



Perfiles de gravedad semántica y desempeño de estudiantes en el tema de pH en química*

Johny Sierra Vargas**
Francisco Javier Ruiz Ortega***

Sierra Vargas, J. y Ruiz Ortega, F. J. (2023). Perfiles de gravedad semántica y desempeño de estudiantes en el tema de pH en química. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 19(2), 199-226. <https://doi.org/10.17151/rlee.2023.19.2.9>

Resumen

La comunicación en el aula de ciencias naturales es crucial para el aprendizaje. Esta investigación analizó el código semántico "gravedad semántica" en clases de química de cuatro docentes de la ciudad de Manizales, Colombia. El objetivo de la investigación fue identificar cómo la gravedad semántica del docente se relaciona con la gravedad semántica de los estudiantes y sus desempeños en el tema de pH en química. En la investigación, que es de tipo descriptiva-comprensiva, participaron docentes y estudiantes de cuatro instituciones educativas públicas. Se grabaron clases y se analizó el discurso para identificar momentos de gravedad semántica débil y fuerte, correspondientes al nivel de lejanía o cercanía al contexto y cotidianidad de los estudiantes. Se crearon perfiles de discurso para los docentes, y se correlacionaron con resultados estudiantiles en pruebas con pregunta abierta. Se encontró que un discurso docente dinámico facilita el aprendizaje de conceptos científicos. Además, se evidenció que los perfiles de gravedad semántica de los docentes influyen en el desempeño de los estudiantes. Por otra parte, se observó que algunos docentes lograron relacionar conceptos abstractos con situaciones cotidianas, lo que motivó a los estudiantes a comprender mejor los saberes propios del área de química, específicamente en el tema de pH.

Palabras clave: gravedad semántica, olas semánticas, olas de gravedad semántica, clase de química

* Artículo producto de la tesis de maestría: Relaciones entre los perfiles de gravedad semántica y el desempeño de los estudiantes en el tema de pH en Química, realizada por Johny Sierra y dirigida por Francisco Javier Ruiz Ortega, en el año 2023.

** Licenciado en Biología y Química, Universidad de Caldas, Manizales (Caldas), Colombia. E-mail: johny.16818220445@ucaldas.edu.co

 <https://orcid.org/0009-0009-6456-2583> **Google Scholar**

*** Docente Titular de la Universidad de Caldas, Departamento de Estudios Educativos, Universidad de Caldas, Manizales (Caldas), Colombia. Doctor en Didáctica. E-mail: francisco.ruiz@ucaldas.edu.co

 orcid.org/0000-0003-1592-5535 **Google Scholar**

Recibido: 4 de noviembre de 2022. Aceptado: 7 de febrero de 2023.



Semantic severity profiles and student performance on the topic of pH in chemistry

Abstract

Communication in the natural science classroom is crucial for learning. This research analyzed the semantic code “semantic gravity” in chemistry classes of four teachers in the city of Manizales, Colombia. The main goal of the research was to identify how the semantic gravity of the teacher is related to the semantic gravity of the students and their performance in the topic of pH in chemistry. The research, is of a descriptive-comprehensive type, involved teachers and students from four public educational institutions. Classes were recorded and the discourse was analyzed to identify moments of weak and strong semantic gravity, corresponding to the level of remoteness or closeness to the context and daily life of the students. Discourse profiles were created for teachers and correlated with student scores on open-ended tests. It was found that a dynamic teacher discourse facilitates the learning of scientific concepts. In addition, it was found that teachers' semantic gravity profiles influence students' performance. On the other hand, it was observed that some teachers were able to relate abstract concepts with everyday situations, which motivated students to better understand the knowledge of the area of chemistry, specifically in the topic of pH.

Key words: semantic gravity, semantic waves, semantic gravity waves, chemistry class

Introducción

La educación, en todos los niveles, ha experimentado una transformación significativa y ha presenciado cambios de paradigmas notables. Ya no se fundamenta en la idea de enseñar y aprender como simples actos de transmisión y observación. Más bien, actualmente, los procesos de aprendizaje (y enseñanza) están orientados a un modelo activo y participativo en el cual el estudiante es protagonista, permitiendo establecer nuevas estrategias para lograr aprendizajes permanentes o en profundidad.

Una de las condiciones necesarias para lograr lo anterior, es que la metodología que el docente utilice en su clase parta de experiencias cotidianas, de tal manera, que el estudiante pueda relacionar los contenidos con su vida diaria. En ese sentido, algunos autores han observado la importancia de la reconstrucción de currículos (Barrett & Rata, 2014), de manera que además de buscar contextos para explicar el saber científico, se analicen cuáles son los conceptos teóricos que realmente le sirven al estudiante para desarrollarse en un mundo dominado

por la ciencia (Chamizo Guerrero e Izquierdo i Aymerich, 2005). De igual manera, Domènech-Casal (2022), afirma en su propuesta de situaciones de aprendizaje la necesidad de que los contextos que se utilicen como pretexto para la enseñanza de los contenidos disciplinares además de articularse con la cotidianidad de los estudiantes, también reconozcan la demanda o demandas cognitivas que se esperan potenciar en los estudiantes, así como también el contenido disciplinar que se quiere que aprendan.

En ese orden de ideas, se hace necesario que los docentes incorporen en sus clases la contextualización de los contenidos; aquí, el vehículo más relevante y utilizado en el aula, es el lenguaje, específicamente, el discurso que utiliza cada docente para comunicar los contenidos que se aspira sean aprendidos por sus estudiantes (Doran *et al.*, 2021; Sanmartí Puig y Márquez Bergalló, 2017). La relación entre el discurso del docente y el aprendizaje de los estudiantes ha sido un tema de interés; por ejemplo, Mortimer & Wertsch (2003) examinaron cómo el discurso influye en el aprendizaje, destacando la importancia de un discurso que sea significativo para los estudiantes en su contexto.

En los párrafos siguientes se discuten aspectos de la lingüística sistémico-funcional, como el soporte que ha permitido construir una mirada semántica al discurso del docente en el aula de clases (Córdova *et al.*, 2016); y se cierra con la propuesta de la gravedad semántica (GS) como uno de los códigos de legitimación de teoría, con el cual se podría hacer posible una mayor y mejor materialización de los lenguajes en el aula (Lemke, 1997).

La lingüística sistémico-funcional de Halliday (1982) es relevante en este estudio por varias razones; primero, por dar un lugar explícito en el aula a la importancia de analizar el discurso en su contexto social y cultural; en otras palabras, por la necesidad de realizar interpretaciones al lenguaje y a su significado social y disciplinar desde el contexto particular en donde acontece o se utiliza, que en este caso es el académico. Segundo, porque esta teoría se interesa en asignar funciones semánticas a las estructuras lingüísticas, lo que permite analizar cómo se organizan semánticamente los términos y conceptos relacionados con el tema de la disciplina objeto de comunicación, en este caso, el pH (Rincón Corredor, 2013). Y, por último, la lingüística sistémico-funcional también implica evaluar cuán cercano o distante es el discurso docente al contexto de los estudiantes (Martínez Lirola, 2007) como posibilidad para intentar aportar elementos de orden teórico

y metodológico para su transferencia a contextos distintos a los formales (Hood, 2019).

Analizar e interpretar las múltiples relaciones entre los contextos disciplinares y lo que acontece en el aula de clases, invita también a reconocer la propuesta de Bernstein (2006), quien identificó los denominados discursos horizontales y verticales. Esta teoría aporta las bases que permiten entender los procesos involucrados en la construcción del conocimiento disciplinar y, sin duda, la co-construcción del conocimiento científico escolar. Al respecto, si las palabras corresponden a órdenes breves, preguntas simples, en las que el simbolismo es descriptivo, tangible, concreto y visual, entonces se habla de un lenguaje público u horizontal (Usategui Basozabal, 1992). Así, se evidencia el uso de un lenguaje apegado al contexto; es decir, un discurso que, como se expondrá más adelante, tendría una GS fuerte. Por su parte, si el lenguaje es rico en operaciones lógicas complejas, se habla de lenguaje formal o vertical (Usategui Basozabal, 1992). O sea, este tipo de discurso, no tan cercano al contexto de los estudiantes, se relaciona más con un discurso cuya GS es débil, un discurso generalizado y abstracto.

