

# El perfil conceptual de sustancia: una herramienta para entender la heterogeneidad de pensamiento y habla en el aula

Conceptual profile of substance: a tool to understand the heterogeneity of thinking and speech in the classroom

Raúl Orduña Picón / Department of chemistry, University of Massachusetts Boston, Boston, MA, USA

Hannah Sevian / Department of chemistry, University of Massachusetts Boston, Boston, MA, USA

Eduardo Fleury Mortimer / Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil



## resumen

El perfil conceptual de sustancia es un modelo que representa la variedad de maneras de hablar y pensar (zonas) sobre este concepto que los individuos socialmente desarrollan y usan en contextos específicos. En este artículo se presentan las zonas que componen el perfil conceptual de sustancia y una propuesta sobre cómo este modelo puede ser utilizado por los docentes para identificar el pensamiento de sus estudiantes y apoyarlos en expandir sus formas de pensar y hablar sobre la sustancia.

## palabras clave

Sustancia, polisemia, perfil conceptual, habla y pensamiento, heterogeneidad.

## abstract

Conceptual profile of substance is a model that represents the diversity of ways of speaking and thinking (zones) about that concept which individuals socially develop and use in specific contexts. This paper presents the zones that constitute the conceptual profile of substance, and a proposal for how this model of heterogeneity of speech and thinking can be used to identify students' thinking and support them in extending their ways of speaking and thinking about substance.

## keywords

Substance, polysemy, conceptual profile, speech and thinking, heterogeneity.

## Introducción

La química como tecnociencia (Chamizo, 2013) es una disciplina fundamentada en el concepto de sustancia. Los químicos tratan a la sustancia como una entidad teórica y/o empírica para llevar a cabo la práctica de la química. Empero, los profesionales de la química no son las únicas personas que generan y usan una variedad de perspectivas para en-

tender esta idea central; los estudiantes de química conciben este concepto a través de múltiples maneras dependiendo las experiencias que hayan tenido dentro y fuera del aula (Amaral, Silva & Sabino, 2018; Orduña Picón, Sevian & Mortimer, 2020). Por ejemplo, a partir de las experiencias en el aula, una alumna puede pensar que la sustancia es una clase de materia que está consti-

tuida por muchas partículas; sin embargo, a partir de la experiencia de visitar un supermercado y leer con atención las sustancias presentes en una pasta dental, ella puede definir *sustancia* como un material con una función específica para llevar a cabo una acción. Con base en la heterogeneidad de formas de habla y pensamiento sobre la sustancia, se asume que este concepto es poli-

sémico; es decir, el concepto de sustancia presenta una variedad de significados dependiendo del contexto en el que es usado.

De acuerdo con la importancia del concepto de sustancia y su variedad de significados, Vogelezang (1987: 243) cuestiona: «¿Qué aspectos del concepto de sustancia son importantes para hacer dicha idea algo útil en el contexto de la química escolar? La respuesta depende del uso que se le da a este concepto». La respuesta a esta pregunta representa un reto para los profesores de química que involucra la construcción de una perspectiva crítica en los estudiantes para discernir el uso de determinadas formas de pensar y hablar sobre la sustancia, la cual puede generarse a través de la concientización de los poderes relativos y limitaciones de cada una de estas dependiendo del contexto.

Este artículo presenta el perfil conceptual de sustancia (Orduña Picón, Sevia & Mortimer, 2020) como una herramienta didáctica para identificar, entender y usar las diversas formas de pensar y hablar sobre este concepto que existen en la clase de química. El principal objetivo de esta contribución es ofrecer los fundamentos de un enfoque didáctico sobre la enseñanza y aprendizaje del concepto de sustancia para que los profesores reconozcan las ventajas que implica tener diferentes formas de pensar y hablar en el aula.

