

---

## LA ESTRUCTURA COMO CONSTRUCTO APORTANTE A LA AUTONOMÍA DE LA QUÍMICA DESDE LA DIDÁCTICA DE LA CIENCIAS NATURALES

**Autores.** Diana Carolina Roa García. Luis Alfredo Ochoa Contreras. Liz Mayoly Muñoz Albarracín. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, [djanita.carolita@gmail.com](mailto:djanita.carolita@gmail.com), Universidad Distrital Francisco José de Caldas, [lualoco@hotmail.com](mailto:lualoco@hotmail.com), Universidad Distrital Francisco José de Caldas, [immunoza@udistrital.edu.co](mailto:immunoza@udistrital.edu.co)

**Tema.** Eje temático 7 Formación de profesores en relación con: comunicación en ciencias, discurso y argumentación; y modelos y modelización.

**Modalidad.** 1. Nivel educativo universitario.

**Resumen** Esta investigación se centró en la estructura como concepto que aporta a la identidad de la Química, desde la Didáctica de las Ciencias en la formación inicial de profesores de quinto y sexto semestre del espacio académico de epistemología del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Para tal efecto se definieron unas categorías de análisis que permitieron caracterizar las concepciones de estructura de los docentes en formación y las implicaciones que esto tiene para la enseñanza de la química. Se diseñaron y aplicaron actividades enmarcadas en la Didáctica de las Ciencias, que buscaron generar un aprendizaje significativo en los profesores en formación y evidenciar las dificultades que presentan los profesores en la comprensión de dicho concepto con relación al dominio del lenguaje entre niveles escalas y dimensiones, así como, en la articulación de los modelos asociados al concepto de estructura.

**Palabras claves.** Formación de profesores, Didáctica de la Química, Representación y Estructura Química.

### Introducción

En el aprendizaje de la Química, el concepto de estructura química debe considerarse su construcción teórica y epistemológica, la cual puede ser expresada en distintos niveles, escalas y dimensiones, que pueden ser interpretadas a la luz de presupuestos abstractos e intangibles como son los modelos en química. Esta concepción de estructura hace parte de las ideas centrales en la disciplina Química y requiere de una especial atención, al ser construida en el pensamiento de los docentes en formación (constructo), ya que del acierto o desacierto en su enseñanza se construyen o no en el estudiante obstáculos para que la disciplina adquiera sentido y no se convierta en un compendio de temas desarticulados poco comprendido. Ya lo han señalado autores como Gillespie (1997), Atkins (2005) y Talanquer (2010), que dichas ideas centrales guían el pensamiento de quienes ejercen la disciplina y en gran medida delimitan las preguntas esenciales que buscan responder a través de su trabajo diario, y por ende, de su concepción (reducida o simplista) para su enseñanza (Talanquer (A),2010).

La concepción de estructura que se retoma en este trabajo corresponde a la disposición tridimensional estable (no estática) de mínima energía que puede adoptar una molécula, arreglo cristalino u otro (Cerro & Merino, 2009). Esta definición es fundamental para entender la naturaleza, autonomía e identidad de la Química como ciencia, en razón de que este concepto dota de estabilidad y presupone la existencia de una sustancia o material, lo que en esta ciencia viene siendo su objeto de estudio.

Este trabajo buscó evidenciar si dichos razonamientos y reflexiones son explícitos para los docentes en formación de quinto y sexto semestre del Proyecto curricular de licenciatura en química (PCLQ) de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en un esfuerzo por caracterizar las concepciones de estructura de profesores en formación. Para tal fin, se plantea desde un enfoque didáctico el reconocimiento de las ideas alternativas que los docentes en formación habían construido sobre el concepto de Estructura Química hasta esta etapa de su carrera.

Para definir las categorías de análisis con las cuales se caracterizaron las ideas alternativas de los docentes en formación, se hizo una revisión y se estableció el diálogo de diferentes textos y autores para su validación teórica. Como resultado de la etapa anterior, se establecieron las siguientes categorías: Niveles, escalas y dimensiones, modelo como representación, propiedad emergente, estructura dinámica y estática.