Así, el estudio del discurso del docente es esencial para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje, especialmente en la alfabetización científica de los estudiantes. Esto implica que el docente utilice un discurso que guíe los guíe desde conceptos cotidianos hacia conceptos científicos más abstractos, alternando entre un lenguaje cotidiano y uno científico. Esta alternancia, enmarcada en los códigos semánticos, propuestos por Maton (2014), se conoce como “olas de gravedad semántica” y ayuda a construir el conocimiento científico escolar de manera más comprensiva (Maton & Doran, 2021).

Los antecedentes de esta investigación abordan el estudio de diversos autores que han explorado el tema de las olas de GS y su influencia en los procesos de aprendizaje. Blackie (2014) y Córdova *et al.*, (2016), por ejemplo, destacan la importancia de la GS en la química, señalando cómo la abstracción de conceptos químicos puede dificultar su comprensión para los estudiantes. Svensson (2019) analiza las olas de GS en textos escritos por estudiantes de ciencias naturales, proporcionando una perspectiva valiosa sobre el discurso estudiantil. Humphrey & Robinson (2012) y Maton & Doran (2017) proponen un marco para organizar el discurso docente en términos de la condensación de significados y de la relación

de estos con el contexto cotidiano o disciplinar. Brooke (2019) investiga cómo diferentes perfiles de GS impactan en la comprensión de los estudiantes. Además, Córdova *et al.* (2016) encuentran que algunos docentes enfrentan dificultades en la transición entre discurso cotidiano y científico, lo que afecta el aprendizaje. Finalmente, Cutrera *et al.* (2019) introducen el concepto de GS a futuros docentes y destacan su relevancia para la construcción de conocimiento. Estos antecedentes subrayan la importancia del estudio de la GS en la enseñanza de las ciencias naturales y respaldan la relevancia de esta investigación.

La GS es definida por Maton (2013) como el grado en el que el conocimiento se relaciona con el contexto. La GS puede ser más fuerte (SG+, conocimientos con alta relación con el contexto) o más débil (SG-, significados menos dependientes del contexto). Si bien es cierto que todos los saberes científicos tienen una relación con el contexto, la GS permite saber qué tanto dependen esos significados o ese conocimiento del contexto del estudiante. A su vez, Maton *et al.* (2015) aseguran que la intensidad de la GS depende del tipo de tema que se va a trabajar en clase y no es siempre igual. Ahora, si la GS es fuerte, el conocimiento permanece vinculado al contexto pedagógico, impidiendo la transferencia. Así, el aprendizaje acumulativo depende de una GS más débil, mientras que el aprendizaje segmentado se caracteriza por una GS más fuerte que dificulta la transferencia de significado entre contextos (Henríquez y Fuentes Cortés, 2018; Olivares Petit y Leyton Román, 2021). A continuación, se muestra la Figura 1, que condensa esta idea.

Gravedad semántica	Nivel	Forma	Descripción	Ejemplo
 Débil	4	Abstracción	Presenta un principio general aplicable	Ley, principio
	3	Generalización	Presenta una observación general o esboza una conclusión generalizadora sobre cuestiones y acontecimientos	Patrón, modelo, pauta
	2	Revisión	Va más allá del contexto y ofrece un juicio de valor o reclamación sobre la base de nueva información o experiencia personal	Crítica
	1	Descripción, Resumen	Resume la información directamente desde el contexto	Caso, particularidad
Fuerte				

Figura 1. Base de orientación para la resolución de problemas de ciencias
Fuente: Córdova *et al.* (2016, p. 339)

Con estos antecedentes, es posible reconocer la importancia y actualidad que tiene el estudio de la GS en el discurso docente, específicamente en el área de ciencias naturales (Vidal Lizama, 2017). Desde lo discutido anteriormente, como objetivo general del estudio, los autores se plantean identificar cómo la GS del docente se relaciona con la GS de los estudiantes y sus desempeños en el tema de pH. Asimismo, los autores pretenden caracterizar el perfil semántico de docentes de química cuando orientan la clase de pH, establecer una relación entre las olas de GS del docente y del estudiante, y analizar la relación entre las olas de GS de los estudiantes y sus desempeños en el tema de pH en química.

Materiales y métodos

Esta investigación se enfocó en el ámbito educativo y se clasificó como un estudio social con impacto en las comunidades estudiadas. Se utilizó un enfoque descriptivo-comprensivo (Garduño Román, 2002).

Las fuentes de información fueron las grabaciones de audio y video que permitieron identificar las dinámicas de GS a lo largo de las clases de pH en química. La unidad de análisis correspondió a los fragmentos de estas grabaciones que revelan las denominadas olas de GS, analizadas en términos de tiempo y la GS utilizada por los docentes en su discurso. Se seleccionaron fragmentos que reflejan la transición entre un lenguaje cotidiano y uno científico.

Se trabajó con cuatro docentes de Manizales de instituciones públicas y privadas que participaron de manera voluntaria. Adicionalmente, se analizó el desempeño de 77 estudiantes de grado noveno en el área de química. Los resultados de los estudiantes se evaluaron a través de pruebas escritas, categorizándolas según los niveles de GS y correlacionándolas con los perfiles del discurso de los docentes.

El análisis se estructuró en tres momentos de la clase: inicio, desarrollo y cierre, y la sesión se dividió en fragmentos de un minuto para estudiar el comportamiento de la GS en cada uno de estos momentos.

Para cada clase se graficaron los momentos en los cuales el docente utilizó un discurso cotidiano, cuando usó un lenguaje disciplinar (abstracto) y cuando hizo la transferencia entre ellos, tal como lo muestra la Figura 2. Además, fue importante

tener en cuenta la realización de una descripción exhaustiva del discurso docente, pues esta data se usó para la construcción de las figuras de GS.

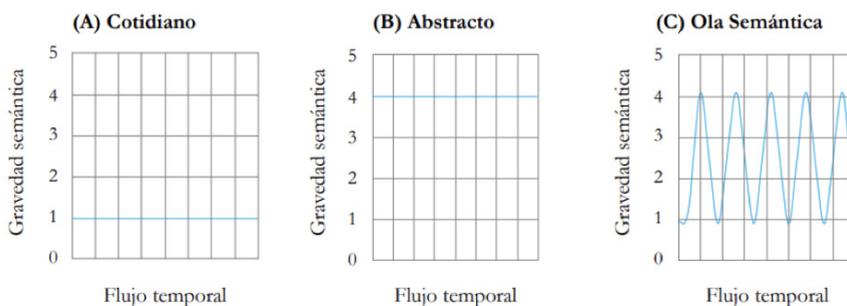


Figura 2. Perfiles del discurso: (A) Discurso Cotidiano; (B) Discurso Abstracto; (C) Discurso Pedagógico

Fuente: Córdova *et al.* (2016, p. 338)

Siguiendo los criterios de análisis de Maton (2013), se analizó el discurso de los docentes a través de la descripción del lenguaje empleado en cada momento de la clase. A su vez, se prestó especial atención a la transición que hizo el docente entre una GS débil y fuerte; es decir, al grado de suavidad con el que el docente dinamizó su discurso entre un lenguaje cotidiano y un lenguaje científico en el tema específico de pH. Ya con los gráficos contruidos, se dio pie a la realización del análisis, relacionando el discurso de cada docente de química y los lenguajes que se logran identificar en las pruebas aplicadas a los estudiantes sobre el tema pH.