### La teoría del perfil conceptual

La teoría del perfil conceptual (Mortimer, 1995; Mortimer & El-Hani, 2014) se basa en la premisa de que las personas presentan diferentes formas de ver y conceptualizar el mundo para dar sentido a las experiencias que viven en distintos contextos. Los perfiles conceptuales son modelos que representan esa variedad de maneras de pensar sobre un concepto polisémico que los individuos so-

cialmente desarrollan y usan en contextos específicos. Los perfiles conceptuales están constituidos por distintas zonas. Cada una de las zonas que constituyen un perfil conceptual de un concepto dado representa modos de pensar particulares que están relacionados con una forma de hablar específica. Con base en esta teoría, un individuo puede desarrollar socialmente nuevas zonas independientes a las ya existentes en su perfil conceptual porque las ya existentes no representan ningún obstáculo para las que emergen; es decir, hay una heterogeneidad de zonas relativas de un mismo concepto que coexiste en un mismo individuo. Las zonas del perfil conceptual se estabilizan mediante compromisos ontológicos, epistemológicos y axiológicos construidos socialmente que dan forma a las maneras de pensar y hablar de cada individuo en diferentes contextos. Los compromisos ontológicos están relacionados con las entidades y/o procesos que son considerados como parte de la realidad, los compromisos epistemológicos están asociados con las distintas formas para justificar la existencia de tales entidades y/o procesos y los compromisos axiológicos tienen que ver con los juicios evaluativos y/o afectivos sobre tales entidades y/o procesos.

El valor de la teoría del perfil conceptual para la enseñanza se centra en brindar a los docentes la oportunidad de identificar las zonas que los estudiantes desarrollan y usan más fácilmente y, con base en esta identificación, apoyar a los estudiantes a diferenciar cada una de las zonas y determinar los contextos en donde cada una de las zonas tiene un valor relativo para la explicación y resolución de problemas. También, los docentes pueden introducir nuevas zonas y ayudar a los estudiantes a fortalecer el uso de estas a través del aprendizaje formal.

### El perfil conceptual de sustancia

A partir de la exploración de textos relacionados con la historia y filosofía de la química, de artículos sobre el pensamiento químico de los estudiantes, de entrevistar a diversos estudiantes y profesores de química y de capturar las interacciones de estos profesores y alumnos en el aula, Orduña Picón, Sevia y Mortimer (2020) han propuesto un perfil conceptual de sustancia, el cual está compuesto de seis zonas: sensorialista, esencialista, funcionalista, naturalista/artificialista, composicionista e interaccionista. Una versión general de este perfil conceptual se muestra en la tabla 1; a continuación, sin embargo, se ofrece una descripción más detallada de las zonas.

La zona sensorialista está estabilizada por el compromiso ontológico de ver a las cosas u objetos como sustancias. Con base en ideas aristotélicas, la sustancia es considerada como un objeto concreto que puede ser clasificado de acuerdo con su especie y propiedades. El compromiso epistemológico que justifica la idea de que las sustancias pueden ser entendidas como objetos/cosas se basa en determinar la identidad de una sustancia o las diferencias que existen entre una sustancia y otra a través de observar características superficiales (color, forma, tamaño, etc.). El compromiso axiológico que estabiliza esta manera de ver a las sustancias es el juicio evaluativo que considera a las sustancias como algo concreto y tangible (Orduña Picón, Sevia & Mortimer, 2020). De acuerdo con estos compromisos, la zona sensorialista se basa en entender a las sustancias como distintas clases de objetos/cosas que presentan características perceptibles, las cuales pueden ser observadas por los sentidos o distintos instrumentos.

La zona esencialista está ontológicamente estabilizada a través de entender a las sustancias como

Tabla 1. Un resumen de las zonas del perfil conceptual que constituyen el perfil conceptual de la sustancia (Orduña Picón, Sevian & Mortimer, 2020).

Zona	Descripción
Sensorialista	Las sustancias son consideradas clases distintas de cosas con diferentes propiedades perceptibles (forma, color, textura, masa, olor, volumen, sabor, etc.) que se identifican mediante los sentidos o instrumentos.
Esencialista	La sustancia es vista como la entidad básica que le da a un objeto su determinación, forma, definición e inteligibilidad, y que persiste a través de distintas transformaciones. Es una combinación de materia (de qué está hecho algo) y forma (lo que determina ser una sustancia).
Funcionalista	La sustancia se define como algo que puede hacer una acción dada o puede usarse para realizar una determinada acción.
Naturalista-Artificialista	La sustancia es vista como un tipo de material que ocurre naturalmente en la tierra (es una entidad que tiene una existencia independiente del acto de percepción y su nombre) y es descubierta por científicos, o puede ser comprendida como un material que se produce en laboratorios/industrias de química y es elaborado bajo un proceso particular por los químicos.
Composicionista	Las sustancias son vistas como: 1) Los constituyentes subyacentes de todas las cosas; 2) Un sistema hecho de material(es), elemento(s), compuesto(s), etc., que está involucrado en métodos de síntesis y descomposición, o 3) Un sistema estático que tiene componentes pequeños (moléculas, átomos, iones, partículas, etc.), los cuales son todos iguales; las sustancias tienen estructuras y propiedades fijas.
Interaccionista	La sustancia es considerada como un sistema dinámico con propiedades físicas estables que surgen a partir de las interacciones de un número considerable de sus componentes (moléculas, átomos, iones, partículas, etc.) y propiedades químicas asociadas con partículas individuales, las cuales surgen de interacciones entre componentes subatómicos.

