



## CONOCIMIENTO PEDAGÓGICO Y SEMIÓTICO DEL CONTENIDO DE LAS CIENCIAS (CPSC) UNA PROPUESTA REFLEXIVA PARA DOCENTES

### PEDAGOGICAL AND SEMIOTIC KNOWLEDGE OF SCIENCE CONTENT (PSKC) A REFLECTIVE PROPOSAL FOR TEACHERS

### CONHECIMENTOS PEDAGÓGICOS E SEMIÓTICOS DE CONTEÚDO CIENTÍFICO (CPSC) UMA PROPOSTA REFLEXIVA PARA PROFESSORES

**Boris Fernando Candela Rodriguez**<sup>ORCID</sup>\*

Cómo citar este artículo: Candela-Rodriguez, B. F. (2023). Conocimiento Pedagógico y Semiótico del Contenido de las Ciencias. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 18(2), 301-317. DOI: <https://doi.org/10.14483/23464712.18155>

#### Resumen

Las dificultades que presentan los estudiantes en la construcción del conocimiento científico escolar no sólo son consecuencias de la naturaleza abstracta y del alto componente matemático que subyace a los productos y proceso de las ciencias, sino, también, del conocimiento y uso intencional que se haga de los rasgos de carácter lingüísticos y semióticos que configuran la transacción de significados y formas de significar en el aula de ciencias. Esta situación ha generado la necesidad de conceptualizar la base del Conocimiento Pedagógico y Semiótico del Contenido de las ciencias, la cual resulta de la combinación sinérgica entre el Contenido disciplinar, la Pedagogía y la Semiótica (CPSC). Así, esta combinación produce los siguientes elementos epistémicos: Conocimiento Semiótico del Contenido; Conocimiento Pedagógico y Semiótico; y Conocimiento Pedagógico del Contenido. El primero, permitió documentar los rasgos retóricos que caracterizan el discurso científico; el segundo, estableció una serie de estrategias pedagógicas, cuya función es la de andamiar la apropiación del lenguaje de las ciencias como una herramienta de pensamiento y construcción de conocimiento; y el tercero, se focalizó en explicitar las dificultades, estrategias de enseñanza y formas de representar los contenidos.

**Palabras clave:** Conocimiento Pedagógico y Semiótico del Contenido, Conocimiento Semiótico del Contenido, Conocimiento Pedagógico y Semiótico, Conocimiento Pedagógico del Contenido

Recibido: junio de 2021; aprobado: abril de 2023

\* Magister en educación. Universidad del Valle. Colombia. [boris.candela@correounivalle.edu.co](mailto:boris.candela@correounivalle.edu.co), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5833-1975>

## Abstract

The difficulties that students present in the construction of school scientific knowledge are not only consequences of the abstract nature and the high mathematical component that underlies the products and processes of science, but also of the knowledge and intentional use that is made of the linguistic and semiotic character traits that configure the transaction of meanings and ways of meaning in the science classroom. This situation has generated the need to conceptualize the base of Pedagogical and Semiotic Knowledge of the Content of the sciences, which results from the synergistic combination between Disciplinary Content, Pedagogy and Semiotics (CPSC). Thus, this combination produces the following epistemic elements: Semiotic Content Knowledge; Pedagogical and Semiotic Knowledge; and Pedagogical Knowledge of the Content. The first made it possible to document the rhetorical features that characterize scientific discourse; the second, established a series of pedagogical strategies, whose function is to scaffold the appropriation of the language of science as a tool for thinking and building knowledge; and the third, focused on making explicit the difficulties, teaching strategies and ways of representing the contents.

**Keywords:** Pedagogical and Semiotic Knowledge of Content, Semiotic Knowledge of Content, Pedagogical and Semiotic Knowledge, Pedagogical Knowledge of Content.

## Resumo

As dificuldades apresentadas pelos estudantes na construção do conhecimento científico escolar não são apenas consequências da natureza abstracta e da elevada componente matemática subjacente aos produtos e processos da ciência, mas também do conhecimento e do uso intencional de características linguísticas e semióticas que moldam a transacção de significados e formas de significado na sala de aula de ciências. Esta situação gerou a necessidade de conceptualizar a base do Conhecimento Pedagógico e Semiótico do Conteúdo da ciência, que resulta da combinação sinérgica entre o Conteúdo disciplinar, Pedagogia e Semiótica (CPSC). Assim, esta combinação produz os seguintes elementos epistémicos: Conhecimento Semiótico do Conteúdo; Conhecimento Pedagógico e Semiótico; e Conhecimento Pedagógico do Conteúdo. A primeira permitiu documentar os traços retóricos que caracterizam o discurso científico; a segunda estabeleceu uma série de estratégias pedagógicas, cuja função é a de andaimes a apropriação da linguagem da ciência como instrumento de pensamento e construção do conhecimento; e a terceira centrou-se em tornar explícitas as dificuldades, estratégias pedagógicas e formas de representação dos conteúdos.

**Palavras chave:** Conhecimento Pedagógico e Semiótico do Conteúdo, Conhecimento Semiótico do Conteúdo, Conhecimento Pedagógico e Semiótico, Conhecimento Pedagógico do Conteúdo.

## 1. Introducción

Los miembros del campo de la educación en ciencias han estado interesados en indagar las diversas dificultades y limitaciones que presentan los estudiantes para aprender por comprensión los contenidos y principios que fundan las ciencias. De ahí que los diferentes estudios realizados por ellos hayan evidenciado los siguientes factores que restringen el aprendizaje de dichos contenidos y principios: la naturaleza abstracta de los contenidos, el fuerte componente matemático, el lenguaje multinivel (macroscópico, submicroscópico y simbólico), entre otros. Al mismo tiempo, se ha generado la idea de que una forma de ayudar a superar estas restricciones es la de representar y formular los diferentes contenidos de las ciencias a partir de las actividades experimentales o científicas.

Por todo esto, se han diseñado a nivel global un conjunto de reformas curriculares en educación en ciencias, cuyo enfoque descansa en la indagación e investigación como estrategia de enseñanza y aprendizaje. Para ello, los gobiernos orientados por las políticas educativas han invertido millones de dólares, con el propósito de ayudar a mejorar la educación en todos los niveles de escolaridad. Sin embargo, tras todo este esfuerzo aún se continúa detectando que los estudiantes presentan problemas al acceder a esta clase de conocimiento (Candela y Viafara, 2014).

Así mismo, en la década de los noventa, los investigadores de la educación en ciencias evidenciaron que, en muchas de las reformas curriculares acontecidas hasta ese momento, las actividades experimentales y el lenguaje se perciben como rivales. De hecho, algunos estudios empíricos de la integración de las habilidades de la oralidad, la lectura y la escritura en el aula de ciencias, dejaron ver que los profesores y diseñadores de políticas educativas de estas disciplinas consideraban que dichas habilidades deben ser desarrolladas en el área del lenguaje (Baker y Saul, 1994).