Resultados

Para el cumplimiento de los objetivos específicos de la investigación se grabaron y transcribieron los audios de las clases de pH en química correspondientes a cuatro docentes de la ciudad de Manizales, dos de instituciones educativas privadas y dos de instituciones educativas públicas.

Con el fin de contextualizar la investigación en el campo disciplinar de ciencias naturales, específicamente del área de química, se contrastó el cuadro de orientación de Maton (2014) con las palabras o ítems que frecuentemente usaron los docentes y estudiantes en clase de pH.

Tabla 1. Caracterización de palabras dentro del cuadro de gravedad semántica

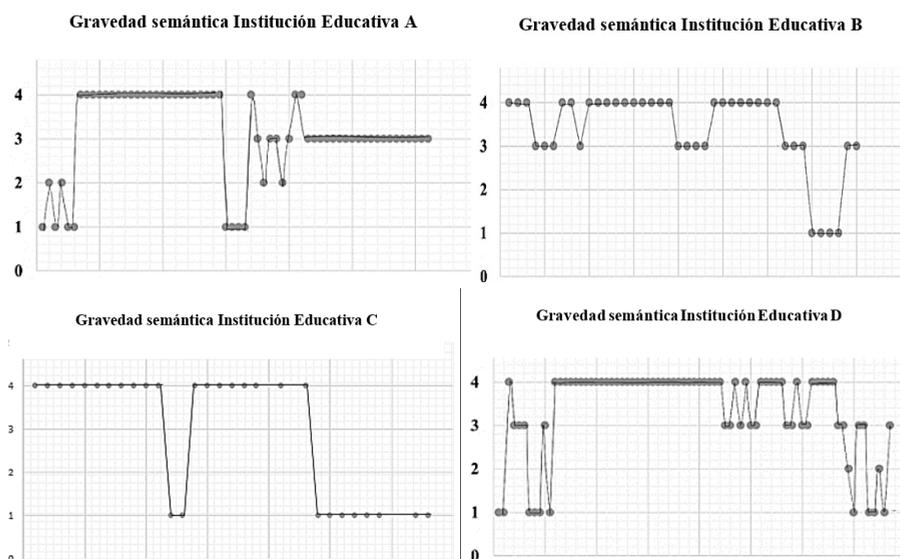
Gravedad semántica	Nivel	Forma	Ejemplo	Palabras identificadas y códigos
Más débil	4	Abstracción	Ley, principio (teoría de ácidos y bases de Arrhenius, teoría de Bronsted-Lowry)	H+ (H+), pH (PH), OH (OH), iones de hidrógeno (IH), iones (I), concentración de iones (CI), Arrhenius (ARH).
Débil	3	Generalización	Patrón, modelo [comportamiento de ácidos y bases (Lidia <i>et al.</i> , 2015), concentración de iones H+].	Neutro (N), ácido (A), básico (BA), base (B), elevado a (EA), logaritmo (LT), exponente (EX), unidades (U), indicador químico (IQ), teoría (TE), alcalinidad (AD), reaccionar, propiedades (PP), precipitar (PR), soluto (STO), solvente (SLV), carga (CRG).
Fuerte	2	Revisión	Crítica (uso de vocablos asociados a sustancias utilizadas en el laboratorio de química)	Bicarbonato (BC), fluidos (F), papel filtro (PF), laboratorio (LB), materiales (M), color (CO), mezclar (MZ), disolver (DS), ácido cítrico (AT), ácido muriático (AM), ácido clorhídrico (HCl), hipoclorito (HC), leche de magnesio (LM), Mylanta (MI), vitamina C (VC), aspirina (AS), amoníaco (AMO), hidróxido de sodio (NaOH).
Más fuerte	1	Descripción, resumen	Caso, particularidad (vocablos del lenguaje castellano que no requieren de una definición científica, pues su uso cotidiano es muy frecuente)	Jugo gástrico (JG), jugo de limón (JL), plátano (PT), vino (V), tomate (TT), café (CF), leche (LE), remolacha (RE), gaseosa (GA), vinagre (VG), clórox (CX), límpido (LP), agua (AG), orina (OR), sangre (SA), lágrimas (LG), azúcar (AZ), saliva (SL), vasos (VS), plástico (PL), Coca-Cola (CO), cebolla morada (CM), alcohol (AL), hervir (HV), olla (OL), pocillo (PO), colador (CL), licuar (LI), casquitos (CQ), ácida (AC), zumo de limón (ZL), sabor (SB), agrio (AG), ardor (AR), corrosivo (CR), piel (PI), quemar (QU), naranja (NA), mandarina (MN), limpieza (LZ), agriera (AGR), fiebre (FB), fármaco (FC), reflujo (RFJ), jabón (JB), pesadez (PZ), indigestión (IG).

Nota: Elaboración propia con base en Maton (2014)

Una vez caracterizadas cada una de las palabras dentro de las cuatro categorías de GS, se procedió con el análisis de los diferentes perfiles de GS de docentes y estudiantes de las instituciones educativas elegidas para ello.

Perfiles de gravedad semántica identificados en los docentes de las cuatro instituciones

Vale la pena ilustrar las olas de GS identificadas en los discursos de los docentes. El conjunto de puntos graficados en la Figura 3 se construyó a partir del análisis de los diferentes momentos de la clase y la categorización o identificación que se hizo de cada una de las palabras dentro del cuadro de orientación de Maton (2014). Se utilizó el diagrama de dispersión (elementos puntuales) debido a que los términos usados en el discurso docente son elementos que se pueden discretizar a lo largo de toda la clase. Son estos aspectos puntuales los que posteriormente dan lugar a una figura de tipo continua.



Se identificó el perfil de GS tanto para los docentes como para varios estudiantes en cada institución educativa y con el fin de sintetizar los resultados a continuación se muestra un ejemplo de algunos desarrollos llevados a cabo en la Institución Educativa A.

Con respecto a la docente de la institución A (primera ilustración), se puede notar que el perfil de GS es altamente dinámico, alternando entre un discurso cotidiano (nivel 1) y abstracto (nivel 4). Este tipo de discurso, según Macnaught *et al.* (2013), facilita el afianzamiento de nuevos conocimientos al establecer un vínculo entre los conceptos disciplinarios y el contexto del estudiante, permitiéndoles reconocer la aplicabilidad de los términos trabajados en clase.

En el inicio de la clase, la docente utilizó un lenguaje cotidiano para introducir temas como el sabor de los ácidos y las reacciones de la piel ante ellos, lo que motiva a los estudiantes y ubica su discurso en un nivel 1 de la GS. Luego, la docente hizo una transición hacia un lenguaje disciplinario, una vez capturó la atención de los estudiantes, lo que hizo que su discurso se ubicara en un nivel 4 de la GS.

Llama la atención que, al finalizar la clase, la docente se quedó en un discurso con GS intermedia-débil (3), lo cual le permitió avanzar en el desarrollo de los procesos de enseñanza y aprendizaje alternando entre los conceptos nuevos y su aplicación en contextos cotidianos para los estudiantes.

En contraste, para la docente de la institución B, se evidenció que no tiene un perfil de GS dinámico, en el que los estudiantes puedan ver, en diferentes momentos, cómo los conceptos de pH se pueden correlacionar con elementos cotidianos. Más bien, la docente optó por iniciar su clase con un discurso científico para, al final, mostrar las aplicaciones en la vida cotidiana. En este sentido, es muy importante mencionar que este tipo de discurso (perfil) se asocia principalmente a las clases tradicionales y con secuencias de interacción comunicativa que ratifican el papel protagónico del docente como portavoz de la ciencia (teorización y luego aplicación).

