

Una propuesta, centrada en la noción de riqueza léxica, para el estudio del contenido informativo de explicaciones científicas escolares

A proposal, centered on the notion of lexical richness, for the study of the instructive content of school scientific explanations

Guillermo Cutrera¹, Marta Massa² y Silvia Stipcich³

¹ Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Educación Científica. Universidad Nacional de Mar del Plata. Funes 3350, CP 7600, Mar del Plata. Argentina.

² Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario. Avda. Pellegrini 250, CP 2000, Rosario. Argentina

³ Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Pinto 399, CP 7000, Tandil. Argentina

*E-mail: guillecutrera@gmail.com

Recibido el 30 de septiembre de 2022 | Aceptado el 24 de octubre de 2022

Resumen

Asumiendo que la calidad de una explicación científica escolar se relaciona con la riqueza léxica del texto elaborado, en este trabajo proponemos un dispositivo para el análisis de la misma. Se lo aplicó para analizar la riqueza léxica del contenido de dos explicaciones científicas escolares de un fenómeno cotidiano, elaboradas durante una clase de fisicoquímica en un aula de la educación secundaria. Se utilizaron dos medidas cuantitativas: la densidad léxica y el intervalo de aparición términos de contenido nocional y se lo complementó con el análisis de agrupamientos categorizados e incrustados como criterios semánticos. Se discuten las limitaciones de las medidas cuantitativas y la ampliación en la lectura del contenido incorporando criterios semánticos.

Palabras clave: Explicaciones científicas; Riqueza léxica; Escritura en ciencia.

Abstract

Assuming that the quality of a school scientific explanation is linked to the lexical richness of the text produced, in this paper we introduce a device capable of analyzing it. The device was implemented in order to analyze the lexical richness of the contents of two school scientific explanations on an everyday phenomenon, constructed during a Physical Chemistry high school classroom. Two quantitative measures were used: lexical density and appearance interval, being both notional content terms. These measures were supplemented with the assessment of categorized and embedded clusters as semantic criteria. The constraints of quantitative measures and expansion of the content reading are discussed through the inclusion of semantic criteria.

Keywords: Scientific explanations; Lexical richness; Writing in Science.

I. INTRODUCCIÓN

El lenguaje académico se caracteriza por una elevada cantidad de palabras tales como sustantivos, adjetivos, verbos y metáforas gramaticales. Conjuntamente a este empleo de palabras morfológicamente complejas, incorpora una mayor densidad informativa y una mayor abstracción que el lenguaje coloquial (Nagy & Townsend, 2012).

El lenguaje científico escolar exige a los estudiantes, no solo conocer sus recursos y características propias, sino también saber cómo usarlos de manera efectiva para tareas distintas en diferentes contextos (Schleppegrell, 2004). Uno de los mayores desafíos que enfrentan los estudiantes cuando aprenden a escribir en ciencias es transitar de las opciones lingüísticas propias de la interacción oral a aquellas que son efectivas en los géneros asociados a la escritura escolar. Es precisamente ese tránsito el que permite que sean exitosos en las formas en que se utiliza el lenguaje científico en la escuela (Schleppegrell, 2004).

La explicación científica de fenómenos cotidianos se encuentra entre los géneros asociados a la escritura en las aulas de ciencia. La comprensión y construcción de explicaciones científicas es un aspecto importante de la alfabetización científica escolar (Putra & Tang, 2018). Diferentes investigaciones en didáctica de las ciencias han evidenciado las dificultades de los estudiantes en desarrollarlas y de los profesores en enseñarlas (Atkinson, Krishnan, McNeil, Luft, & Pienta, 2020; Braaten & Windschitl, 2011). Esta investigación fue guiada por la pregunta siguiente: ¿cómo analizar la riqueza léxica de explicaciones científicas escolares elaboradas en un aula de ciencia de la educación secundaria? La finalidad es recuperar la noción de riqueza léxica y problematizarla a efectos de utilizarla como un indicador de valoración del contenido de explicaciones científicas elaboradas en aulas de ciencia e inferir algunas recomendaciones para las prácticas de enseñanza vinculadas a este género discursivo.

