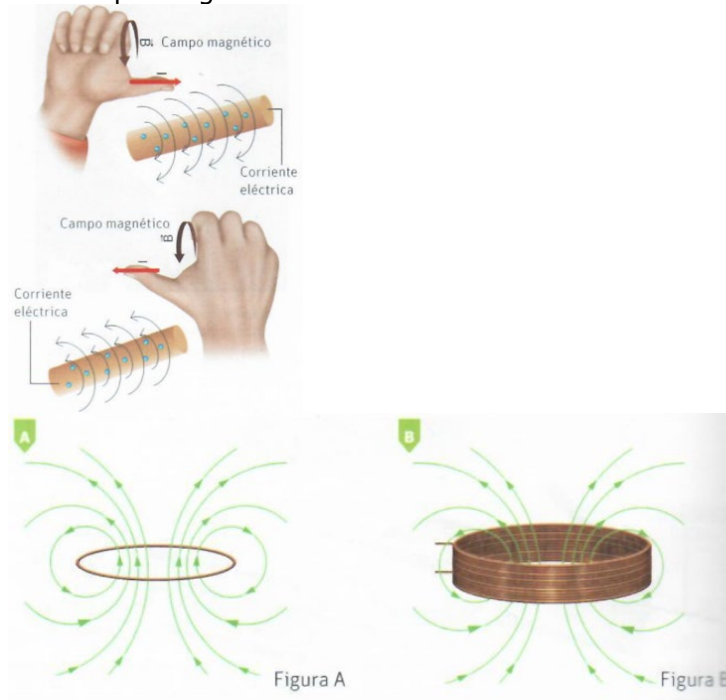
Unsworth, L. (2021). Infografías científicas en secundaria: complejos de significados multimodales en ensambles compuestos verbales-visuales. *Pensamiento Educativo. Revista de Investigación Educativa Latinoamericana*, 58(2), 1-19. <https://doi.org/10.7764/PEL.58.2.2021.9>

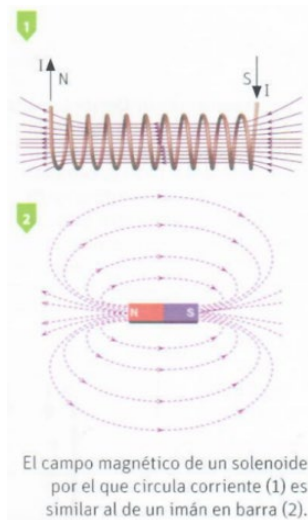
Anexo 1: Texto entregado a los estudiantes para su lectura (Pochne, 2018, p. 146)

CAMPO MAGNÉTICO Y CORRIENTE ELÉCTRICA

Las características del campo magnético que genera una corriente eléctrica se vinculan con la disposición de los conductores. Si se trata de un tramo recto de alambre, las líneas de campo estarán dispuestas como circunferencias concéntricas alrededor del conductor. A la vez, si la corriente se invierte de sentido, el campo magnético también cambia de sentido. Una forma de identificar el sentido del campo magnético es con la **regla de la mano derecha**: se trata de colocar el pulgar derecho haciéndolo coincidir con la dirección de la corriente y cerrando los demás dedos hacia la palma. El movimiento de los dedos permite determinar el sentido del campo magnético.

Cada tramo de alambre con corriente eléctrica crea líneas de campo magnético concéntrica a su alrededor. Si se tienen varios tramos, sus campos magnéticos se superponen y se suman (como vectores). Así, el campo magnético de un conductor con forma de anillo (**espira**) resulta como se muestra en la figura A. Al enrollar un conductor para que forme varias espiras se obtiene una **bobina**, cuyo campo magnético es la suma de los de cada espira, como se ve en la figura B. Cuantas más sean las espiras y mayor la intensidad de la corriente, mayor será la intensidad del campo magnético.





Si circula corriente a través de una bobina de forma cilíndrica, llamada solenoide, se crea un campo magnético intenso en su interior y otro más débil en el exterior, que casi se desvanece a corta distancia. El campo magnético de un solenoide es parecido al de un imán permanente en barra, con la diferencia de que en el solenoide puede controlarse la intensidad del campo.

Anexo 2: Instrumento de evaluación de la comprensión lectora

Realice una lectura del texto completo.

1. A partir de la lectura del **primer párrafo**, complete las siguientes actividades:
 - 1.1. ¿Qué entidad se describe en el primer párrafo?
 - 1.2. ¿Cuáles son las características que se enuncian para esa entidad?
 - 1.3. Enuncie los pasos para determinar el sentido de las líneas de campo magnético, utilizando la regla de la mano derecha.
2. Analice la **imagen de la izquierda que muestra el uso de la regla de la mano derecha** y complete las siguientes actividades:
 - 2.1. ¿Qué representan los siguientes elementos?
 - 2.1.1. flecha roja
 - 2.1.2. flecha curva marrón dibujada alrededor de la mano
 - 2.1.3. cilindro marrón claro
 - 2.1.4. esferitas celestes
 - 2.1.5. flechas curvas finas dibujadas alrededor del cilindro
 - 2.2. Compare las situaciones físicas representadas indicando semejanzas y diferencias.
3. A partir de la lectura del **segundo párrafo** y la observación de las **imágenes A y B**, complete las siguientes actividades:
 - 3.1. ¿Qué es una espira?
 - 3.2. ¿Cómo se explica la forma del campo magnético creado por la corriente que circula por una espira?
 - 3.3. ¿Qué es una bobina?
 - 3.4. ¿Cómo se obtiene el campo magnético creado por la corriente que circula por una bobina?
 - 3.5. ¿De qué factores depende la intensidad del campo magnético creado por una corriente que circula por una bobina?
4. Analice las **imágenes A y B** y complete las siguientes actividades:
 - 4.1. ¿Qué representan los siguientes elementos?
 - 4.1.1. circunferencias marrones
 - 4.1.2. flechas curvas verdes

4.2. Usando la regla de la mano derecha (expresada en el primer párrafo) indique cuál es el sentido de circulación de la corriente en la espira y en la bobina visto desde arriba.

4.3. Sobre la base de sus respuestas anteriores, ¿qué error puede detectar al comparar las imágenes A y B? Fundamente.

5. A partir de la lectura del **tercer párrafo**, complete las siguientes actividades:

5.1. ¿Qué es un solenoide?

5.2. ¿Qué entidad se describe en este tercer párrafo?

5.3. ¿Cuáles son las características que se enuncian para esa entidad?

6. Analice las **imágenes 1 y 2** y complete las siguientes actividades:

6.1. ¿Qué representan los siguientes elementos?

6.1.1. las letras N y S

6.1.2. la letra I

6.1.3. las flechas curvas continuas en la imagen 1

6.1.4. las flechas curvas discontinuas en la imagen 2

6.2. En el texto se expresa "El campo magnético de un solenoide es parecido al de un imán permanente en barra", observe las imágenes 1 y 2 de la izquierda e indique cuál es el parecido al que se refiere el texto.