No obstante, la investigación contemporánea sobre el aprendizaje de los estudiantes ha reconocido

ampliamente el papel central que juega el lenguaje y la alfabetización lingüística y no lingüística en el aprendizaje de los contenidos del currículo de las ciencias (Candela, 2018; Candela, 2020). De hecho, el reconocimiento de esta relación es un elemento inherente de los supuestos que subyacen a los nuevos estándares a nivel global y nacional. En estos estándares el contenido científico y el lenguaje se intersecta como elementos constitutivos del currículo de estas disciplinas. Así pues, las acciones de pensamiento están orientadas a que los estudiantes desarrollen las siguientes tareas: elaboración de reportes de laboratorios alternativos, investigación de artículos científicos, diseño de composiciones textuales específicas al fenómeno estudiado; traducción de información escrita en formatos visuales (tablas, gráficas, dibujos) a otro tipo de representación semiótica, comparar/contrastar los resultados provenientes de varias fuentes, construir argumentos apoyadas en las evidencias empíricas; y escuchar y leer los argumentos de los pares a fin de decidir si éstos tienen sentido, y formular interrogantes útiles con el ánimo de clarificar o mejorarlos (Ramos, 2019). Por todo esto, los investigadores de la educación en ciencias han comenzado a considerar que el lenguaje es un elemento constitutivo de la naturaleza de las ciencias (Halliday y Martin, 1993; Norris y Philis, 2003; Unsworth, 2006). Es decir, los científicos frecuentemente hacen uso de los múltiples recursos semióticos que configuran estas disciplinas con el fin de construir, validar y comunicar los diferentes modelos teóricos. De ahí que se considere importante ver la educación en ciencias, a través de los lentes de la interacción sinérgica entre el lenguaje y las actividades experimentales dentro de un contexto sociocultural. Desde luego, dicha perspectiva brinda la posibilidad de intuir cómo los estudiantes comprenden las entidades y procesos que subyacen a un fenómeno natural por medio del desarrollo consciente de habilidades lingüísticas, tales como la oralidad, la lectura y la escritura de textos de carácter científico escolar; también, percibir que la construcción del conocimiento se deriva de la participación activa de los diferentes

miembros de una comunidad de aprendizaje (profesor-contenido-estudiante) en el mundo social y simbólico en el cual se encuentran inmersos (Fang y Schleppegrell, 2010).

Si bien se ha evidenciado que la integración del lenguaje verbal (oral y escrito) al aula de ciencias juega un papel crítico en la comprensión de los estudiantes de un fenómeno natural, este no es el único aspecto que debe tener en cuenta el profesor durante el diseño y la implementación de ambientes de aprendizaje de contenidos específicos desde una perspectiva sociocultural. De hecho, en la década del noventa los investigadores de este ámbito de indagación comenzaron a visualizar que, además de la oralidad, la lectura y la escritura, se debe considerar a lo largo de la práctica del diseño y la enseñanza de contenidos, la naturaleza multimodal que caracteriza el discurso científico (Lemke, 1998; Kress y Selander, 2012). Este se encuentra configurado de forma multiplicativa por los siguientes modos semióticos: imágenes, audios, videos, simuladores, tablas, gráficos, y acciones experimentales.

En esta nueva perspectiva de la educación en ciencias, la lectura y el diseño de composiciones multimodales en el marco de la experimentación, están indisolublemente ligadas a la naturaleza y al tejido cultural del aula de ciencias. De hecho, el uso consciente de este conjunto de herramientas culturales de las ciencias por parte de los estudiantes tiene como propósito involucrar sus pensamientos y acciones, fomentando con esto la comprensión del fenómeno natural, apoyando la investigación y cultivando hábitos de razonamiento científico (Candela, 2020). Por todo esto, se ha producido la necesidad de tener un marco teórico que oriente la interpretación de cómo los estudiantes exhiben los recursos culturales de construcción de significados y formas de significar de las ciencias, con el propósito de alcanzar una comprensión profunda de las entidades y procesos que fundan el fenómeno en cuestión. En este sentido, Lemke (1990) apoyado en la Lingüística Funcional Sistémica (Halliday, 1978) y en la teoría semiótica del género de Bakhtin (1986), formuló una nueva perspectiva para ver la integración del lenguaje al

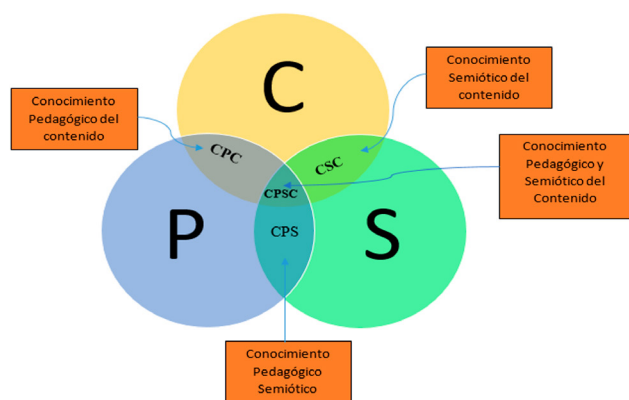
aula de ciencias denominada por el autor como semiótica social. Esta se centra en estudiar, cómo los estudiantes en interacción con el profesor construyen significados y formas de significar a través del uso intencionado del sistema de recursos culturales de palabras, imágenes, símbolos y acciones, traducidos en el lenguaje de las representaciones visuales, el simbolismo matemático y las operaciones experimentales propias de las ciencias.

Estos presupuestos han aumentado el interés por indagar la forma como influye la base del conocimiento para la enseñanza de las ciencias, referente a las características lingüísticas y semióticas que subyacen al discurso científico, durante la comprensión de los estudiantes de las entidades y procesos que fundamentan los fenómenos naturales (Lemke, 1992; Márquez et al., 2006; Jewitt, 2008). De ahí que, desde mediados de la década del noventa se han llevado a cabo una diversidad de estudios cuyo objeto de investigación ha sido documentar el lenguaje en uso, y todas las formas de comunicación escrita, verbal y no verbal acontecidas en las aulas de ciencias (Lemke, 1990; Candela, 2018).

Por todo esto se considera que, si bien el Conocimiento Pedagógico del Contenido (en adelante CPC) es una base de conocimiento clave (Shulman, 1987) para el proceso de diseño e implementación de ambientes de aprendizaje de tópicos específicos, esta no resulta suficiente a fin de andamiar a los estudiantes en la comprensión de los fenómenos naturales (Unsworth, 2006). Desde luego, dicha base está configurada por una serie de elementos referentes a la interacción sinérgica que se da entre el conocimiento sustantivo y sintáctico de las ciencias y la pedagogía general (véase Shulman, 1987). Sin embargo, en esta no se representa de manera explícita el conocimiento de los rasgos textuales lingüísticos y semióticos, considerados herramientas de pensamiento esenciales en la construcción del discurso científico (Turkan et al., 2014).

Esta restricción ha generado la necesidad de reconceptualizar y extender el constructo del CPC de las ciencias, con la intención de hacer explícita y manifiesta la interacción sinérgica que existe entre

el contenido, la pedagogía y el lenguaje desde las perspectivas lingüísticas y semióticas. De forma análoga a lo realizado por Shulman (1987) en la generación de la base de conocimiento del CPC, en este manuscrito de reflexión, también, se combina de manera sinérgica el conocimiento del contenido, la pedagogía general y la semiótica con el propósito de producir la base del conocimiento denominada Conocimiento Pedagógico y Semiótico del Contenido de las ciencias (en adelante CPSC) (véase figura 1).



**Figura 1.** Conocimiento Pedagógico Semiótico del Contenido de las ciencias.

Fuente: El autor

Desde luego, la base del conocimiento del CPSC probablemente fundamentará los razonamientos y acciones pedagógicas del profesor de ciencias a lo largo de la práctica de la planeación y enseñanza de un contenido de las ciencias que se encuentra alineado con un determinado fenómeno natural. De ahí que, el CPSC orientará la toma de decisiones curriculares e instruccionales con el fin de representar de forma apropiada un contenido curricular, teniendo en consideración, además de los elementos del CPC (véase Shulman, 1987 para mayor profundidad), el conocimiento de los rasgos textuales lingüísticos y semióticos propios del discurso de las ciencias. Este CPSC le permitirá al profesor hacer un uso intencional y deliberado de las herramientas semióticas y prácticas culturales que caracterizan la actividad científica, con miras a asistir a los estudiantes en el aprendizaje comprensivo de los contenidos del currículo de las ciencias.

De modo que, se ha comenzado a plantear la hipótesis que los profesores en formación y ejercicio deben identificar, desarrollar y apropiarse los principales elementos curriculares e instruccionales que emergen de la combinación sinérgica, entre el contenido, la pedagogía y la semiótica que caracterizan el proceso de enculturación científica de los estudiantes en la escuela primaria y secundaria. Desde luego, este CPSC orientará el diseño e implementación de ambientes de aprendizaje de contenidos específicos que brinde la oportunidad a los estudiantes de alcanzar una alfabetización en el sentido fundamental y derivado de las ciencias (Norris y Philips, 2003).