II. LA ESCRITURA EN CIENCIAS Y LA EXPLICACIÓN DE FENÓMENOS

Cada disciplina científica crea, evalúa y comunica su conocimiento en formas relativamente especializadas. En este sentido, cada disciplina científica supone un conjunto particular y distintivo de habilidades de alfabetización, en tanto dispone de sus propias convenciones aceptadas y valoradas por los miembros de la comunidad disciplinar. Shanahan y Shanahan (2008) señalaron que la alfabetización disciplinaria es una forma de alfabetización avanzada y es específica de una disciplina. En este contexto, entre los investigadores en didáctica de las ciencias, ha ganado consenso la noción de alfabetización disciplinaria como la capacidad de utilizar el lenguaje, las representaciones y las prácticas pertenecientes a una determinada disciplina científica (Fang, 2014; Moje, 2008). Así, los estudiantes de ciencias no sólo tienen que aprender el contenido de la disciplina sino, también, su lenguaje y su gramática. En este sentido, se ha argumentado que las prácticas de enseñanza deben responsabilizarse de la tarea de involucrar a los estudiantes en el aprendizaje explícito del lenguaje científico (Fang, 2005).

La escritura, en particular, es una actividad importante en el aprendizaje de las ciencias. Alienta a los estudiantes a pensar y organizar su pensamiento y permite explicitarlo. Como señala Schleppegrell (2004), la escritura científica es particularmente densa, técnica y abstracta. Fang (2005) describió cuatro características peculiares de los escritos científicos: densidad léxica, autoridad, abstracción y tecnicismo. Siguiendo a Quílez (2016), y a efectos del presente trabajo, recuperamos, entre estas características asociadas al lenguaje científico, su densidad léxica.

Dada la especificidad propia del lenguaje científico (Lemke, 1997), los estudiantes necesitan una enseñanza explícita sobre sus géneros especializados y convenciones lingüísticas para poder participar de manera efectiva de acuerdo con las normas científicas. En particular, el género de la explicación plantea un desafío para muchos estudiantes de ciencias (Halliday & Martin, 1993). En la enseñanza de las ciencias, este género ha sido recientemente estudiado recurriendo al modelo de cobertura legal (Hempel & Oppenheim, 1948). No obstante, su empleo en las aulas de ciencia ha evidenciado dificultades de implementación, en tanto la inferencia de conclusiones, realizadas por los estudiantes a partir de una o más observaciones científicas, no necesariamente suelen ser sustentadas en razones científicamente aceptables. Siguiendo a Salmon (1998), se recupera la importancia del modelo causal. En este modelo, la explicación supone relaciones causa-efecto emergentes de ideas de las teorías científicas. Para este autor, la fuerza de las explicaciones específicas aumenta cuando se involucran ideas de teorías científicas para explicar los fenómenos. Izquierdo y Sanmartí (2000) retoman esta idea, en el contexto de las aulas de ciencia, con la metáfora del iceberg.¹ El modelo causal fortalece el modelo de cobertura legal, al resolver la brecha causal entre las leyes o enunciados de tipo legal y los fenómenos, al proporcionar teorías y mecanismos subyacentes de los fenómenos.

Entendiendo a la explicación científica como un género (Halliday & Martin, 1993), es posible reconocer distintas etapas funcionales que pueden identificarse sobre la base de cambios léxicos y gramaticales en el texto explicativo. El

¹ Según esta metáfora, en una explicación se pregunta sobre el fenómeno percibido, aquello que 'emerge' en el mundo, pero se solicita a los estudiantes, que lo expliquen utilizando conocimientos que forman parte de la porción del iceberg que se encuentra sumergida, es decir, el modelo.

género de explicación comprende tres instancias funcionales denominadas: identificación del fenómeno (lo que se explica), secuencias de implicación (serie de cláusulas lógicas) y cierre (Veel, 1997). La etapa de secuencias de implicación es una característica definitoria de una explicación y tiene dos rasgos lingüísticos destacados: una proporción relativamente alta de verbos de acción y el uso de conjunciones (por ejemplo, porque, cuando, sin embargo) para construir relaciones lógicas entre oraciones. Otra característica definitoria en el contenido de las explicaciones científicas y, en particular, en las explicaciones científicas escolares, es la presencia de términos específicos o técnicos y sus relaciones semánticas. La construcción de explicaciones científicas por los estudiantes requiere del conocimiento de este lenguaje especializado y su empleo en contextos específicos, por ejemplo, de construcción de textos utilizando diferentes tipologías (Lemke, 2012).