Para hacer explícitas las concepciones acerca del concepto de estructura química de parte de los profesores en formación, se procedió a desarrollar y aplicar una serie de actividades teniendo en cuenta los autores revisados y lo que según (Sanmartí, 2016) se definen como: Actividad de introducción, síntesis 1, síntesis 2 y generalización con el fin de interpretar los discursos manifiestos en las mismas.

### Referente teórico

El concepto de estructura química conlleva el abordaje de diferentes temas, así como de la comprensión de su organización conceptual. Para entender la estructura como objeto de estudio se recurre a la representación construida que parte de reconocer el esquema mental, lenguaje, limitaciones y nivel de abstracción propio de quién las construye. (Hoffman y Lazlo (1991) citado por (Muñoz, 2012))

El ejemplo clásico que infiere una correcta representación, es el de explicación de las propiedades químicas de un compuesto; los estudiantes apoyados en los modelos que conocen o han aprendido suponen que estas propiedades son aditivas (Talanquer (A), 2010), es decir son producto de la combinación de las propiedades individuales de sus partes constituyentes, o que son hereditarias, porque a partir de la presencia de cierto elemento la sustancia adquiere ciertas propiedades. Un profesional en esta disciplina supone que estas propiedades son producto de las interacciones entre los componentes que lo constituyen (propiedades emergentes) y debido a ello predecir sus propiedades no es una tarea fácil (Talanquer (B), 2010). Pero este análisis no es evidente para los estudiantes, por esta razón es necesario aclarar estos hechos durante el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Una característica importante que posee la estructura Química y que en ocasiones no es fácil de comprender, es que esta se mueve en diferentes escalas, niveles y dimensiones (Talanquer (B), 2010); Nivel entendido como representación mental (adquirida de forma empírica sensorial directa), modelo o representación abstracta mental (propia de experto), formas de pensar a través de lenguajes simbólicos propios de una disciplina o bien razonamientos intermedios entre ellos (Muñoz, 2012). Escala entendida como tamaño referido al modelo utilizado (o bien a la realidad estudiada) y dimensión referida a realidad 3D, 2D, entre otros. De manera que la dificultad del aprendizaje frente al conocimiento químico como lo plantea (Johnstone, 2000), es que este se enseña de manera simultánea y realizando saltos de diálogo entre diversos niveles, escalas y dimensiones sin hacer la aclaración de dicho proceso (Villaveces, 2014). Así mismo, es importante tener en cuenta que el modelo que construyen los estudiantes de la Estructura Química, en ocasiones, se encuentra enmarcado en niveles

mesoscópicos, por lo que el docente debe lograr articular no solo el fenómeno observable, sino el modelo, los niveles, las escalas y los símbolos que lo explican a través del lenguaje químico y también los variados modelos submicroscópicos que existen para ese fenómeno en particular (Talanquer (B), 2010)

Ahora bien, la existencia de múltiples y variados modelos de la estructura química solo evidencia el pluralismo de interpretaciones y enmarca la cantidad de transposiciones didácticas (Cerro & Merino, 2009) que debería poder hacer todo docente, según su juicio, durante su ejercicio profesional. En este punto, se hace evidente que un modelo tomado como una representación puede ser o no explícito, esto depende no solo de la red conceptual intangible de quien representa algo, quien lo enseña, sino también del lenguaje a través del cual lo expresa; que puede ser interpretado o no consecuentemente, pues depende de la interpretación que le otorgue quien lo aprende (Izquierdo, 2018)