Este manuscrito de reflexión tiene como propósito clave la conceptualización del CPSC de las ciencias, como una base de conocimiento que fundamente la práctica de la planeación y la enseñanza de los contenidos que representan los fenómenos naturales. Por supuesto, el marco analítico que subyace al CPSC de las ciencias, quizás les permita a los profesores en formación y en ejercicio comenzar a tomar en consideración la comprensión más reciente del papel del lenguaje en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Los anteriores presupuestos han direccionado la siguiente pregunta de reflexión: ¿Cuáles son los elementos teóricos y metodológicos que configuran la base del conocimiento del CPSC de las ciencias?

## 2. Las formas de representar los fenómenos naturales en la educación en ciencias

En la actualidad existe un fuerte interés de la investigación en articular la actividad científica, los procesos de construcción social de significado por parte de los estudiantes, y las opciones de representación que apoyan el aprendizaje de las ciencias en la escuela primaria y secundaria. Para ello, esta se ha orientado en la perspectiva de la semiótica de las ciencias como un discurso multimodal, donde el aprendizaje implica la integración de significados a través de diferentes modos lingüísticos y no lingüísticos (Halliday y Martin 1993; Lemke, 2004;

Peirce 1931); además, en las teorías socioculturales que asumen el aprendizaje de las ciencias como el proceso de inducción a las prácticas de producción de conocimiento de las comunidades científicas (Lemke, 2004; Lunsford et al., 2007).

Por todo esto, los investigadores en educación en ciencias han llegado al consenso que las ciencias deben entenderse a lo largo de su historia como el desarrollo e integración de discursos multimodales (Kress et al., 2001; Lemke, 2004; Norris y Phillips, 2003), donde diferentes modos satisfacen diversas necesidades en relación con el razonamiento y registro de la investigación científica. De esta manera, los modos matemáticos, verbales, gráficos y las acciones experimentales se han utilizado individualmente y de manera coordinada para representar las afirmaciones de conocimiento del discurso científico, con representaciones más recientes de las ciencias mediadas por tecnologías digitales que son consistentes con la evolución de estas disciplinas académicas. De ahí que, los estudiantes de la escuela primaria y secundaria deben aprender acerca de la naturaleza multimodal del discurso y la actividad científica.

El anterior presupuesto se encuentra fundamentado por una teoría semiótica del género de Mikhail Bakhtin (1986), teoría que defiende una visión más fluida de cómo los géneros son moldeados por las actividades sociales. En esta perspectiva se considera el discurso científico como una especie de género, cuya construcción epistémica se caracteriza por ser fluida y situada; y, además, estar influenciada por elementos políticos, económicos, e históricos propios del contexto social de construcción (Russell, 1999). También, este presupuesto se encuentra sustentado por el modelo trídico de sistemas de signos propuesto por Peirce (1931). Este erudito afirma que todas las prácticas disciplinarias de construcción de significado, incluidas las ciencias, están mediadas a través de la explicación trídica acerca de cómo los signos tienen significado para determinada comunidad de práctica, y estos se encuentran estrechamente relacionados a un fenómeno natural o material (véase figura 2).



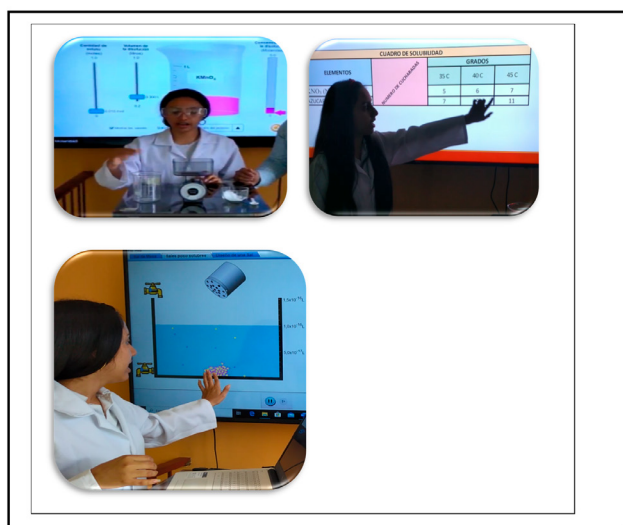
**Figura 2.** Modelo trídico del sistema de signos de Peirce.  
**Fuente:** Peirce (1931)

Así pues, Peirce (1931) considera que en las ciencias o en cualquier otro campo de conocimiento, a lo largo de la transacción de significados y formas de significar los sujetos diferencian e integran las representaciones referentes al signo o significante, la interpretación o el sentido que el intérprete le da a este signo (significado) y su referente, o los fenómenos a los que se refieren tanto la interpretación como el significante. Por ejemplo, en la construcción del modelo teórico de combustión, el signo es la ecuación química balanceada ( $1\text{CH}_4 + 3\text{O}_2 \rightarrow 1\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ); el significado hace referencia al rompimiento y formación simultánea de fuerzas inter e intramoleculares entre las moléculas de reactivos para formar moléculas y/o átomos como productos; por supuesto esta interacción molecular se da de forma proporcional.

Al enfrentar a los estudiantes al estudio de un fenómeno natural en el marco de la experimentación se espera que reconozcan las diferencias entre un modelo teórico, las diferentes formas en que este se puede representar y los fenómenos a los que se refiere. Esto implica que todos los intentos de los estudiantes por comprender o explicar conceptos

en ciencias, involucra un trabajo de representación en el sentido de que tienen que utilizar sus recursos sociocognitivos y representacionales actuales, para dar sentido a los conceptos científicos que son nuevos para ellos y que se reiteran en nuevas representaciones que deben ser recién interpretadas. Llegar a saber qué significan el equilibrio químico o las disoluciones como conceptos y palabras en las ciencias, debe implicar la comprensión y el uso de los recursos semióticos adecuados a fin de establecer vínculos cognitivos entre los fenómenos apropiados y las explicaciones teóricas y científicas de estos fenómenos.

Desde esta perspectiva de la semiótica social se conceptualiza el aprendizaje de las ciencias como el proceso sociocultural mediante el cual los estudiantes llegan a comprender cómo interpretar y construir significados, procesos y procedimientos de razonamiento científicos utilizando las convenciones y modos de representación semiótico de estas disciplinas (Lemke, 2004). Este proceso de construcción de significado implica que los aprendices puedan reconocer y vincular, de forma conceptual y práctica, cada uno de los elementos del sistema triádico de Peirce a fin de pensar y actuar de forma científica (véase ejemplo en la figura 3).



**Figura 3.** Estudiantes usando diferentes modos semióticos para representar la solubilidad.

**Fuente:** Candela (2023).

En este sentido, los estudiantes dan nuevos significados al objeto natural o material a través de un proceso de reconocimiento de modelos o modos semióticos que se encuentran alineados con las características del evento/objeto (referente) y los signos representacionales apropiados para materializar dicho sentido. Por supuesto, este proceso sociocognitivo se da mediado por las herramientas conceptuales y prácticas culturales adquiridas por los estudiantes a lo largo de la enculturación científica recibida en su escolaridad. Cada marco modal (convenciones semióticas, p.ej., gráficas, tablas, ecuaciones químicas, entre otras) les suministra posibilidad a los aprendices para mapear y organizar dichos vínculos epistémicos en función de la comprensión del fenómeno natural.