III. RIQUEZA LÉXICA

La riqueza léxica se vincula con la variedad de palabras diferentes, en lugar de un número limitado de ellas utilizadas repetitivamente (Read, 2012). López Morales (2011) propone, para el análisis de la riqueza léxica de un texto, el uso de dos índices cuantitativos indicadores: la densidad léxica y el intervalo de aparición de términos de contenido léxico (IAT). La primera de ellas, —densidad léxica—, se refiere al número de palabras diferentes empleadas en un texto y ha sido utilizada como un indicador de diversas variables, tales como la calidad de la escritura, el conocimiento del vocabulario, entre otras (McCarthy & Jarvis, 2007). Se operativiza como la relación entre el total de palabras léxicas —o de contenido semántico— (verbos, sustantivos, adjetivos y algunos adverbios) comparado con las llamadas palabras gramaticales o funcionales —artículos, preposiciones, conjunciones, entre otros— (Putra & Tang, 2018). Es decir, es posible identificar, en todo texto, entre aquellos vocablos que significan algo y los que no refieren al mundo que nos rodea y ejercen una determinada función gramatical.

La densidad léxica ofrece una medida de la proporción de elementos léxicos (es decir, sustantivos, verbos, adjetivos y algunos adverbios) en el texto (Johansson, 2009). Por regla general, los textos con menor densidad léxica se entienden más fácilmente; los textos hablados tienen niveles de densidad léxica más bajos que los textos escritos (Halliday, 1992). Como argumenta Johansson (2009), un texto puede tener una gran diversidad léxica (es decir, contener muchos tipos de palabras diferentes), pero una baja densidad léxica (es decir, contener muchos pronombres y auxiliares en lugar de sustantivos y verbos o viceversa).

El segundo de estos índices (IAT), que complementa la información proporcionada por la densidad léxica, es la razón entre la cantidad total de palabras del texto y la cantidad de palabras con contenido semántico (nombres, adjetivos, verbos y adverbios). A mayor número de palabras nocionales, menor es el intervalo, lo que se interpreta como un mejor índice de riqueza léxica. En este sentido, el hablante o un texto escrito tendrá más riqueza en la producción léxica según aumente la densidad léxica y disminuya el intervalo de aparición de términos léxicos. Las palabras léxicas son las que permiten desplegar el contenido semántico y la información proposicional de un texto, lo que transformaría a este índice en un indicador de riqueza textual (Nagy & Townsend, 2012).

Ambos índices proporcionan información sobre el despliegue del contenido semántico de un texto. Refieren al empaquetamiento de información en un texto y son indicadores de cuánta información contiene un texto. En el contexto del análisis del contenido de explicaciones científicas escolares, esta última distinción entre la densidad léxica y el intervalo de aparición de términos de contenido gana significación a partir de la diferenciación propuesta por Maton y Doran (2017a), entre palabras técnicas (propias del contenido científico abordado) y cotidianas (utilizadas en el lenguaje coloquial espontáneo).

Por otra parte, y siguiendo la propuesta de Maton y Doran (2017a, 2017b), recuperamos las agrupaciones de palabras como otro indicador de la riqueza léxica. Para estos autores las agrupaciones de palabras ofrecen un medio para ajustar las fortalezas de las palabras individuales y muestran cómo otros términos pueden aumentar la fortaleza de una palabra al agregar más significados. Estos autores clasifican las modificaciones introducidas por los agrupamientos en: localizadas —agregan significados a una palabra al identificar una ubicación en el tiempo o el espacio—; categorizadas —agregan significados al especificar un tipo distinto de palabra (como sucede, por ejemplo, con ‘enzima’ en la expresión ‘enzima digestiva’)— e incrustadas —aumentan el significado de una palabra al incluirla en un evento o proceso a través de una cláusula incrustada que sigue a la palabra—.