Una discusión mucho más interpretativa de la clase en la Institución Educativa A ayuda a comprender que las transiciones realizadas por la docente son esenciales para dar sentido a la estrategia de creación de discursos efectivos para los procesos de enseñanza y aprendizaje. Esto contribuye al cumplimiento de los objetivos de la clase y demuestra su competencia en el manejo del discurso y la planificación de actividades académicas. A continuación, desde el uso de algunos fragmentos registrados en la clase de la docente de la Institución Educativa A, se intenta evidenciar las múltiples relaciones entre los contextos disciplinares y

cotidianos expuestos por la docente en su discurso.

Al inicio de la clase (primeros cinco minutos), la docente utilizó temas cotidianos e información contextualizada. En este sentido, palabras como sabor (SB), agrio (AG), ardor (AR), corrosivo (CR), piel (PI), quemar (QU), naranja (NA), mandarina (MN), limpieza (LZ), que fueron ubicadas en el nivel de descripción (Tabla 1), permitieron evidenciar una GS más fuerte, quizás con la intención de motivar a los estudiantes por las temáticas que se van a desarrollar más adelante.

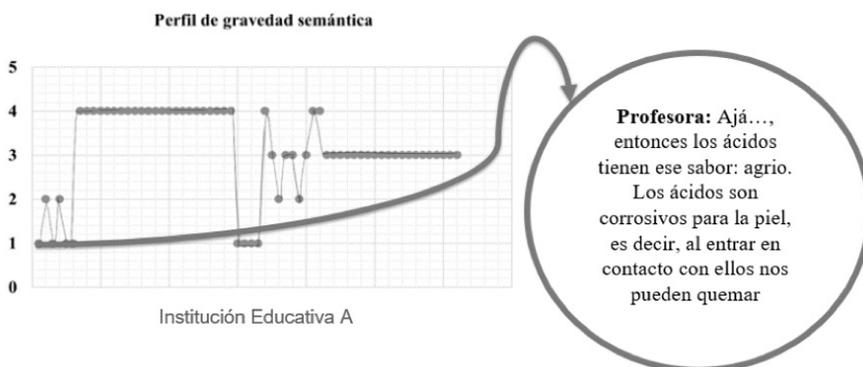


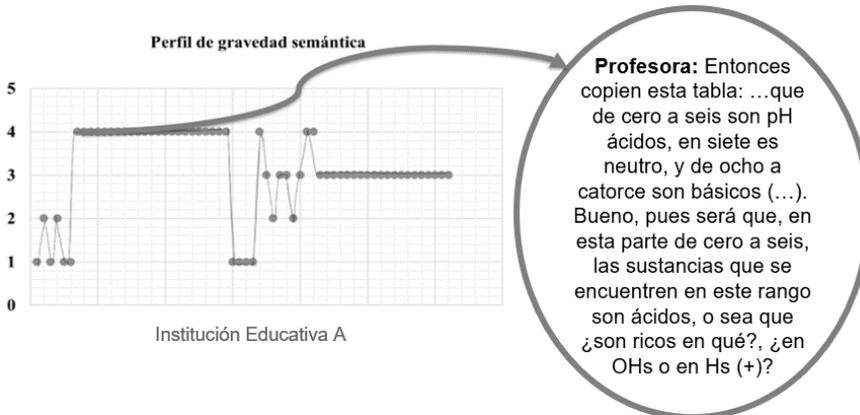
Figura 4. Análisis de gravedad semántica en la primera parte de la clase. Institución Educativa A

Fuente: elaboración propia

Analizando el fragmento: “Los ácidos son **corrosivos** para la piel, es decir, al entrar en contacto con ellos **nos pueden quemar (...)** **disuelven sustancias (...)** las bases tienen un **sabor amargo**, son suaves al tacto, pero corrosivas con la piel” (Profesora IE A, fragmento de clase, 2020), se ve cómo la docente no explicó el concepto de ácidos y bases desde lo disciplinar, sino que expuso algunas características de estos, una posible estrategia para iniciar un acercamiento desde lo cotidiano a lo abstracto del concepto.

Luego de terminada esta parte introductoria y durante los siguientes veinticinco minutos, la docente migró hacia un discurso más abstracto, presentando el concepto de pH. En otras palabras, la docente decidió adoptar un lenguaje científico en el momento central de esta, utilizando frecuentemente palabras como H⁺ (H+), PH (PH), OH (OH), iones de hidrógeno (IH), iones (I), concentración

de iones (Cl), Arrhenius (ARH), las cuales están tipificadas según el cuadro de orientación de GS anteriormente expuesto, en el nivel de generalización, como se aprecia en la Figura 5.



Posteriormente, la docente fluctuó hacia un nivel de GS fuerte. Su ubicación en este nivel obedece a que la docente trató de explicar a sus estudiantes la información de enlaces químicos a partir de palabras que no son propias del área, como se puede ver en el siguiente apartado:

Entonces los ácidos son sustancias que en disolución ceden iones Hs (+); mientras que las bases son sustancias que en disolución aceptan esos iones Hs (+), ¿sí?, o sea, el ácido, por decirlo así, **el ácido como que se lo regala a la base**, la base captura esos iones Hs (+) que los ácidos disocian, ¿listo?. (Profesora IE A, fragmento de clase, 2020)

210

Desde el punto de vista disciplinar, el ácido no regala iones; de hecho, la palabra regalar no estaría propiamente definida en el contexto de la química. No obstante, la docente utiliza esta palabra para hacerse entender en el marco de un contexto disciplinar y abstracto. En ese sentido, se rescata este elemento importante que permite a los docentes utilizar palabras que ayuden a minimizar el grado de abstracción del discurso y, con ello, fortalecer o aumentar los niveles de GS. Con esto se interpreta que, implícitamente, se podrían incorporar a los lenguajes abstractos y de manera inmediata, conceptos que posibiliten captar la atención de los estudiantes ante términos disciplinares que podrían no ser tan comprensibles.

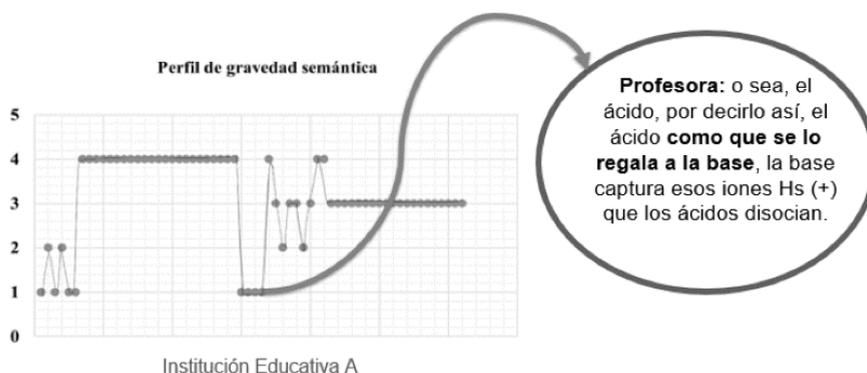


Figura 6. Análisis de gravedad semántica en la tercera parte de la clase. Institución Educativa A

Fuente: Elaboración propia

Así, la docente empezó a dinamizar su discurso, con niveles de GS intermedios, poniendo ejemplos cotidianos a los estudiantes, a la vez que explicaba el cálculo numérico del pH a partir de la concentración de iones H⁺. Los siguientes fragmentos son un claro ejemplo de esta situación

Entonces **ya en la casa** sería como ensayando en una partecita escondida del cuerpo, ¿cierto?, e, incluso, en varios productos o en varias partes le dicen: **ensaye aplicando una gotita en tal parte de su cuerpo**, que no sea muy visible, **para que vea** la reacción... si lo irrita el pH no es acorde al de su piel, por lo tanto, no lo puede utilizar...**entonces copien esta tabla:** ...que de cero a seis son pH ácidos, en siete es neutro, y de ocho a catorce son básicos. (Profesora IE A, fragmento de clase, 2020)

Como se ve, la docente realizó cambios en la GS en un mismo momento de la clase. En ese sentido, es importante revisar qué estrategia utilizó la docente para hacer el cambio, teniendo en cuenta que las modificaciones en los niveles de GS del discurso pueden ser o no continuas.