la integración de 'materia' y 'forma'. Aristóteles consideraba que la 'forma' era la 'sustancia primaria', la esencia de las cosas, la entidad básica que persiste a lo largo del cambio. El compromiso epistemológico que estabiliza la zona esencialista es el suponer u observar la presencia de propiedades subyacentes (esencias) que le dan identidad a un material; por ejemplo, cuando los alumnos observan los vapores rojos producidos por la reacción de cobre con ácido nítrico y piensan que esos vapores son la esencia del cobre (Talanquer, 2006). El compromiso axiológico se basa en juzgar si algo es o tiene sustancia porque tiene la integración materia-forma (por ejemplo, la sustancia de un párrafo), o que algo es persistente e inmutable porque sus cualidades están presentes a pesar del cambio (por ejemplo, los vapores rojos que se producen en la reacción de cobre y ácido nítrico los cuales son vistos

como la esencia del cobre). Por lo tanto, la zona esencialista se basa en concebir a la sustancia como la entidad básica o un conjunto de cualidades que le otorgan la determinación, definición e inteligibilidad a una entidad; estas cualidades persisten a través del cambio.

La zona funcionalista se encuentra estabilizada por el compromiso ontológico de concebir a una sustancia como un sistema que es definido con base en lo que esta puede hacer o el uso que se da para cumplir cierto fin. El concepto de sustancia puede ser visto como una entidad que tiene poderes, habilidades y/o funciones (Schummer, 1998). El compromiso epistemológico relacionado con esta zona se basa en realizar u observar acciones posibles de llevar a cabo con las sustancias (por ejemplo, beber agua). Precisamente, esta evaluación de los usos y/o habilidades de una sustancia como algo bueno/malo,

útil/inútil, peligroso/benéfico, es la base para el compromiso axiológico relacionado con esta zona. De acuerdo con lo anterior, la zona funcionalista se basa en definir *sustancia* como un material que puede hacer o puede ser usado para realizar cierta acción.

La zona naturalista/artificialista tiene como compromiso ontológico la clasificación de las sustancias como materiales generados por transformaciones químicas o encontrados en la naturaleza (Schummer, 2003). El compromiso epistemológico asociado a esta zona consiste en practicar o conocer procesos de obtención de sustancias. Esta zona está axiológicamente estabilizada por el compromiso de evaluar las fuentes y prácticas por las cuales se obtienen las sustancias. Está el caso de evaluar a las sustancias como «buenas» si estas vienen directamente de la naturaleza, pero como «malas» si vienen de un

proceso de síntesis en un laboratorio químico. De acuerdo con estos compromisos, la zona naturalista/artificialista se relaciona con pensar en la sustancia como un material que se encuentra en la naturaleza y es descubierto por los científicos y/o como un material que es producido en la industria o laboratorio por medio de procesos creados por los químicos.

La zona compositonista está estabilizada por el compromiso ontológico de concebir a las sustancias como entidades materiales que componen a los objetos. Las sustancias son también vistas como entidades que son constituidas por otras sustancias o partículas (Chang, 2011). El compromiso epistemológico que justifica el pensamiento de entender a la sustancia como el componente de los materiales y/o como un sistema constituido de partículas es la práctica de la química relacionada con la síntesis y descomposición de sustancias. Axiológicamente, la zona compositonista está estabilizada por el compromiso que surge a partir de los juicios afectivo-evaluativos que una persona hace sobre el tipo de componentes que constituyen a una sustancia. Por ejemplo, una persona puede pensar que el metano es un gas muy peligroso porque tiene cuatro átomos de hidrógeno en su estructura, lo cual hace que este gas sea explosivo. Con base en estos compromisos, la zona compositonista consiste en ver a la sustancia como: 1) el componente subyacente de todos los materiales (bloque de construcción) y/o 2) un sistema formado por materiales, elementos, compuestos y/o mezclas de compuestos/elementos; una sustancia está involucrada en métodos de descomposición y/o síntesis y/o 3) un sistema estático que tiene partes pequeñas (moléculas, átomos, iones, partículas, etc.) que son iguales y tienen estructuras y propiedades fijas y pueden combi-

narse de formas simples y definidas para formar otras sustancias.