IV. METODOLOGÍA

En este trabajo presentamos un avance de un dispositivo para el análisis del contenido de explicaciones científicas escolares elaboradas en situaciones de clase. Para ello consideramos las explicaciones elaboradas por una futura profesora de física con el grupo de estudiantes en un aula de ciencia, atendiendo a su densidad léxica y considerando que esta información se instala como un requisito central al analizar la calidad del contenido de una explicación.

La investigación se enmarca en un estudio instrumental de casos (Stake, 1995), representado por dos textos escritos correspondientes a explicaciones científicas escolares de un fenómeno cotidiano. Estas se elaboraron en una clase de fisicoquímica de una institución de educación secundaria de la provincia de Buenos Aires, durante el desarrollo de una secuencia didáctica centrada en la construcción de explicaciones científicas escolares. Los textos considerados corresponden a la clase inicial de la secuencia. En el primer episodio una futura profesora, durante su residencia docente, presenta un fenómeno cotidiano al grupo de estudiantes y solicita que, trabajando en pequeños grupos, elaboren una explicación del mismo (episodio 2). Posteriormente realiza una puesta en común de dos de estas explicaciones (episodios 3 y 4), finalizando con una instancia en la que construye, conjuntamente con el grupo de estudiantes, una explicación para el fenómeno (episodio 8). En este trabajo se analizaron dos explicaciones: una de aquellas recuperadas por la practicante durante la puesta en común (episodio 4) y la explicación final (episodio 8).

Se analiza la riqueza léxica utilizando, en primera instancia, la densidad léxica y el intervalo de aparición de términos de contenido léxico (IAT) como indicadores. La densidad léxica puede analizarse de dos maneras: (1) calculando el número de elementos léxicos por oración individual; (2) calculando el porcentaje de palabras de contenido en relación con el número total de palabras presentadas en el texto (Putra & Tang, 2018). Utilizamos la primera de estas modalidades. Por otra parte, consideramos las distinciones propuestas por Maton y Doran (2017a) entre palabras técnicas y cotidianas. Las palabras consideradas como técnicas corresponden a los términos incluidos en el modelo científico escolar —modelo corpuscular de la materia— utilizado por estudiantes y practicante en la elaboración de las explicaciones; las palabras “cotidianas” son las utilizadas en el lenguaje espontáneo. Además, se consideraron los tipos de modificaciones introducidas por agrupamientos entre palabras. Cada una de estas modalidades aporta diferente fuerza a la densidad léxica. Estos aportes son mayores para las palabras técnicas (frente a las cotidianas) y a los agrupamientos incrustados (frente a los categorizados). En la figura 1 se presentan los índices de riqueza léxica utilizados para analizar el contenido de las explicaciones científicas elaboradas por el grupo de estudiantes y construidas conjuntamente con la futura profesora diferenciando entre índices lexicométricos y semánticos.

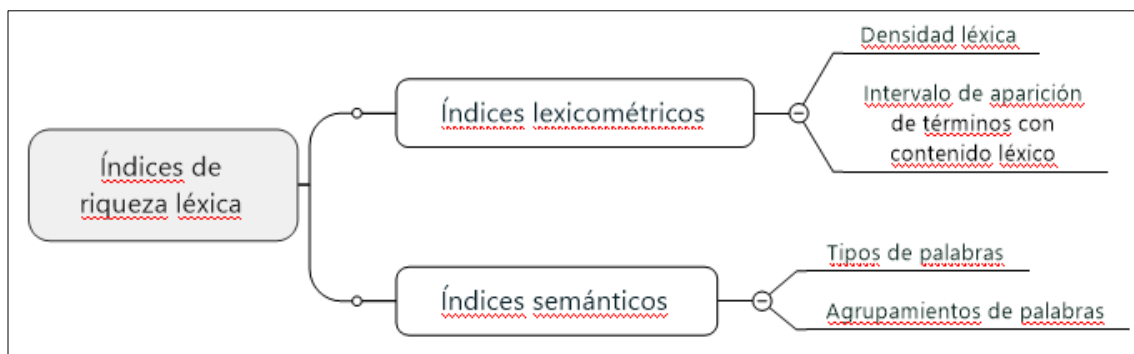


FIGURA 1. Índices utilizados para la evaluación de la riqueza léxica de las explicaciones científicas escolares analizadas.