Ahora, analizando los conectores o estrategias utilizadas por la docente para cambiar el nivel del discurso, se encuentra que el salto se hizo sin una transición realmente apreciable; es decir, con carencia de continuidad que vaya aumentando o disminuyendo la GS.

Según lo anterior, en esta parte de la clase la docente exhortó a los estudiantes a realizar un ejercicio procedimental; sin embargo, es importante que estas actividades vayan acompañadas de un discurso conceptual que les permita entender no solo el cómo, sino el porqué de determinado procedimiento, bien sea utilizando una GS débil o fuerte.

La docente dedicó la última parte de la clase a explicar cómo se calculaba el pH y la concentración de iones H^+ desde el punto de vista cuantitativo, un discurso marcado por lo procedimental desde un enfoque disciplinar.

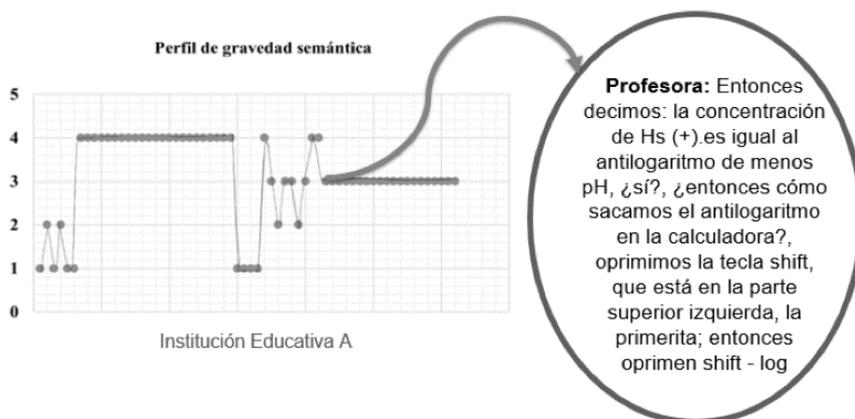


Figura 7. Análisis de gravedad semántica en la última parte de la clase. Institución Educativa A

Fuente: Elaboración propia

En el fragmento:

¿Cuál es la concentración de iones H^+ de una solución cuyo pH es cuatro?, o sea, ahí ya nos están preguntando lo contrario; ahí ya utilizaríamos el antilogaritmo. Entonces decimos: la concentración de H^+ es igual al antilogaritmo de menos pH, ¿sí?. (Profesora IE A, fragmento de clase, 2020)

Se ve cómo la docente invitó a los estudiantes a realizar cálculos numéricos en el tema de pH; no obstante, no hay evidencia de una conceptualización disciplinar en lo referente al significado del antilogaritmo, como ya se ha dicho antes, a encontrar el porqué de los procedimientos

¿Qué sucede con la GS en los estudiantes?

Para dar respuesta a este interrogante de manera que permita la comparación entre el discurso del docente y del estudiante, se ilustró con algunas de las respuestas identificadas en los estudiantes para la Institución Educativa A. Una de las preguntas que fueron utilizadas para la evaluación de la clase fue la siguiente:

“De acuerdo con la información presentada, al adicionar bicarbonato sódico a la cerveza, lo más probable es que en la mezcla resultante el pH aumente y disminuya la acidez ¿por qué ocurre esto? Explique su respuesta” (Fragmento de clase, 2020).

Respuesta del estudiante 1: “Lo que sucede es que el pH del bicarbonato de sodio es mayor que la cerveza y al agregarle bicarbonato a la cerveza hace que esta disminuya su acidez y su pH aumente” (Estudiante 1 IE A, fragmento de clase, 2020).

Una vez analizadas las respuestas, la argumentación se hizo a partir de la misma información que se presenta en la descripción de la pregunta un discurso cotidiano, utilizando palabras de las categorías 1 y 2 del cuadro de orientación de Maton (2014). Se evidenció el uso de palabras identificadas con los códigos PH, BS, CE, A (pH, bicarbonato de sodio, cerveza y acidez, categorizadas con niveles de GS entre 1 y 2, principalmente [ver Tabla 1]).

Por su parte, la respuesta del estudiante fue correcta. Si bien utilizó un discurso cotidiano para responder al ítem, se evidenció la comprensión de la escala de pH, luego de haber participado en la clase con la docente de química.

Aunque el estudiante usó el término pH, que por sí mismo está categorizado dentro de un discurso de GS débil, hay que tener en cuenta que la respuesta del estudiante, en su conjunto, muestra un nivel de GS fuerte.

En ese sentido, es muy importante recordar que los niveles de GS deben leerse no solo evaluando la semántica de términos puntuales, sino también asociándolos con el contexto total del discurso, esto porque se espera además que los discursos sean funcionales según los contextos sociales-culturales en donde se demanda su uso.

Con referencia a las respuestas del estudiante 1 a las preguntas abiertas, se pudo ver la facilidad para comprender el discurso de la docente de química, el cual fue un discurso que se movía constantemente entre una GS fuerte y débil (véase olas de GS para la docente de química de la Institución Educativa A).

En la Figura 8 se presentan las olas de GS para el estudiante 1.

Olas de gravedad semántica del estudiante 1



Figura 8. Perfil de gravedad semántica del estudiante 1. Institución Educativa A

Fuente: Elaboración propia

Es de anotar que el estudiante presentó un perfil de GS dinámico; es decir, bastante fluido entre los distintos niveles de GS. Lo anterior, evidenció una relación clara entre el discurso de la docente y del estudiante, que, de acuerdo con el desempeño, mostró una buena filiación que permite exitosos procesos de enseñanza y aprendizaje durante la clase de pH en química. Lo anterior se da teniendo en cuenta que el estudiante no solo tiene buenos desempeños en las preguntas realizadas, sino que logra argumentar sus respuestas utilizando términos cotidianos respaldados en la terminología disciplinar.

Asimismo, otros estudiantes realizaron el mismo proceso de contestar a las preguntas abiertas, obteniéndose los siguientes resultados, en este caso, para la misma pregunta: “¿al adicionar bicarbonato sódico a la cerveza, lo más probable es que en la mezcla resultante el pH aumente y disminuya la acidez?” (Fragmento de clase, 2020).

Respuesta del estudiante 2: “El bicarbonato de sodio ayuda a neutralizar el ácido y mejorar el pH en el cuerpo, por eso disminuye la acidez de la cerveza y al unirse los dos pH se aumenta la alcalinidad de la cerveza y queda como base” (Estudiante 2 IE A, fragmento de clase, 2020).

El estudiante 2 hizo uso de diferentes elementos, tanto cotidianos (cerveza, bicarbonato de sodio) como disciplinares (alcalinidad, acidez, pH), lo cual coincide con el discurso de la docente.

Se evidenció que el estudiante combinó la GS fuerte y débil para argumentar su respuesta. Se marca una diferencia importante en la forma cómo respondió este estudiante en comparación con el estudiante 1. Adicionalmente, se evidenció el uso de palabras identificadas con los códigos AL, AC, PH, que en el cuadro de orientación están categorizadas con niveles de GS 2, 3 y 4.

Por su parte, vale la pena revisar las respuestas de este estudiante a otras preguntas, tal como se aprecia a continuación.