La zona interaccionista tiene como compromiso ontológico la idea de que las sustancias son sistemas dinámicos que están envueltos en transformaciones reversibles e irreversibles que ocurren en diferentes escalas de tiempo (Whitehead, 1978). Las propiedades de las sustancias son entendidas como relacionales y emergentes a partir de la interacción de una sustancia con otra sustancia y/o con el ambiente. El compromiso epistemológico que estabiliza esta zona está relacionado con el modelar, sintetizar y transformar sustancias tomando en consideración las interacciones que ocurren en el nivel macroscópico y submicroscópico los cuales representan procesos continuos. El compromiso axiológico que estabiliza esta forma de pensar consiste en evaluar las características de las interacciones de las sustancias/partículas y los procesos que ocurren en un sistema (rápidos, lentos, favorecidos, no favorecidos, espontáneos, no espontáneos, etc.). De esta manera, la zona interaccionista tiene como base el entender a la sustancia como un sistema dinámico con propiedades físicas estables, las cuales surgen a partir de las interacciones de un número considerable de sus componentes (moléculas, átomos, iones, partículas, etc.), y con propiedades químicas relacionadas con partículas individuales, las cuales emergen de interacciones entre componentes subatómicos.

### **Implicaciones para la enseñanza y comentarios finales**

Las formas de pensar y hablar sobre la sustancia reportadas en este artículo deben ponerse en diálogo en las aulas de química para comprender lo multifacética que es la práctica de la química. Aprender dialógicamente involucra conocer distintas formas de

pensar (de la química y de las experiencias fuera del aula) para determinar la relativa validez de cada una de estas ideas y no su inherente poder (Mortimer y Wertsch, 2003). Así que, las seis zonas del perfil conceptual de sustancia pueden ser mediadoras poderosas para comprender distintos fenómenos a partir de la concientización del repertorio de diferentes formas de pensar y hablar sobre la sustancia; así como, también, del relativo poder explicativo que cada una de ellas tiene para resolver un problema en un contexto específico.

A partir de su característica polisémica, el concepto de sustancia es una idea central que debe enseñarse, aprenderse y usarse para entender distintos temas en la clase de química. Para ilustrar qué zonas del perfil conceptual de sustancia pueden ser mediadoras para la enseñanza y aprendizaje de diversos temas en la clase de química, se toma como ejemplo la enseñanza y aprendizaje del fenómeno de solubilidad, una propiedad que puede emplearse para determinar la identidad de una sustancia.

Como primera actividad, los estudiantes pueden clasificar sustancias para predecir si una sustancia se disolverá en diferentes disolventes y en qué medida. Dos categorías de clasificación pueden ser iónicas y moleculares. Para clasificar a las sustancias sólidas, los estudiantes pueden usar su forma de pensar sensorialista en aras de identificar si los sólidos tienen bordes afilados o una textura suave. También, los estudiantes pueden usar su forma de pensar compositonista para considerar la celda unitaria de una sustancia iónica o la estructura cristalina de una sustancia molecular para pensar cómo su composición puede relacionarse con la solubilidad que presenta en diferentes disolventes. La zona esencialista puede ser una forma productiva de pensar para



determinar si una sustancia molecular es polar o no polar. Los estudiantes pueden observar la composición y estructura de una sola molécula para comparar cualitativamente los momentos dipolares de esta con diferentes moléculas. También, los estudiantes pueden usar su zona interaccionista para pensar «qué tanto» una sustancia se disolverá en otra sustancia considerando factores energéticos y entrópicos de la energía potencial interna entre las moléculas y el número de configuraciones diferentes que pueden adoptar estas en estado sólido y acuoso.