V. RESULTADOS

La primera de las explicaciones fue elaborada por un grupo de estudiantes y recuperada por la practicante en una instancia posterior de puesta en común (episodio 4) (“[...] en un líquido colocamos una gota de tinta. En las partículas de la misma aumenta la velocidad media provocando el aumento de sus movimientos y de esa forma el agua toma un color uniforme”). El segundo texto explicativo fue desarrollado conjuntamente por la practicante y grupos de estudiantes finalizando la clase (episodio 8) (“En un vaso con agua colocamos una gota de tinta. Las partículas del agua y las partículas de tinta al estar en movimiento chocan entre sí y produce que se mezclen y por ello el agua se colorea”).²

Para la primera de las explicaciones, del total de palabras de contenido semántico nocional (17), no se presentan repeticiones. La valoración de densidad léxica para este texto pone en relación el número de palabras léxicas frente a la extensión del texto resultando un porcentaje de vocablos del 50%. El intervalo de aparición de términos de contenido nocional (IAT) de esta primera explicación, se obtiene de la razón entre el total de palabras del texto (34) y la cantidad de palabras de contenido semántico nocional no repetidas (17), resultando $IAT = 2$. Para la segunda explicación, el total de palabras de contenido semántico nocional es de 18 y la cantidad de palabras repetidas de este

² Referiremos a la explicación elaborada por el grupo de estudiantes y recuperada en la instancia de puesta en común como “primera explicación” y a la explicación elaborada conjuntamente por la practicante y el grupo de estudiantes, como “segunda explicación”.

tipo de contenido, $n=7$. Considerando un total de palabras $n=38$, resulta un valor de densidad léxica de 28,95% y un IAT de 3,35. La disminución en la densidad léxica y el aumento del intervalo de aparición de términos léxicos, en la segunda explicación, son indicadores de una disminución en la riqueza léxica del texto. No obstante, la cantidad de palabras pertenecientes al lenguaje social cotidiano (por ejemplo, “vaso”, “gota”, “tinta”) es el mismo en ambos textos ($n=4$) y, las pertenecientes al lenguaje científico escolar (por ejemplo, ‘movimiento’, ‘choques’, ‘partículas’), es superior en el segundo de ellos ($n=10$). Por otra parte, los valores correspondientes al intervalo de aparición de términos léxicos en cada uno de los textos, indican que en la primera de las explicaciones es necesario esperar a dos palabras para que haga su aparición una palabra de contenido semántico mientras que en el segundo entre tres y cuatro palabras.

Además, estos índices no permiten analizar la presencia de relaciones semánticas entre estos términos, presencia que constituye otro aspecto a valorar en la construcción de una explicación científica escolar. En este contexto es necesario complementar la información de ambos índices con un análisis del contenido de la explicación que permita dar cuenta de estas últimas exigencias. En las figuras 2 y 3 se presentan las transcripciones de un segmento de las explicaciones elaboradas por dos estudiantes y se indican las asignaciones según el tipo de palabra y el agrupamiento de palabras.

[...] en un líquido colocamos una *gota de tinta*. En las *partículas de la misma* aumenta la *velocidad media* provocando el *aumento de sus movimientos* y de esa forma el *agua* toma un *color uniforme*.”

FIGURA-2. Asignaciones por palabra y tipo de agrupamiento para el texto elaborado conjuntamente por la practicante y el grupo de estudiantes. Referencia: en negrita se indican las palabras técnicas y cotidianas. En negrita y cursiva, el agrupamiento categorizado y, además, subrayado, los agrupamientos incrustados. Fuente: elaboración de los autores.

“en un vaso con agua colocamos una *gota de tinta*. las *partículas del agua* y las *partículas de tinta* al estar en movimiento chocan entre sí y produce que se mezclen y por ello el agua se colorea”

FIGURA 3. Tipos de palabra y de agrupamiento para el texto elaborado conjuntamente por la practicante y el grupo de estudiantes. Referencia: en negrita se indican las palabras técnicas y cotidianas. En negrita y cursiva, el agrupamiento categorizado y, además, subrayado, agrupamientos incrustados. Fuente: elaboración de los autores.