### 3. El Conocimiento Pedagógico y Semiótico del Contenido una base para la enseñanza de las ciencias

La conceptualización de la base del conocimiento para la enseñanza de los contenidos del currículo de las ciencias en este manuscrito está fundamentada desde las siguientes perspectivas: la teoría de la Lingüística Funcional Sistemática, la teoría de género de Bakhtin (1986), y el modelo triádico de Peirce (1931). Estas perspectivas han contribuido sustancialmente a la comprensión e identificación de los desafíos lingüísticos y semióticos que enfrentan los estudiantes a fin de adquirir las herramientas conceptuales y las prácticas culturales propias de la comunidad científica (Fang, 2006). Estas teorías se convierten en los lentes conceptuales que permiten identificar y apropiar los rasgos textuales lingüísticos y semióticos que caracterizan el proceso de negociación de significados y formas de significar, tanto en la comunidad científica como en el aula de ciencias para fines pedagógicos. Por supuesto, dichos elementos lingüísticos y semióticos son documentados en la base del conocimiento para la enseñanza del CPSC.

Estas perspectivas de orden lingüístico y semiótico que orientarán el diseño y la implementación de un

ambiente de aprendizaje de un contenido específico consideran que la enseñanza de las ciencias se encuentra estrechamente vinculada a los antecedentes culturales de estas disciplinas. Así pues, los razonamientos y las acciones pedagógicas que orientan la práctica de la planeación y la enseñanza de un contenido deben estar fundamentada por la base del CPSC, la cual permite desempacar las demandas del lenguaje asociadas con el discurso científico y las prácticas culturales de esta área de conocimiento. Así, el CPSC les permite a los profesores de ciencias identificar y apropiar los rasgos retóricos propios de los actos de comunicación en la comunidad científica, con el propósito de brindarles a los estudiantes la oportunidad de hablar, leer y escribir de y sobre las ciencias (Lemke, 1990; Candela, 2020).

En este sentido, se considera que los profesores de ciencias en formación y ejercicio deben ser preparados para enseñar el contenido, el proceso y las características lingüísticas y semióticas inherentes del discurso científico (Lucas, 2011). Por esto, se ha comenzado a afirmar que un buen profesor de ciencias es aquel quien reconoce y utiliza los elementos lingüísticos y semióticos propios del discurso científico en el marco de la experimentación como herramientas sociocognitivas que ayudan a mediar el aprendizaje de estas disciplinas (Candela, 2023). De ahí que, Lucas y Villegas (2011) argumentan que los profesores de cualquier disciplina necesitan (a) aprender acerca del lenguaje que fundamenta el discurso de la disciplina, (b) comprender e identificar las demandas del lenguaje que subyacen al contenido disciplinar con el ánimo de asistir a los estudiantes durante el desarrollo de las actividades de aprendizaje, y (c) andamiar a los estudiantes en el uso deliberado e intencionado del discurso científico. Conviene subrayar que, el CPSC entonces fundamentará, teórica y metodológicamente, la toma de decisiones curriculares e instruccionales, materializadas en el diseño e implementación de una secuencia de actividades de aprendizaje, cuyo fin es andamiar a los estudiantes en la comprensión del fenómeno natural estudiado.

Por otro lado, la integración de la semiótica que caracteriza el discurso científico con el conocimiento del contenido y la pedagogía ha tenido dificultades semejantes a las que enfrentó Shulman (1987), cuando propuso combinar de forma sinérgica el Contenido con la Pedagogía a fin de generar la base del conocimiento del CPC de una disciplina específica. De hecho, todos los investigadores y profesores del campo de la educación en ciencias coinciden en que la oralidad, la lectura y la escritura de textos académicos son mediadores en la construcción del conocimiento científico en el aula; sin embargo, muchos afirman que la enseñanza explícita de los rasgos lingüísticos y semióticos del discurso científico debe ser llevada a cabo en el área de lenguaje y literatura (Kress y Selander, 2012). Es decir, el profesor de química, física o biología no tiene la responsabilidad de diseñar e implementar ambientes de aprendizaje de contenidos específicos donde se representen, formulen y andamien la identificación y apropiación de los rasgos textuales que caracterizan el proceso de transacción de significados y formas de significar propio de los actos de comunicación de esta comunidad de práctica.

Con el propósito de comenzar a superar la anterior restricción, Candela (2018) ha considerado la necesidad de generar una base de conocimiento para la enseñanza de las ciencias donde se enfatizen las conexiones, interacciones, suministros y restricciones entre el contenido, la pedagogía y la semiótica. De ahí que, la integración multiplicativa de estos elementos epistémicos formula tres especies de conocimiento, a saber: Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC); Conocimiento Semiótico del Contenido (CSC); y Conocimiento Pedagógico Semiótico (CPS) (véase figura 1). Por supuesto, cada uno de estos elementos se entretajan de forma sinérgica con el fin de configurar un sistema epistémico que oriente, de manera intencionada, los razonamientos y acciones pedagógicas del profesor de ciencias durante la planeación y la enseñanza de un contenido de las ciencias relacionado con fenómeno natural particular.



### 3.1 Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC)

Shulman (1987) en la década de los ochenta formuló el Conocimiento Pedagógico del Contenido (en adelante CPC) como una de las siete bases del conocimiento para la enseñanza que ayuda a configurar el pensamiento del profesor. Así pues, él argumenta que el CPC resulta de la combinación sinérgica entre el conocimiento disciplinar (sustantivo y sintáctico) y la pedagogía general (véase Shulman (1987), para una discusión más profunda)). Esta combinación se traduce en el conocimiento de los siguientes elementos: conocimiento de las herramientas conceptuales y prácticas culturales de las ciencias; conocimiento de las metas de aprendizaje y enseñanza; conocimiento de los propósitos de la enseñanza del contenido; conocimiento de las dificultades/concepciones alternativas con las que llega el estudiante al aula de ciencias; conocimiento de las potencialidades y limitaciones que ofrecen los recursos curriculares de orden material y tecnológico; conocimiento de las formas de representar y formular el contenido; conocimiento de las estrategias y modelos de enseñanza; y conocimiento de las herramientas de evaluación específica alineadas con el contenido (Candela y Viáfara, 2014). Como se evidencia en los anteriores elementos, la base del conocimiento del CPC no aborda de forma explícita los rasgos lingüísticos y semióticos que le dan una identidad al discurso científico. Con el propósito de comenzar a superar dicha restricción, en este manuscrito se ha representado las bases del Conocimiento Semiótico del Contenido (CSC), y Conocimiento Pedagógico Semiótico (CPS).

### 3.2 Conocimiento Semiótico del Contenido (CSC)

Axelsson y Danielsson (2012) argumentan que la transacción de significados y formas de significar en las ciencias y la educación en ciencias está mediada por un lenguaje de carácter multimodal. Es decir, los actos de comunicación en estas dos comunidades de práctica se caracterizan por ir más allá del lenguaje

oral y escrito. Por tanto, el discurso científico en las ciencias, y enseñanza y aprendizaje de las ciencias se caracteriza por la integración multiplicativa entre los siguientes modos semióticos: lenguaje oral y escrito; representaciones visuales y gráficas; acciones experimentales; lenguaje gestual, entre otros (véase ejemplo en la figura 4).



**Figura 4.** Los diferentes modos semióticos que median la comunicación multimodal en el aula de ciencias. **Fuente:** Muñoz (2020, pp. 67-68)

Esta situación ha motivado el movimiento de los marcos teóricos que subyacen a la línea de investigación del lenguaje en la educación en ciencias, desde la lingüística focalizada en los modos oral y escrito, a la semiótica social cuyo centro son todos los recursos semióticos disponibles para la construcción del discurso científico en las aulas de ciencias. Estos son utilizados como una herramienta cultural por el profesor y los estudiantes como miembros de este grupo social con el ánimo de ayudar a mediar la comprensión de los fenómenos científicos. A pesar de todo esto, las teorizaciones lingüísticas referentes a los rasgos retóricos que también caracterizan las transacciones de significado en las ciencias y en el aula de ciencias, continuarán jugando un papel clave en los diversos actos de comunicación coherente en estos dos grupos sociales (Candela, 2018). Por supuesto, la materialización del lenguaje verbal (modo oral y escrito) ha comenzado a ser considerado un modo de comunicación multimodal.