Con base en el perfil conceptual de sustancia, los docentes pueden identificar e interpretar cómo los estudiantes hablan y piensan sobre este concepto para evaluar: 1) las zonas que ellos mayormente desarrollan y usan para dar sentido a las experiencias que tienen en el aula de química y 2) diversos contextos que pueden promover la expansión del perfil conceptual de sustancia de los estudiantes. Por lo tanto, esta alternativa didáctica puede ayudar a los docentes a entender que la heterogeneidad de pensamiento y habla sobre la sustancia representa una condición trascendental para el aprendizaje y uso de la práctica de la química.

### Referencias

- AMARAL, E. M. R.; SILVA, J. R.; SABINO, J. D. (2018). «Analysing process of conceptualization for students in lessons on substance from the emergence of conceptual profile zones». *Chemistry Education Research and Practice*, vol. 19, p. 1010-1028.
- CHAMIZO, J. A. (2013). «Technochemistry: one of the chemists' ways of knowing». *Foundations of Chemistry*, vol. 15, n.º 2, p. 157-170.
- CHANG, H. (2011). «Compositionism as a dominant way of knowing in modern chemistry». *History of Science*, vol. 49, n.º 3, p. 247-268.
- MORTIMER, E. F. (1995). «Conceptual change or conceptual profile change?». *Science & Education*, vol. 4, p. 267-285.
- MORTIMER, E. F.; EL-HANI, C. N. (2014). *Conceptual profiles: A theory of teaching and learning scientific concepts*. Vol. 42. Dordrecht: Springer & Business Media.
- MORTIMER, E. F.; WERTSCH, J. V. (2003). «The architecture and dynamics of intersubjectivity in science classrooms». *Mind, Culture and Activity*, vol. 10, n.º 3, p. 230-244.
- ORDUÑA PICÓN, R.; SEVIAN, H.; MORTIMER, E. F. (2020). «Conceptual profile of substance. Representing heterogeneity of thinking in chemistry classrooms». *Science & Education*, vol. 29, p. 1317-1360.
- SCHUMMER, J. (1998). «The chemical core of chemistry. A conceptual approach». *HYLE – International Journal of the Philosophy of Chemistry*, vol. 4, p. 129-162.
- (2003). «The notion of nature in chemistry». *Studies in History and Philosophy of Science*, vol. 34, p. 705-736.
- TALANQUER, V. (2006). «Commonsense chemistry: a model for understanding students' alternative conceptions». *Journal of Chemical Education*, vol. 83, n.º 5, p. 811-816.
- VOGELEZANG, M. J. (1987). «Development of the concept of 'chemical substance' – some thoughts and arguments». *International Journal of Science Education*, vol. 9, n.º 5, p. 519-528.
- WHITEHEAD, A. N. (1978). A: GRIFFIN; D. R.; SHERBURNE, D. W. (ed.). *Process and reality. An essay in cosmology*. Nova York: The Free Press.



**Raúl Orduña Picón**

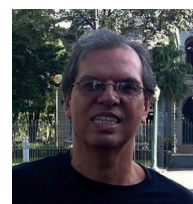
Candidato a doctor en investiga-

ción en Educación Química por la Universidad de Massachusetts Boston e investigador especialista en la Universidad de California Irvine. Autor de artículos arbitrados de investigación en educación química. Su trabajo se centra en las múltiples formas de pensamiento de los estudiantes de ciencia. C. e.: [raul.ordunapicon001@umb.edu](mailto:raul.ordunapicon001@umb.edu)



**Hannah Sevian**

Profesora-investigadora en la Universidad de Massachusetts Boston. Autora o coautora de más de cincuenta artículos arbitrados de investigación en educación química y una serie de libros de educación secundaria. Su trabajo se centra en el estudio de las formas de enseñar y aprender química desde la perspectiva de la justicia social. C. e.: [Hannah.Sevian@umb.edu](mailto:Hannah.Sevian@umb.edu)



**Eduardo Fleury Mortimer**

Profesor de educación en la Universidad Federal de Minas Gerais e investigador del CNPQ (Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico). Hizo su doctorado en Educación Científica en la Universidad de São Paulo. Su investigación se centra en el aprendizaje de las ciencias, los perfiles conceptuales y el discurso en el aula. C. e.: [mortimer@dedalus.lcc.ufmg.br](mailto:mortimer@dedalus.lcc.ufmg.br)