Ambas explicaciones utilizan el mismo número de palabras técnicas (3). Las diferencias se expresan en la presencia/ausencia de algunos términos, especialmente los vinculados al modelo científico escolar: por un lado, la presencia del término “velocidad” en la primera de las explicaciones y su ausencia en la segunda; por otra parte, la presencia del término “choques” en la segunda explicación, ausente en la primera. El resto de las palabras técnicas utilizadas son las mismas. En estos términos, la diferencia en la contribución del tipo de palabras a la riqueza léxica, asociada a cada explicación, reside en la reiteración de algunas de las palabras (“partículas”) pero no en la variedad de términos utilizadas.

En cuanto a los tipos de agrupamientos, ambas explicaciones los presentan en dos modalidades: categorizada e incrustada. Estos agrupamientos, en la modalidad “categorizada”, producen una modificación en la fuerza relativa de la riqueza léxica y confieren claridad al contenido de la explicación. En los textos estudiados, esta modalidad se expresa en delimitar la identidad de las partículas y, es, relativamente, más frecuente en el contenido de la segunda explicación. Por otra parte, esta misma modalidad se expresa en modificaciones a las palabras “velocidad” y “aumento” en la primera explicación. En estos términos, la modalidad correspondiente al agrupamiento de palabras aumenta la riqueza léxica en el contenido de ambas explicaciones.

En la primera explicación, el término modificado (por agrupamiento categorizado) “partículas de tinta” se vincula con otro término, también modificado, “velocidad media”, y con expresiones incrustadas como “aumento de velocidad media” y “aumento de movimientos”, en un proceso que se involucra en eventos o procesos a través de una cláusula incrustada que le sigue (Maton y Doran, 2017b).

En la segunda explicación se presenta una modalidad de agrupamiento también centrada en dos términos (“partículas de agua”, “partículas de tinta”). Ambos términos modificados, son incorporados en dos procesos expresados en las palabras “movimientos”, “choques” y “mezcla”, finalmente, organizados en una secuencia temporal que involucra relaciones causales.

Esta última modalidad de agrupamiento es particularmente interesante porque articula relaciones conceptuales asociadas con procesos que involucran propiedades de las partículas —choques, movimientos— y relaciones entre estas propiedades. En estos términos, y a partir de esta modalidad, el contenido de la explicación gana en profundidad conceptual al predicar propiedades de las partículas al relacionarlas en un proceso. Es importante considerar que, precisamente son estas relaciones,—las de tipo-causal, las que caracterizan a la estructura de la explicación. Estas relaciones de causalidad también están presentes en la primera explicación que, erróneamente, introduce la idea del aumento en la velocidad de las partículas; sin embargo, tales relaciones no se inscriben en un agrupamiento incrustado.

VI. CONSIDERACIONES FINALES

Analizar el contenido de una explicación científica en el aula de ciencia requiere atender a diferentes dimensiones. Se ha discutido en la bibliografía especializada sobre los criterios para tal evaluación (Braaten & Windschitl, 2011). Estos, en todo caso, deben referir a dos dimensiones, el contenido sustantivo de la explicación y su dimensión epistémica (Papadouris, Vokos, & Constantinou, 2018). En la primera de estas dimensiones se valora el contenido del texto; en la segunda, aspectos vinculados a la estructura de la explicación. En este trabajo abordamos la primera de estas dimensiones. En otros trabajos atendimos a la dimensión epistémica (Cutrera, Massa, & Stipcich, 2020).

Tanto la diversidad léxica como la densidad léxica son índices cuya ventaja radica en su sencilla operacionalización y medición (Johansson, 2008). La densidad léxica evaluada en este trabajo puede ser asociada al poder o capacidad interpretativa, uno de los criterios proporcionados para valorar la calidad de una explicación científica escolar (Papadouris et al., 2018). Este criterio pretende dar cuenta de la riqueza del contenido del texto, riqueza dada en términos de su potencialidad para dar cuenta de los fenómenos correspondientes, haciéndolos plausibles y comprensibles. Esta posibilidad se expresa tanto en términos de la cantidad de términos técnicos utilizados como de las relaciones semánticas entre ellos. La densidad léxica permite dar cuenta de la riqueza de términos. Los agrupamientos de palabras permiten analizar las relaciones semánticas.