Por ejemplo, en la comunicación oral, a lo largo de la emisión de los sonidos de las palabras se usan gestos, tonos y expresiones faciales. En la escritura, aparte de seleccionar las expresiones verbales, siempre se ha hecho la elección acerca de la posición del texto en la página, el estilo redaccional, y el formato de la letra (Axelsson y Danielsson, 2012). En este sentido, el Conocimiento Semiótico del Contenido se encuentra configurado, tanto por los rasgos retóricos de naturaleza lingüística, como por los principios semióticos que caracterizan las composiciones textuales orales o escritas que le dan vida al discurso científico.

Así, los rasgos retóricos de orden lingüísticos que caracterizan el discurso científico tienen una funcionalidad a nivel de la palabra, oración y discurso. Desde luego, la identificación y apropiación de estos rasgos retóricos les genera a los estudiantes altas demandas sociocognitivas. Esta situación ha producido la necesidad de que los profesores de ciencias identifiquen los aspectos de orden lingüísticos que obstaculizan la lectura y el diseño de composiciones textuales durante la transacción de significados y formas de significar en el marco de la actividad científica. Esta estrategia pedagógica debe orientar la toma de decisiones curriculares e instruccionales de los enseñantes, con el fin de ofrecerles a los aprendices la ayuda y orientación apropiada a medida que se enfrentan con el lenguaje académico que caracteriza el discurso científico (Fang, 2006; Fang, 2016). Por todo esto, Fang (2006), Schleppegrell (2004), y Fang (2014) evidenciaron un conjunto de rasgos retóricos que el profesor y los estudiantes deben identificar y apropiar, con el ánimo de hacer un uso deliberado de estos a lo largo de los actos de comunicación en el marco de la experimentación que median la construcción del conocimiento (véase Tabla 1).

Asimismo, la emergencia de las TIC como herramientas de pensamiento y construcción de conocimiento al primer plano de la educación en ciencias, trajo un cambio en la forma de mediar los actos de comunicación. Desde luego, los medios digitales, más que el libro de texto impreso, son cada vez más el lugar de aparición y distribución de los recursos de

**Tabla 1.** Principales características lingüísticas del discurso científico.

Característica lingüística y conceptualización
Vocabulario técnico. Palabras técnicas utilizadas para transmitir con precisión el conocimiento especializado de la ciencia.
Elipsis. Omisión de palabras, frases o cláusulas con el fin de evitar las redundancias innecesarias durante la descripción y explicación de las entidades y procesos que subyace a un fenómeno natural.
Cláusulas subordinadas. Son aquellas cuya existencia depende de la cláusula principal.
Sustantivos abstractos. El lenguaje científico teoriza experiencias concretas de la vida cotidiana, es decir, convierte los eventos concretos (expresados por verbos) y atributos (expresados por adjetivos) en entidades abstractas (expresados por sustantivos), que luego pueden convertirse en el sujeto a ser examinado más a fondo (nominalización).
Frasas sustantivas largas. La alta densidad lexical que caracteriza el discurso científico se logra a través del uso de frases nominales extendidas, que comprimen información que normalmente tomaría varias cláusulas para transmitir en el lenguaje cotidiano.
Oraciones complejas. Las proposiciones en el discurso científico tienen una estructura semántica y sintáctica de carácter jerárquico, materializada a través de una relación causal y subordinada entre dos o más cláusulas.

**Fuente.** El autor

aprendizaje, en ese sentido, la escritura está siendo desplazada por la imagen como modo central de representación. Esta situación ha generado en los estudiantes la necesidad de leer cada vez más estas especies de composiciones multimodales materializadas en formatos digitales.

Por todo esto, se considera que la lectura y la escritura intencional y deliberada de los textos académicos multimodales las fundamentan, no sólo el conocimiento de los rasgos lingüísticos, sino también la identificación y apropiación situada de los rasgos semióticos propios de las composiciones multimodales. Además, el explicitar estos rasgos semióticos en el contexto de la negociación de significados y formas de significar en el aula de ciencias, generó el interés de considerar la tarea de escritura como un proceso de diseño de composiciones multimodales (Candela, 2021). Esta es una práctica deliberada en la que los modos, medios, marcos y sitios de exhibición, por un lado, y los propósitos retóricos, los intereses del diseñador y las características de la audiencia, por el otro, se ponen en coherencia entre sí (Kress, 2009; Hand y Choi, 2010).

De ahí que, se hace necesario presentar las herramientas conceptuales y analíticas que pueden iluminar los principios del diseño y lectura de composiciones textuales, a fin de ayudar a comprender el mundo representativo multimodal que caracteriza el discurso científico en las aulas de ciencias. Los conceptos clave son el signo, el modo, el medio, el marco y la forma de exhibición (Halliday, 1978; Hodge y Kress, 1988; Jewitt, 2008; Kress, Jewitt, Ogborn y Tsatsarelis, 2001; Kress y van Leeuwen, 2006) (Véase tabla 2).

### 3.3 Conocimiento Pedagógico Semiótico (CPS)

El CSC muestra que el discurso científico escolar está configurado por una gama de características lingüísticas y semióticas, cuyo uso deliberado demanda en los estudiantes altos esfuerzos sociocognitivos con

el fin de construir la comprensión de un fenómeno natural. Esta situación ha generado el interés de producir la base del Conocimiento Pedagógico y Semiótico (en adelante CPS), que orientaría al profesor en el diseño y la implementación de ambientes de aprendizaje fundamentados en expectativas curriculares centradas en brindarles a los estudiantes la oportunidad de identificar y apropiar los rasgos retóricos que estructuran sintáctica y semánticamente el discurso de las ciencias (Candela, 2018; Candela, 2020).

Sin una conciencia explícita de estos rasgos lingüísticos y semióticos, es probable que los estudiantes experimenten dificultades en el aprendizaje de las ciencias. Por supuesto, esta base de conocimiento los ayudaría a comprender mejor, cómo el lenguaje construye formas particulares de pensamiento y razonamiento en las ciencias; además, les permitiría

**Tabla 2.** Rasgos retóricos de naturaleza semiótica que caracterizan los actos de comunicación multimodales de las ciencias.

Conceptualización de los rasgos retóricos de naturaleza semiótica
Signo. Los signos son elementos convencionales en los que el significado y el fenómeno material o social se entretujan en una relación sinérgica, motivada por un interés deliberado del diseñador del texto multimodal. Así, el proceso de creación de esta clase de composición textual está determinado por la disponibilidad y adecuación de los recursos semióticos a los significados que el diseñador desea comunicar a una audiencia particular.
Modos. Un modo es un recurso semiótico, social y cultural establecido de forma convencional por los miembros de una comunidad de práctica, con el fin de darle solución a los múltiples problemas de carácter complejo e inciertos que se encuentran alineados con un determinado fenómeno natural. De ahí que, la imagen en movimiento o estática, la escritura, los gestos, el discurso, las acciones experimentales y el audio, son considerados ejemplos de modos, utilizados frecuentemente como mediadores del aprendizaje de un contenido particular. La construcción de un significado se da como el resultado de la integración multiplicativa de varios modos.
Interés. El interés del diseñador de recursos de aprendizaje es doble: retórico/pedagógico y epistemológico. El interés pedagógico responde a la pregunta: "¿Cómo puedo realizar mejor mi relación social con el público imaginario?"; el interés epistemológico a la pregunta: "¿Cómo se representa mejor el contenido de la disciplina mientras se maximiza el compromiso del estudiante?" Los intereses del productor y de la audiencia están determinados por el entorno social, cultural, económico, político y tecnológico en el que se construye el texto multimodal.
El signo y el uso situado. La transacción de significados y formas de significar está mediada por la interacción sinérgica entre el diseñador, el sistema complejo de signos (texto multimodal) y la audiencia particular. En este sentido, la propiedad orgánica de los textos emerge en el momento en que son utilizados por una audiencia singular con un propósito epistémico particular. Por tanto, los textos solo cobran "vida" cuando se ponen en acción y en comunicación, por sí mismos y en interacción con otros.
Medio. El medio es el recurso material que le permite a los sujetos documentar los sentidos producidos en el marco de una transacción de significados (p. ej., texto impreso o digital; hablante como cuerpo y voz). También, presenta una característica social, dado que, este resulta de las prácticas semióticas, socioculturales y tecnológicas de una determinada comunidad de práctica (p. ej., el cine, el periódico, la cartelera, la radio, la televisión, el teatro, un aula, etc.).
Sitios de exhibición. Es el espacio que se hace disponible como medio para la exhibición de texto como un sistema complejo de signos.