Pregunta abierta:

Camila, una estudiante de la comunidad, se queja frecuentemente por la acidez que siente en su organismo. La semana pasada, una estudiante oyó a su amigo decir que él tomaba leche porque le ayudaba a reducir la acidez. Sin embargo, la estudiante se percató de que la leche también es ácida, al igual que los jugos gástricos que generan la acidez en el organismo. ¿Es realmente adecuado tomar leche para disminuir la acidez? ¿Qué debería decirle Camila a su vecina con respecto al remedio casero de la leche para contrarrestar la acidez?. (Fragmento de clase, 2020)

Respuesta estudiante 2:

No es adecuado tomar leche para disminuir la acidez ya que la leche tiene un pH ácido entonces eso no ayudaría a mejorar la acidez, sino que la empeoraría. Camila debería decirle a la vecina que no tome leche entera ya que eso no le ayuda a la acidez, que sería mejor que tomara bicarbonato de sodio con agua y limón ya que el bicarbonato neutraliza la acidez y el ácido del limón disminuye el pH o que lo más

adecuado es tomar agua ya que su pH es neutro y no hará daño en su cuerpo y ayudaría con la acidez. (Estudiante 2 IE A, fragmento de clase, 2020).

El estudiante argumentó adecuadamente su respuesta y lo hizo a través de un discurso que combinó la GS fuerte y débil. Se evidenció el uso de palabras identificadas con los códigos LE, A, PH, AC, BS, ZL, AG (leche, acidez, pH, ácido, bicarbonato de sodio, limón, agua), que en el cuadro de orientación están categorizadas con niveles de GS de 1, 3 y 4.

Teniendo en cuenta las respuestas de los estudiantes a las diferentes preguntas abiertas, se construyeron los perfiles de GS para cada uno de ellos, los cuales se presentan a continuación para el caso del estudiante 2 (Figura 9).

Olas de gravedad semántica del estudiante 2



Figura 9. Perfil de gravedad semántica del estudiante 2. Institución Educativa A
Fuente: Elaboración propia

De manera similar al estudiante 1, se ve cómo este perfil de GS muestra la alternancia entre niveles fuertes, intermedios y débiles de GS. Existe una correspondencia entre el buen desempeño del estudiante y su discurso, pues logra combinar los términos propios de la disciplina con su lenguaje natural, permitiendo dar respuesta acertada a cada uno de los ítems con una buena argumentación. En síntesis, se encontró que los estudiantes de la Institución Educativa A alternan

entre un lenguaje cotidiano y un sustento teórico para dar respuesta a las diferentes preguntas que se les plantean. Esto tiene estrecha relación con la metodología o discurso de la docente de química de la institución educativa, quien según se puede apreciar en la transcripción de la clase, presenta olas de GS lo suficientemente dinámicas para poner en el contexto de los estudiantes las diferentes temáticas que se exponen en la clase, en este caso de pH.

Con respecto al desempeño de los estudiantes, se pudo evidenciar que lograron responder acertadamente a las preguntas realizadas, diferenciando adecuadamente los niveles de pH, tanto a nivel cualitativo (ácido, básico o neutro) como a nivel cuantitativo (escala de pH lineal y logarítmica).

También se realizó el análisis de los perfiles de GS para otras tres instituciones, cuyos resultados se condensan a continuación.

Los análisis de los perfiles de GS del docente y el desempeño de los estudiantes muestran una relación. Los docentes con perfiles de GS dinámicos recibieron respuestas abiertas más completas de los estudiantes, quienes utilizaron tanto lenguaje científico como cotidiano en sus explicaciones y argumentaciones en ciencias naturales.

Un análisis de las olas de gravedad semántica de los estudiantes

Una vez analizados los diferentes perfiles de los estudiantes, se consiguió superponer los puntos que definen los perfiles de GS para los estudiantes de la institución educativa, obteniendo los resultados que se muestran en la Figura 10. La superposición de estos puntos permitió encontrar nuevos hallazgos en términos de la abundancia de información para la construcción de los perfiles, así como la frecuencia con la cual los estudiantes utilizaron cada uno de los perfiles de GS.

En la Figura 10, el eje vertical representa la GS, mientras que el eje horizontal representa el avance longitudinal en las respuestas abiertas de los estudiantes, de izquierda a derecha. Por su parte, las marcas de diferentes figuras representan los puntos de GS de los diferentes estudiantes analizados.

Superposición de gravedad semántica

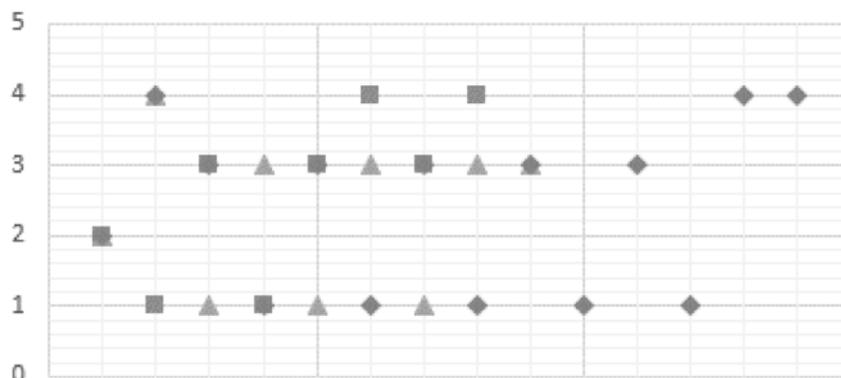


Figura 10. Superposición de gravedad semántica para los estudiantes de la Institución Educativa A
Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la figura, los estudiantes de la Institución Educativa A usaron un lenguaje que alterna entre lo disciplinar (3) y lo cotidiano (1), fundamentalmente. Esto tiene amplia relación con el perfil de GS de la docente, que también mostró ser fluida entre los diferentes niveles de GS.

A continuación, se muestra la superposición de los perfiles de los estudiantes con el perfil de GS del docente.

Superposición de gravedad semántica para los estudiantes de la Institución Educativa A

Perfil de gravedad semántica
Institución Educativa A

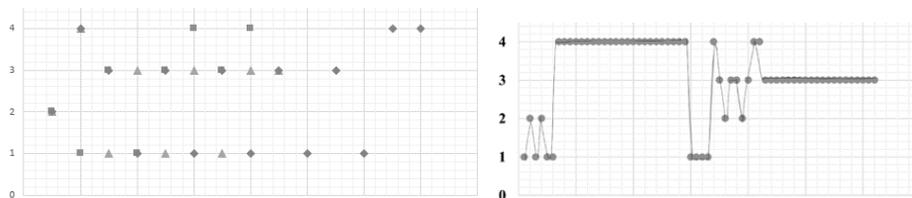


Figura 11. Perfil de gravedad semántica de estudiantes y docente – Institución Educativa A
Fuente: Elaboración propia

Es importante anotar que la Figura 11 no tiene correspondencia en el eje del tiempo, ya que la GS para estudiantes y docentes se analizó para diferentes escenarios (discurso de clase para el docente vs. respuesta a preguntas abiertas de los estudiantes). En ese sentido, el análisis que se puede hacer tiene que ver con la frecuencia con la que los estudiantes hacen uso de niveles de GS similares a los de la docente.

Se evidenció también una relación importante en los conceptos usados por la docente y las respuestas de los estudiantes. Por ejemplo, en el minuto 4 de la clase de la institución educativa A se aborda la sustancia bicarbonato de sodio y sus características, así: “el bicarbonato de sodio o lo que conocemos más como la soda...sería otra base, ¿para qué utilizan la soda ustedes en la casa?” (Profesora IE A, fragmento de clase, 2020). Esta expresión de la docente se relaciona directamente con las respuestas de los estudiantes, pues logran identificar no solo las características de la sustancia, sino también sus aplicaciones. Además, se vio que los estudiantes lograron reconocer el grado de acidez o basicidad de la sustancia bicarbonato, lo cual se observó también en la clase en el minuto 26, cuando la docente expresaba que: “y con pH mayores a siete, sustancias básicas: el agua de mar; el bicarbonato de sodio; los antiácidos estomacales que hoy día tiene la Mylanta; el amonio; el jabón; el blanqueador” (Profesora IE A, fragmento de clase, 2020). En ese fragmento se ve cómo la docente, en diferentes momentos de la clase, muestra el bicarbonato de sodio tanto como una sustancia cotidiana que se usa para calmar la acidez (GS fuerte) como una sustancia química con propiedades que se enmarcan en el campo disciplinar, tal como lo es el pH (GS débil).