Las explicaciones analizadas en este trabajo incluían términos propios de modelo científico escolar trabajado por la residente y el grupo de estudiantes (modelo corpuscular de la materia). Las explicaciones de fenómenos cotidianos en el aula de ciencia incluyen, frecuentemente, otros términos referidos, por ejemplo, a propiedades termodinámicas del sistema (presión, volumen, temperatura, por ejemplo). La presencia de ambos tipos de términos en una explicación exigiría atender a esta diferencia, relacionada con la forma en que son consideradas las palabras nocionales, que es limitante para el análisis del contenido de las explicaciones científicas escolares. El cálculo tanto del porcentaje de vocablos como del intervalo de aparición de términos nocionales agrupa a las palabras nocionales sin distinguir entre tipos que las diferencien. Cuando esta diferencia es necesaria, ambos índices no logran reflejar esta demanda. Esta situación se presenta en el análisis de las explicaciones científicas escolares de fenómenos fisicoquímicos, como se ha puesto de manifiesto en este trabajo. Entre las características asociadas a estas explicaciones, se destacó el empleo de diferentes niveles de conceptualización y, consecuentemente, la presencia de diferentes tipos de términos cuyo empleo requiere de la distinción entre diferentes tipos de palabras nocionales. La propuesta de distinción entre niveles de conceptualización —macroscópico y submicroscópico—, desarrollada por Taber (2013), a partir de la propuesta de Johnstone (1993), puede ser recuperada para evidenciar esta distinción entre tipos de palabras nocionales utilizadas en las explicaciones científicas escolares. En el contexto de esta distinción, los términos del lenguaje especializado son diferenciados entre aquellos que refieren a entidades corpusculares y sus propiedades y aquellos que refieren a propiedades del sistema macroscópico.

Aprender a enseñar a explicar en el aula de ciencia requiere pensar sobre las explicaciones (en cada una de las dimensiones antes señaladas). El empleo de la densidad léxica y el intervalo de aparición de términos léxicos proporcionan criterios simples para la valoración del contenido de las explicaciones científicas de fenómenos cotidianos que pueden ser recuperados en cada una de las tres fases de la enseñanza que Jackson (1998) define como preactiva, activa y posactiva. Ambos índices ofrecen una primera lectura del contenido que debería ser considerada, conjuntamente, con la instancia analítica centrada en la dimensión semántica recuperada de la propuesta de Maton y Doran (2017a).

Los criterios propuestos para la valoración de las explicaciones científicas escolares pueden ser recuperados como criterios para la enseñanza de las mismas. En este sentido, utilizarlos como instrumentos de valoración para reflexionar sobre los textos construidos en el aula permitiría a los docentes actualizarlos durante la instancia activa. Esto es particularmente importante en el contexto de la formación docente inicial, durante la sistematización de la práctica reflexiva. Estas reflexiones pueden extenderse a la pertinencia de explicitar estos criterios en las prácticas de enseñanza, colocándolos a disposición de los estudiantes con el propósito de promover la autoevaluación en los aprendizajes de construcción de explicaciones.