Fuente. El autor

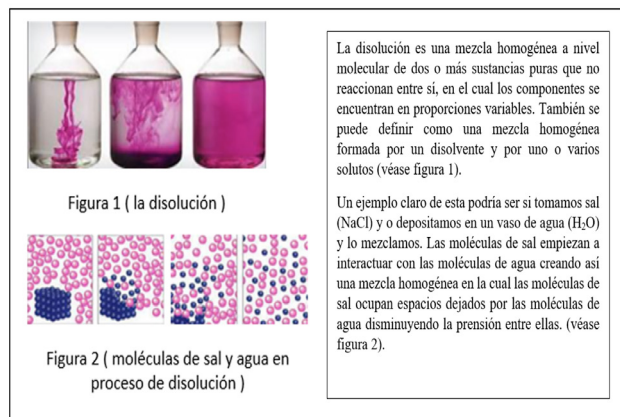
ampliar su participación en los diversos contextos del aprendizaje de estas disciplinas (Schlepppegrell, 2004). Por todo esto, hablar, leer y escribir de y sobre las ciencias es un requisito indispensable en el proceso de enculturación científica.

Definitivamente, el CPS es una herramienta epistémica que representa un conjunto de estrategias pedagógicas específicas, cuyo propósito es desempacar y mostrar la organización y la lógica léxico, gramatical y semiótica que subyacen al lenguaje académico de las ciencias. Por supuesto, debido a que su base teórica proviene de la lingüística funcional sistémica (Schlepppegrell, 2004), estas estrategias difieren de la instrucción gramatical tradicional basada en reglas, y tienen el potencial de desarrollar percepciones lingüísticas y semióticas entre los estudiantes con el ánimo de facilitar la identificación y apropiación de los rasgos retóricos lingüísticos y semióticos necesarios en el aprendizaje de las ciencias (Fang, 2006). De hecho, este conocimiento sintáctico y semántico ayuda al profesor a promover la comprensión y uso del lenguaje científico en las aulas de ciencias.

Asimismo, el CPS de las ciencias no debe interpretarse como una devaluación de las habilidades básicas de lectura y escritura, destrezas que los estudiantes han abordado a lo largo de la escolaridad en la asignatura de lengua castellana. Más bien, estas habilidades lingüísticas deben ser complementadas por las estrategias semióticas, con el propósito de suministrarles la posibilidad de aprender a leer y diseñar composiciones multimodales que representan las entidades y procesos que subyacen a los fenómenos naturales.

Esta base de conocimiento del CPS le permite al profesor de ciencias diseñar e implementar actividades de aprendizaje que representen, además del fenómeno natural estudiado, los rasgos retóricos lingüísticos y semióticos que caracterizan el lenguaje de las ciencias. Es decir, la secuencia de actividades debe estar configurada por tareas alineadas, tanto a la comprensión del contenido de las ciencias, como a la apropiación y uso de los recursos lingüísticos y semióticos. Conviene

subrayar, estos últimos tienen que ser enseñados por el profesor en el marco de las actividades experimentales (Candela, 2020) (véase ejemplo en la figura 5).



**Figura 5.** Texto multimodal diseñado por estudiantes de grado once para representar el fenómeno de disoluciones.

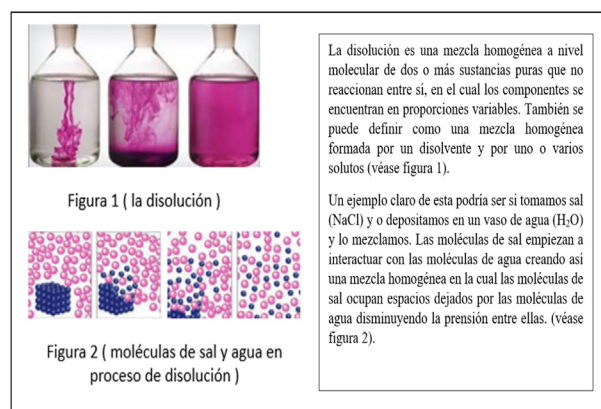
**Fuente:** Candela (2019, p. 153).

Así pues, esta perspectiva lingüística-semiótica de la enseñanza de las ciencias le permite al profesor andamiar a los estudiantes en el desarrollo de los procesos cognitivos de naturaleza lingüística, con el ánimo de que hagan un uso deliberado de estos como herramientas de construcción del conocimiento científico escolar. Por ejemplo, la nominalización es un proceso cognitivo lingüístico que permite la transformación de las entidades y procesos que subyacen a un fenómeno natural (expresados en verbos y adjetivos) en un modelo teórico abstracto (expresado en sustantivo). Así pues, los estudiantes deben aprender a realizar razonamientos de nominalización a lo largo de la construcción de composiciones textuales referentes a las entidades y procesos que subyacen a un fenómeno natural estudiado. Para ello, el profesor tendrá que enfrentarlos a tareas donde sinteticen la información textual que está describiendo un proceso alineado al fenómeno natural a través de un sustantivo o frase nominalizada que podrá convertirse en el sujeto de la siguiente frase que desarrolla la proposición principal, cuyo propósito es explicar el fenómeno.

El parafraseo es otra de las estrategias necesaria para que los estudiantes se apropien de los rasgos lingüísticos de las composiciones textuales de las ciencias. Este consiste en que los estudiantes traduzcan sus modelos mentales expresados de forma oral (emergidos de la transacción de significados en el marco de una actividad experimental específica) en una composición escrita de naturaleza académica. Resulta importante que el profesor de ciencias a lo largo de la actividad de parafraseo, enseñe de manera explícita los aspectos referentes a la estructura sintáctica y semántica a nivel de la oración y el párrafo que caracterizan la textualización de los textos científicos (p. ej., la relación tema y rema, oraciones complejas, frases sustantivas, elipsis, entre otras) (véase ejemplo en la figura 5).

Por otro lado, conviene subrayar que la transacción de significados y formas de significar en el aula de ciencias es inherentemente multimodal. En este sentido, se genera la necesidad de que los estudiantes logren identificar y apropiar, además de los rasgos retóricos lingüísticos, también, los rasgos de naturaleza semiótica, aspectos que funcionan como mediadores culturales en la comprensión de los fenómenos naturales. Esta situación ha llevado a los eruditos de la línea de investigación del lenguaje a considerar que dicho proceso epistémico se encuentra fundamentado por tres principios: interacción sinérgica de los diferentes modos semióticos que configuran un texto, intertextualidad, y transducción.

El principio de la interacción sinérgica entre los modos semióticos más aptos para representar un fenómeno natural ejerce una fuerte influencia en el diseño del texto multimodal, cuya función es la de materializar y exhibir el modelo teórico alineado a dicho fenómeno. Este principio se caracteriza por orientar la integración multiplicativa de un complejo sistema de signos o modos semióticos que son exhibidos a través de diferentes tipos de medios en el marco de prácticas semióticas, socioculturales y tecnológicas (Bezemer y Kress, 2008) (véase ejemplo en la figura 6).