Y es precisamente esa misma variación la que se pudo analizar en los perfiles de la docente y los estudiantes, ya que tanto el discurso como las respuestas abiertas van alternando desde una GS fuerte a una débil. En efecto, en la respuesta 1 de estudiante 1: “Lo que sucede es que el pH del bicarbonato de sodio es mayor que la cerveza y al agregarle bicarbonato a la cerveza hace que esta disminuya su acidez y su pH aumente” (Estudiante 1 IE A, fragmento de clase, 2020), se ve claramente ese mismo uso de los conceptos y del lenguaje, permitiendo identificar una apropiación del conocimiento disciplinar a partir de un discurso con ondas de GS dinámicas.

Dicha correlación conceptual, así como en los niveles de GS predominantes, se ve en la Figura 12.

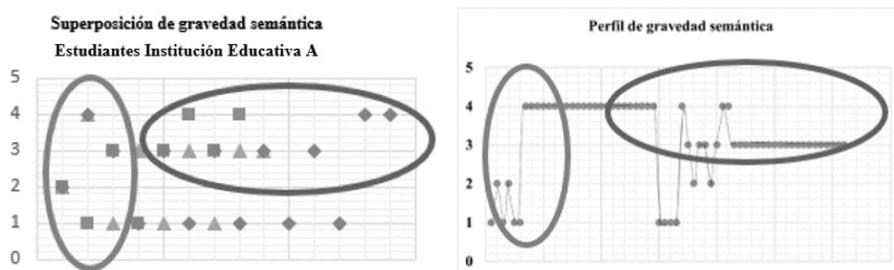


Figura 12. Análisis de la gravedad semántica de estudiantes y docente – Institución Educativa A
Fuente: Elaboración propia

Así, se pudo ver cómo los estudiantes compartieron similitudes en sus perfiles de GS debido a las interacciones académicas y del lenguaje que tienen con el docente. En ese sentido, es de interés conocer la influencia que tuvo el discurso del docente en relación con la expresión de los estudiantes en la adquisición de los nuevos saberes.

De manera similar, se superpusieron y compararon los perfiles de estudiantes con el perfil del docente de las demás instituciones educativas. A continuación (Figura 13), se revisan los perfiles para las cuatro instituciones educativas:

Como se esperaba, un perfil de GS dinámico por parte del docente es importante para apoyar o consolidar la capacidad de los estudiantes para responder, explicar, argumentar y resolver problemas tanto cotidianos como del orden científico.

Como se vio en los diferentes análisis y a manera de conclusión general, la enseñanza y aprendizaje en ciencias naturales es un proceso ampliamente influenciado por las características del lenguaje; por lo tanto, es necesario que los docentes del área reflexionen y logren posiblemente reconocer su propio perfil de GS, para optimizarlo hacia perfiles más dinámicos, fluidos y densificados.

¿Qué sucede con la gravedad semántica en los estudiantes?

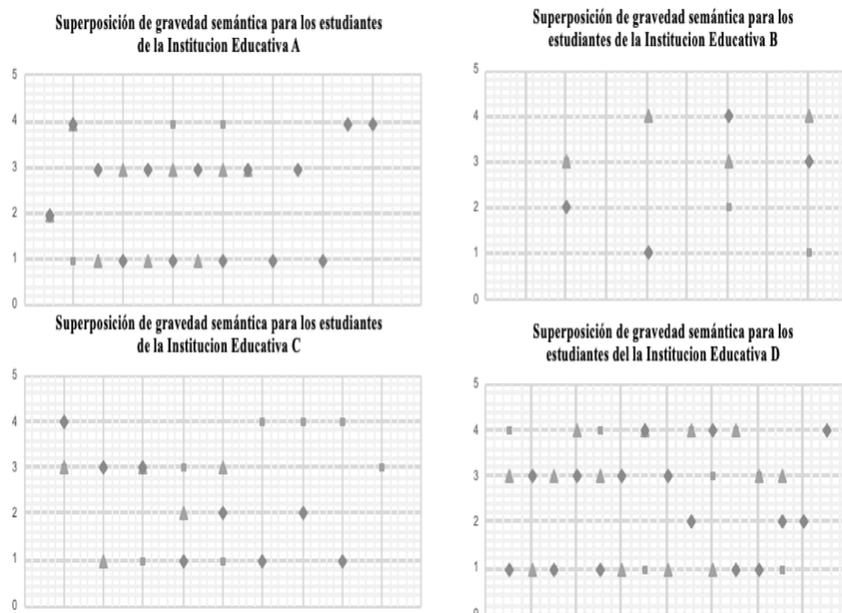


Figura 13. Perfiles de gravedad semántica de los estudiantes de la Institución Educativa A

Fuente: Elaboración propia

Discusión y conclusiones

En general, se pudo establecer a través del análisis de las clases de los docentes de química, que la GS en el discurso docente es una propiedad del lenguaje académico que afecta la forma como los estudiantes interpretan y se acercan al conocimiento. Además, hay evidencias de que la GS con la que se expresan los estudiantes tiene estrecha relación con las olas de GS del docente que orienta los saberes del área; lo anterior se pudo determinar según el comportamiento de los perfiles de GS tanto de estudiantes como de docentes en cada una de las instituciones educativas participantes del estudio.

Un discurso docente con un perfil de GS dinámico (con muchas fluctuaciones), permite que los estudiantes reestructuren su propio discurso, permitiéndoles dar explicaciones a fenómenos de las ciencias naturales a través de elementos

disciplinares como principios, teorías, modelos, entre otros. En efecto, se pudo establecer que los estudiantes tienden a adquirir un lenguaje similar al que utiliza el docente en el aula.

El perfil de GS de los estudiantes está estrechamente relacionado con el desempeño de los estudiantes en las diferentes áreas. Un perfil de GS poco fluctuante es indicio de que el estudiante puede tener dificultades para relacionar conceptos disciplinares con eventos cotidianos. A su vez, estudiantes con perfiles de GS más dinámicos son más competentes para explicar fenómenos, así como para argumentar y resolver problemas en contextos académicos y no académicos.

La revisión de los aspectos teóricos asociados a la temática de esta investigación, permitieron el cabal desarrollo de esta, pues sirvieron como guía importante para el análisis de resultados. Específicamente, los aportes de Maton fueron de gran relevancia para realizar la categorización de los diferentes elementos semánticos, posibilitando así la construcción de los distintos perfiles de GS para cada uno de los docentes y estudiantes que participaron del análisis.

Los perfiles de GS de los docentes de química de las Instituciones Educativas A y D, presentaron un comportamiento fluido, dinámico, fluctuante y con diferentes transiciones desde una GS fuerte a una débil, y viceversa, lo cual permitió que los desempeños de los estudiantes de estas instituciones educativas fueran superiores, así como su capacidad para la resolución de problemas, explicación de fenómenos y argumentación en ciencias naturales.

Los perfiles de GS con más fluctuaciones favorecen el cumplimiento de los propósitos de clase, en cuanto permiten que los estudiantes reconozcan no solo nueva terminología, sino, además, posibilitan a los estudiantes asociar los nuevos conceptos disciplinares con fenómenos de la vida cotidiana.

Por su parte, los perfiles de GS más estáticos (o poco fluctuantes), presentes en el discurso de docentes de química correspondientes a las Instituciones Educativas B y C, si bien permiten el engrosamiento de vocabulario científico-disciplinar por parte de los estudiantes, dificultan la transferencia y aplicación de los saberes científicos en contextos no educativos (es decir, en situaciones cotidianas).