REFERENCIAS

- Atkinson, M. B., Krishnan, S., McNeil, L. A., Luft, J. A., & Pienta, N. J. (2020). Constructing Explanations in an Active Learning Preparatory Chemistry Course. *Journal of Chemical Education*, 97, 626-634.
- Braaten, M., & Windschitl, M. (2011). Working toward a stronger conceptualization of scientific explanation for science education. *Science Education*, 95(4), 639-669.
- Cutrera, G., Massa, M., & Stipcich, S. (2020). Interacciones discursivas en el trabajo didáctico con explicaciones. Un estudio de caso centrado en la estructura de las explicaciones científicas escolares. *Revista de Enseñanza de la Física*, 32(2), 19-29.
- Fang, Z. (2005). Scientific literacy: A systemic functional linguistics perspective. *Science Education*, 89(2), 335-347.
- 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.
- Halliday, M. (1992). *Spoken and written language*. London: Oxford University Press.
- Halliday, M., & Martin, J. (1993). *Writing science: Literacy and discursive power*. Washington, D.C.: The Falmer Press.
- Hempel, C., & Oppenheim, P. (1948). Studies in the Logic of Explanation. *Philosophy of Science*, 15(2), 135-175.
- Izquierdo, M., & Sanmartí, N. (2000). Enseñar a leer y escribir textos de Ciencias de la Naturaleza. In J. Jorba, I. Gómez, & À. Prat. (Eds.), *Hablar y escribir para aprender. Uso de la lengua en situación de enseñanza-aprendizaje desde las áreas curriculares* (pp. 181-200). Madrid: Síntesis.
- Jackson, P. (1998). *La vida en las aulas*. Madrid: Morata.
- Johansson, V. (2008). Lexical diversity and lexical density in speech and writing: A developmental perspective. *Working papers/Lund University, Department of Linguistics and Phonetics*, 53, 61-79-61-79.
- Johansson, V. (2009). Lexical diversity and lexical density in speech and writing: A developmental perspective. *Lund Working Papers in Linguistics*, 53, 61-79.
- Johnstone, A. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *J. Chem. Educ*, 70(9), 701.
- Lemke, J. (1997). *Aprender a hablar ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.
- Lemke, J. (2012). Analyzing verbal data: Principles, methods, and problems. In K. Tobin & B. Fraser (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 1471-1484). London: Springer.
- López Morales, H. (2011). Los índices de riqueza léxica y la enseñanza de lenguas. In J. de Santiago Guervós, H. Bongaerts, J. J. Sánchez Iglesias, & M. Seseña Gómez (Eds.), *Del texto a la lengua: La aplicación de los textos a la enseñanza-aprendizaje del español L2-LE* (Vol. 1, pp. 15-28). Salamanca: Asociación para la Enseñanza del Español como Lengua Extranjera.
- Maton, K., & Doran, Y. J. (2017a). Semantic density: A translation device for revealing complexity of knowledge practices in discourse, part 1—wording. *Onomázein*, 46-76.
- Maton, K., & Doran, Y. J. (2017b). Condensation: A translation device for revealing complexity of knowledge practices in discourse, part 2—clausing and sequencing. *Onomázein*, 77-110.
- McCarthy, P. M., & Jarvis, S. (2007). vocd: A theoretical and empirical evaluation. *Language Testing*, 24(4), 459-488.

- Moje, E. B. (2008). Foregrounding the disciplines in secondary literacy teaching and learning: A call for change. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 52(2), 96-107.
- Nagy, W., & Townsend, D. (2012). Words as tools: Learning academic vocabulary as language acquisition. *Reading Research Quarterly*, 47(1), 91-108.
- Papadouris, N., Vokos, S., & Constantinou, C. P. (2018). The pursuit of a “better” explanation as an organizing framework for science teaching and learning. *Science Education*, 102(2), 219-237.
- Putra, G. B. S., & Tang, K.-S. (2018). Supporting Scientific Report Writing in a Chemistry Classroom. In *Science Education Research and Practice in Asia-Pacific and Beyond*, 53-67. Springer.
- Quílez, J. (2016). El lenguaje de la ciencia como obstáculo de aprendizaje de los conocimientos científicos y propuestas para superarlo. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 16(2), 449-476.
- Read, J. (2012). Assessing vocabulary. *The Cambridge Guide to Second Language Assessment*, 257-264.
- Salmon, W. (1998). *Causality and explanation*. Oxford University Press.
- Schleppegrell, M. J. (2004). *The language of schooling: A functional linguistics perspective*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Shanahan, T., & Shanahan, C. (2008). Teaching disciplinary literacy to adolescents: Rethinking content-area literacy. *Harvard Educational Review*, 78(1), 40-59.
- Stake, R. (1995). *The art of case study research*. Thousand Oaks: Sage.
- Taber, K. S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 14(2), 156-168. doi:10.1039/c3rp00012e
- Veel, R. (1997). Learning how to mean—scientifically speaking: Apprenticeship into scientific discourse in the secondary school. In F. Christie & J. R. Martin (Eds.), *Genre and institutions: Social processes in the workplace and school* (pp. 161-195). London: Continuum.