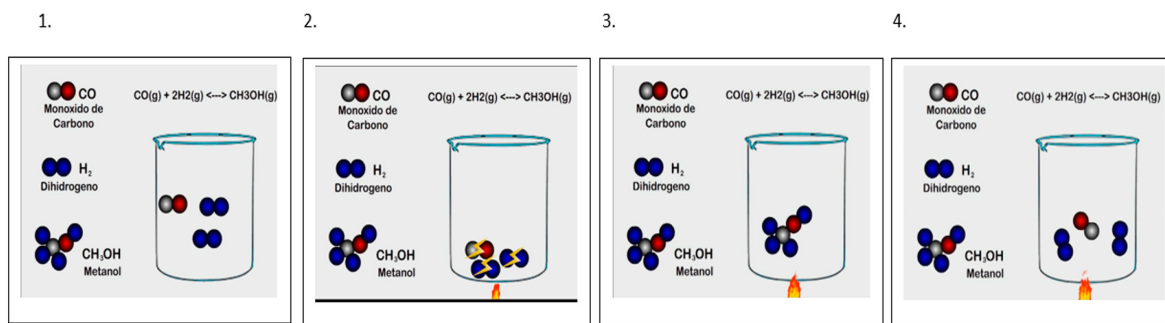


**Figura 6.** Texto multimodal diseñado por los estudiantes de grado once, que representa las reacciones químicas reversibles.

**Fuente:** Candela (2021, p. 131).

Ahora bien, desde el punto de vista del aprendizaje de las ciencias los estudiantes presentan dificultades en la comprensión de cómo los modos semióticos son usados, seleccionados y combinados a fin de expresar y materializar sus modelos mentales emergidos de la discusión colegiada en el marco de las actividades experimentales. De hecho, Danielsson y Selander (2016) argumentan que no todos los estudiantes de la escuela primaria y secundaria hacen un uso deliberado de los modos semióticos que caracterizan los actos de comunicación en el aula de ciencias. De ahí que, en las dos últimas décadas se haya considerado la necesidad de brindarles apoyo pedagógico a fin de que comprendan el papel y función de las múltiples representaciones modales en las ciencias. En ese sentido, los estudiantes tienen que aprender que la integración multiplicativa de los modos permite maximizar las explicaciones y descripciones de los fenómenos naturales (Waldrip et al., 2010). Además, comprender que una única representación no puede cubrir todos los aspectos de un tópico, o que las diferentes representaciones tratan el mismo contenido desde diferentes perspectivas (véase ejemplo en la figura 7).

Por esto, el profesor de ciencias en el marco de las actividades experimentales debe instruir explícitamente a los estudiantes acerca de las estrategias de



**Figura 7.** Texto diseñado por un estudiante en el marco de la experimentación usando la transducción.

**Fuente:** Candela (2023).

cómo diseñar y leer las composiciones multimodales que representan un determinado fenómeno natural. Así pues, las tareas tienen que estar orientadas a que los estudiantes tomen conciencia que el diseño de los textos multimodales está influenciado por el propósito comunicativo y el marco teórico que probablemente tendrá una audiencia particular. También, las tareas referentes a la lectura de textos multimodales en el marco de las discusiones metatextuales deben brindarles la oportunidad de identificar los diferentes recursos semióticos que configuran el texto (imágenes, diagramas, títulos, párrafos introductorios, gráficas, entre otros), junto con el significado que cada uno de estos aporta a la construcción de la idea global de la composición textual (Unsworth, 2006; Danielsson y Selander, 2016).

El principio de la transducción, también, ayuda a fundamentar los actos de comunicación de carácter multimodal en el aula de ciencias. Este les permite a los profesores y estudiantes transducir una idea representada en un sistema de modos semióticos a otro, con el ánimo de combinar las fortalezas que encarnan cada uno de estos sistemas representacionales, a fin de poder expresar con mayor precisión los modelos mentales que intentan representar las entidades y procesos que subyacen al fenómeno natural estudiado. Conviene subrayar que, difícilmente podrá haber una transducción perfecta de un sistema de modos a otro, dado que todo recurso representacional proporciona diferentes potencialidades y limitaciones (affordances), generándose con

esto ganancias y pérdidas durante la transacción de significados y formas de significar (véase ejemplo en la figura 7).

Por todo esto, el profesor de ciencias debe diseñar e implementar ambientes de aprendizaje de contenidos específicos en el marco de la experimentación, que les brinde a los estudiantes la oportunidad de hacer un uso funcional y consciente del principio de la transducción a lo largo del diseño y lectura de las composiciones multimodales. Por supuesto, el desarrollo de este principio tiene una alta demanda sociocognitiva para los estudiantes, de ahí que, se argumente que quienes logren identificarlo y apropiarlo tienen una alta probabilidad de desarrollar una comprensión más profunda de los textos, las estructuras de información y la organización textual del conocimiento científico escolar, aspectos claves para el desarrollo de la comprensión de los fenómenos naturales (Danielsson y Selander, 2016). Finalmente, el principio de la intertextualidad se encuentra fundamentado por la relación intencional y deliberada que el sujeto establece entre su sistema teórico y metodológico, proveniente de textos y discursos elaborados en otras ocasiones, y las propiedades que caracterizan el fenómeno natural y/o texto que se encuentra estudiando (Lemke, 1990). Resulta importante destacar que este principio, también, se da al interior de un solo texto. Por lo tanto, los sentidos en que se construyen y las formas en que se hacen, siempre van a depender del nivel de convencionalidad y relaciones semánticas que se dan entre los textos o dentro de un texto. Estas han

sido documentadas por medio de las herramientas conceptuales y prácticas culturales propias de la comunidad científica y el aula de ciencias (Lemke, 1990).

De ahí que, el profesor de ciencias deba diseñar e implementar actividades de aprendizaje en el marco de las prácticas experimentales que les brinde a los estudiantes la oportunidad de establecer relaciones entre los textos que documentan los modelos teóricos construidos a lo largo de su escolaridad (inter-textos). Desde luego, esta orientación pedagógica tiene como meta que los aprendices comprendan los principios generales que orientan el establecimiento de las relaciones semánticas que puede haber entre los textos o los discursos generados en otras ocasiones (véase ejemplo en la figura 8).

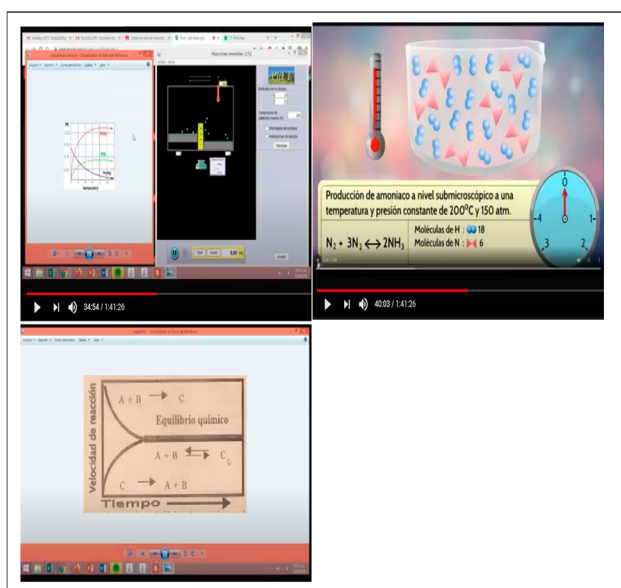
#### 4. Conclusiones

La enculturación científica de los estudiantes en la escuela primaria y secundaria se encuentra vinculada, con el desarrollo de las habilidades socio-cognitivas alineadas a las formas de representar las entidades y procesos que subyacen a los fenómenos

naturales. Así pues, esta expectativa curricular se visualiza como una práctica cultural que abarcan formas específicas de hablar, escribir, leer, ver, modelar, graficar y actuar dentro de la comunidad discursiva del aula de ciencias. Este presupuesto ha estimulado la generación de la base del conocimiento para la enseñanza del CPSC, elemento que juega un papel clave en el logro de dicha meta educativa. Los elementos que configuran esta base (p. ej., CSC, CPS, y CPC), fundamentan disciplinar, pedagógica y semióticamente la toma de decisiones curriculares e instruccionales, que se traducen en el diseño e implementación de ambientes de aprendizaje de contenidos específicos en el marco de las actividades experimentales. Así, el CSC documenta los rasgos retóricos de carácter lingüísticos y semióticos que le dan identidad al discurso científico; el CPS representa el uso deliberado de estos rasgos retóricos desde argumentos pedagógicos; y el CPC explicita las dificultades/concepciones alternativas, estrategias/modelos de enseñanza y formas de representar los contenidos de las ciencias. Por supuesto, estos tres aspectos se entretajan durante el diseño e implementación de actividades de aprendizaje, cuyas tareas representan, tanto los productos y procesos de las ciencias, como los elementos sociocognitivos de carácter lingüístico-semiótico que subyacen la construcción del conocimiento científico escolar.