Respecto al tema de pH en química, se pudo evidenciar cómo, aun cuando este es un tema con un componente abstracto bastante amplio, algunos docentes lograron motivar a los estudiantes hacia la revisión de los conceptos disciplinares y lo lograron a través del uso de un discurso fluctuante entre niveles de GS fuertes y débiles. De ese modo, lograron que los estudiantes no solo reconocieran nuevos conceptos del tema de pH en química, sino que además los asociaran con situaciones de la vida cotidiana (a través de la GS fuerte), enlazando los saberes de la disciplina con aspectos como el sabor, las reacciones ante el contacto con la piel, los remedios caseros, entre otros ejemplos que usaron los docentes para poner en contexto la parte teórica del área de química. En definitiva, se considera que procesos de uso consciente e intencionado de los lenguajes cercanos a los contextos cotidianos de los estudiantes y su relación con los contextos disciplinares, favorecen la transferencia de los aprendizajes, que, si bien en el aula puede ser complejo valorarla plenamente, sí se pueden evidenciar elementos que podrían garantizar que se está en vía de su desarrollo.

La asociación de términos del lenguaje con niveles de GS posibilita la construcción de insumos de calidad que permiten establecer acciones de mejora en los procesos de enseñanza y aprendizaje, ya que si bien los procesos de mejora siempre analizan el modelo, la pedagogía o la didáctica del docente, es importante tener en cuenta al lenguaje como factor determinante en la enseñanza de la química.

Referencias bibliográficas

- Barrett, B., & Rata, E. (2014). *Knowledge and the Future of the Curriculum: International studies in social realism*. Palgrave Macmillan.
- Bernstein, B. (2006). Vertical and horizontal discourse: an essay. *British Journal of Sociology of Education*, 20(2), 53-73.
- Blackie, M. A. L. (2014). Creating semantic waves: using Legitimation Code Theory as a tool to aid the teaching of chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 462-469. <https://doi.org/gw3w>
- Brooke, M. (2019). Guiding teachers talk in the content and language integrated learning classroom using semantics from legitimation code theory. *Teaching in Higher Education*, 25(7). <https://doi.org/gw3x>

- Chamizo Guerrero, J. A. e Izquierdo i Aymerich, M. (2005). Ciencia en contexto: una reflexión desde la filosofía. *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*, 46, 9-17. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1299933>
- Córdova, J., Melo, G., Bacigalupo, F. y Mangui, D. (2016). Olas de significado en la interacción profesor-alumno: análisis de dos clases de Ciencias Naturales de un 6to de primaria. *Ciência & Educação*, 22(2). <https://doi.org/10.1590/1516-731320160020005>
- Cutrera, G., Massa, M. y Stipcich, S. (2019). Contextualización del discurso docente y explicaciones científicas en el aula de ciencia: un estudio de caso durante la residencia docente. *Revista de enseñanza de la Física*, 31(Extra 1), 251-258. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7578675>
- Domènech-Casal, J. (2022). Reflexiones y orientaciones para el despliegue del nuevo currículo de ciencias en la ESO. *Ciències*, 45, 1-19. <https://doi.org/10.5565/rev/ciencies.468>
- Doran, Y. L., Maton, K., & Martin, J. R. (2021). The teaching of science: New insights into knowledge, language and pedagogy. In K. Maton, J. R. Marton & Y. J. Doran (Eds.), *Teaching Science: Knowledge, Language, Pedagogy* (pp. 1-20). Legitimation Code Theory.
- Garduño Román, S. A. (2002). Enfoques metodológicos en la investigación educativa. *Investigación administrativa*, 30(91), <https://biblat.unam.mx/hevila/InvestigacionAdministrativa/2002/vol31/no90/2.pdf>
- Halliday, M. A. K. (1982). *El lenguaje como semiótica social: la interpretación social*. Fondo de Cultura Económica.
- Henríquez, R. F. y Fuentes Cortés, M. (2018). Aportes de la Lingüística a la Educación Histórica. *Historia y memoria*, (17), 219-250. <https://doi.org/10.19053/20275137.n17.2018.7449>
- Hood, S. (2019). Live Lectures: The significance of presence in building disciplinary knowledge. In K. Maton, J. R. Marton & Y. J. Doran (Eds.), *Teaching Science: Knowledge, Language, Pedagogy* (pp. 179-208). Legitimation Code Theory.
- Humphrey, S. & Robinson, S. (2012). *Resourcing teachers to tide the semantic wave to whole school literacy development*. Australian Association for Research in Education.
- Lemke, J. L. (1997). *Aprender a hablar ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores*. Paidós.

- Lidia, M. B., Yedid, S. V., Lino, A. C. y López, I. S. (2015). Secuencia didáctica en la enseñanza de "ácidos y bases" nivel secundaria. *Revista Iberoamericana de producción académica y gestión educativa*, 2(4). <https://www.pag.org.mx/index.php/PAG/article/view/379/417>
- Macnaught, L., Maton, K., Martin, J. R. y Matruglio, E. (2013). Jointly constructing semantic waves: implications for teacher training. *Linguistics and Education*, 24 (1), 50-63. <https://doi.org/gh6rm3>
- Martínez Lirola, M. (2007). *Aspectos esenciales de la gramática sistémica funcional*. Universidad de Alicante.
- Maton, K. (2013). Making semantic waves: a key to cumulative knowledge-building. Elsevier. *Linguistics and Education*, 24, 8-22. <https://doi.org/gctr7c>
- Maton, K. (2014). *Knowledge and Knowers: Towards a realist sociology of education*. Routledge.
- Maton, K., Hood, S., & Shay, S. (2015). *Knowledge-building: educational studies in Legitimation Code Theory*. Routledge.
- Maton, K., & Doran, Y. J. (2017). Semantic density: A translation device for revealing complexity of knowledge practices in discourse. *Onomázein*, 46-76.
- Maton, K. & Doran, Y. J. (2021). Constellating science: How relations among ideas help build knowledge. In K. Maton, J. R. Martin y Y. J. Doran (Eds.), *Teaching Science: Knowledge, language, pedagogy* (pp. 49-75). Routledge.
- Mortimer, E. F., & Wertsch, J. V. (2003). The Architecture and Dynamics of Intersubjectivity in Science Classrooms. *Mind, culture, and activity*, 10(3), 230-244 <https://doi.org/gw32>
- Olivares Petit, C. y Leyton Román, F. (2023). Niveles de abstracción como propuesta de seguimiento, desde la didáctica de las ciencias. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (número extraordinario), 3274-3280. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/14990>
- Rincón Corredor, H. M. (2013). Propuesta didáctica para el aprendizaje del concepto de pH en estudiantes de básica secundaria [Tesis de doctorado, Universidad Nacional]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/75191>
- Sanmartí Puig, N. y Márquez Bergalló, C. (2017). Aprendizaje de las ciencias basado en proyectos: del contexto a la acción. *Ápice: Revista de Educación Científica*, 1(1), 3-16. <https://doi.org/10.17979/arec.2017.1.1.2020>

- Svensson, B. (2019). The construction of semantic waves of knowledge-building: High school students' natural science writing. *HERMES Journal of Language and Communication in Business*, 59(1), 139-152. <https://doi.org/10.7146/hjlc.v59i1.117037>
- Usategui Basozabal, M. E. (1992). La sociolingüística de Basil Bernstein y sus implicaciones en el ámbito escolar. *Espacio y Tiempo: Revista de Ciencias Humanas*, 7, 143-174. <http://hdl.handle.net/11162/70351>
- Vidal Lizama, M. (2017). Knowledge in your classroom: A model of analysis for specialization codes in classroom discourse. *Onomázein*, (II), 149-178. <https://doi.org/10.7764/onomazein.ne2.06>