#### 5. Referencias

- Axelsson, M., y Danielsson, K. (2012). 6 Multimodality in the Science Classroom. In *Literacy Practices in Transition* (pp. 140-164). Multilingual Matters.
- Baker, L., y Saul, W. (1994). Considering science and language arts connections: A study of teacher cognition. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(9), 1023-1037.
- Bakhtin, M. M. (1986). The problem of speech genres. In: Emerson, C. & Holquist, M. *Speech Genres and Other Late Essays* (pp. 60-102). University of Texas Press.
- Bezemer, J., y Kress, G. (2008). Writing in multimodal texts: A social semiotic account of designs for learning. *Written Communication*, 25(2), 166-195.



**Figura 8.** Texto multimodal que representa el equilibrio químico presentado por un profesor.

**Fuente:** Candela (2023).

- Candela, B. F. (2018). El lenguaje y las múltiples representaciones externas. Estrategias de pensamiento en el aprendizaje de las ciencias. Programa Editorial Universidad del Valle.
- Candela, B. F. (2019). Documentación del Conocimiento Tecnológico y Pedagógico del Contenido, de un profesor de química ejemplar durante la implementación de un objeto de aprendizaje. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias* 14(1), 143-161.
- Candela, B. F. (2020). Oralidad, lectura y escritura competencias mediadoras del aprendizaje del currículo de Química: el caso del equilibrio químico. *Revista Científica*, 1(37), 18-29. DOI: <https://doi.org/10.14483/23448350.14839>.
- Candela, B. F. (2021). El diseño y desarrollo de animaciones como estrategia que ayuda a mediar la comprensión del equilibrio químico en la escuela. *EduTec. Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, (75), 124-136.
- Candela, B. F. (2023). *El lenguaje multimodal: elemento constitutivo de la educación en ciencias desde una perspectiva sociocultural*. Programa Editorial UNIVALLE.
- Candela, B. F., & Viafara, R. (2014). *Aprendiendo a enseñar química*. Programa Editorial UNIVALLE.
- Danielsson, K., y Selander, S. (2016). Reading Multimodal Texts for Learning – a Model for Cultivating Multimodal Literacy. *Designs for Learning*, 8(1), 25-36, DOI: <http://dx.doi.org/10.16993/dfl.72>
- Fang, Z. (2006). The language demands of science reading in middle school. *International Journal of Science Education*, 28(5), 491-520.
- Fang, Z. (2014). Preparing content area teachers for disciplinary literacy instruction: The role of literacy teacher educators. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 57(6), 444-448.
- Fang, Z. (2016). Teaching close reading with complex texts across content areas. *Research in the Teaching of English*, 51(1), 106.
- Fang, Z., y Schleppegrell, M. J. (2010). Disciplinary literacies across content areas: Supporting secondary reading through functional language analysis. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 53(7), 587-597.
- Halliday, M. A. K. (1978). *Language as a social semiotic*. London: Edward Arnold.
- Halliday, M. A. K., y Martin, J. R. (1993). *Writing science: Literacy and discursive power*. University of Pittsburgh Press.
- Hand, B., y Choi, A. (2010). Examining the impact of student use of multiple modal representations in constructing arguments in organic chemistry laboratory classes. *Research in Science Education*, 40(1), 29-44.
- Hodge, R., y Kress, G. (1988). *Social semiotics*. Polity Press.
- Jewitt, C. (2008). Multimodality and literacy in school classrooms. *Review of Research in Education*, 32(1), 241-267.
- Kress, G. (2009). What is mode? In Jewitt, C. (ed.). *The Routledge handbook of multimodal analysis* (pp. 54-67). Routledge.
- Kress, G., Jewitt, C., Ogborn, J., y Tsatsarelis, C. (2001). *Multimodal teaching and learning. The rhetorics of the science classroom*. Continuum.
- Kress, G., y Selander, S. (2012). Multimodal design, learning and cultures of recognition. *The Internet and Higher Education*, 15(4), 265-268.
- Kress, G., y van Leeuwen, T. (2006). *Reading images. The grammar of visual design*. (2nd Ed.) Routledge.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning, and values*. Ablex Publishing Corporation.
- Lemke, J. L. (1992). Intertextuality and educational research. *Linguistics and Education*, 4, 257-67.
- Lemke, J. L. (1998). Multiplying meaning: Visual and verbal semiotics in scientific text. In J. Martin and R. Veel (Eds.), *Reading science: Critical and functional perspectives on discourses of science* (pp. 87-113). Routledge.
- Lemke, J. L. (2004). The literacies of science. In E. W. Saul (ed.), *Crossing borders in literacy and science instruction: Perspectives on theory and practice* (pp. 33-47). International Reading Association/National Science Teachers Association.
- Lucas, T. (2011). Language, schooling, and the preparation of teachers for linguistic diversity. In: Lucas, T. *Teacher preparation for linguistically diverse classrooms: A resource for teacher educators* (pp. 3-17). Routledge.
- Lucas, T., y Villegas, A. M. (2011). A framework for preparing linguistically responsive teachers. In Lucas, T. *Teacher preparation for linguistically diverse classrooms: A resource for teacher educators* (pp. 55-72). Routledge.



- Lunsford, E., Melear, C., Roth, W. M., Perkins, M., y Hickok, L. (2007). Proliferation of inscriptions and transformations among preservice teachers engaged in authentic science. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(4), 538-564.
- Márquez, C., Izquierdo, M., y Espinet, M. (2006). Multimodal science teachers' discourse in modeling the water cycle. *Science Education*, 90(2), 202-226.
- Norris, S. P., y Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87(2), 224-240.
- Peirce, C. (1931). Logic as semiotic: The theory of signs. In Buchler Justus (ed.), *Philosophical writings of Peirce (1893-1910)* (pp. 98-119). Dover. Reprint 1955.
- Ramos, W. F. (2019). Argumentación, comunicación y falacias: una perspectiva pragma-dialéctica. Autores: Frans H. van Eemeren y Rob Grootendorst. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las ciencias*, 14(1), 162-164.
- Russell, D. (1999). Activity Theory and Process Approaches: Writing (Power) in School and Society. In: Kent, T. *Post-Process Theory: Beyond the Writing-Process Paradigm*. Southern Illinois University Press.
- Schleppegrell, M. (2004). *The language of schooling: A functional linguistics perspective*. Lawrence Erlbaum.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review, Stanford*, 57(1), 1-22.
- Turkan, S., De Oliveira, L. C., Lee, O., y Phelps, G. (2014). Proposing a knowledge base for teaching academic content to English language learners: Disciplinary linguistic knowledge. *Teachers College Record*, 116(3), 1-30.
- Unsworth, L. (2006). Towards a metalanguage for multiliteracies education: Describing the meaning-making resources of language-image interaction. *English teaching: Practice and Critique*, 5(1), 55-76.
- Waldrip, B., Prain, V., y Carolan, J. (2010). Using multimodal representations to improve learning in junior secondary science. *Research in Science Education*, 40(1), 65-80.