## Metodología

La ejecución metodológica para el abordaje del problema de investigación consistió en 2 momentos claves; el primero de ellos se enmarca en la caracterización de las categorías de análisis mencionadas en el marco teórico a través de una metodología de corte hermenéutico-Interpretativo ejecutado en las 3 primeras fases ( Fase 1: preguntas iniciales, Fase 2: Investigación de textos y autores y Fase 3: lectura y diálogo con los textos y autores) con el propósito de validar las categorías y a partir de las cuales en un segundo momento se gestan las actividades de recopilación de la información (Ver Tabla 2) y se ejecutan por trabajo directo en aula a través de la aplicación de unos formularios, espacio de diálogo y reflexión del discurso en 2 sesiones concertadas con duración aproximada de 4 horas y que dieron paso a la última etapa, Fase 4: Interpretación y comprensión de los discursos en la cual se interpretó y caracterizó los resultados que evidenciaron las nociones de los docentes en formación objeto de estudio, frente al concepto de estructura. Cabe aclarar que se entiende lo interpretativo de acuerdo con lo que propone (Vain, 2012) y la hermenéutica según (Planella, 2005) ver figura 1.

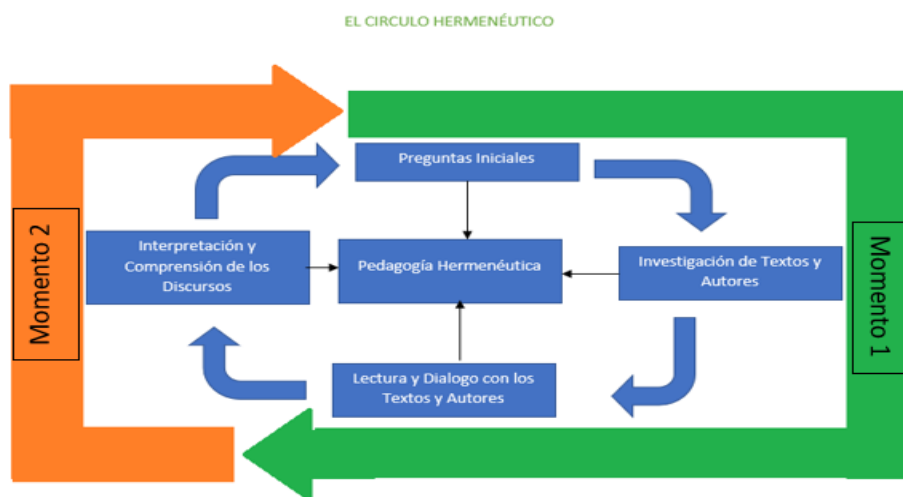


Figura 1 Roa,D; Ochoa,L & Muñoz L (2018) adaptado de Círculo Hermenéutico. Tomado de (Planella, 2005)

**Momento 1:**

**Fase 1 Preguntas Iniciales:** En esta fase se articula el trabajo a partir de una pregunta de investigación general; ¿Cómo conciben los profesores en formación el concepto de estructura Química y su relación con las propiedades? La finalidad de dicha pregunta se encontró enfocada a la validación y pertinencia de las categorías de análisis suscitadas o definidas durante la fase 3.

**Fase 2 Revisión de textos y autores:** En esta fase se estableció la metodología para la selección y evaluación de fuentes de información que permitiera recopilar y depurar el contenido de textos y autores para establecer un diálogo con los mismos y en fases posteriores generar unas categorías de análisis.

**Fase 3 Lectura y diálogo con los textos y autores:** En esta fase se delimitan las categorías de análisis para este trabajo de investigación desde el enfoque didáctico. Ver Tabla 1.

Tabla 1: Características didácticas del concepto de estructura

Matriz criterios Didácticos				
#	Autor (es)	Criterio	Definiciones	Subcategoría
1	Talanquer (B) (2010)	Propiedades Emergentes	Propiedades o procesos que resultan de la interacción entre sus partes, pero difiere de las propiedades características de los componentes individuales.	Propiedad aditiva: Producto de la suma de sus constituyentes. *Propiedad Hereditaria: Propiedades invariantes de un grupo funcional u otro que dota a la molécula formada por ellos la misma propiedad que su constituyente.
2	Mónica Cerro & Gabriel Merino (2009)	Estructura dinámica y estáticas	La concepción de estructura de las moléculas es casi siempre asociada a estructuras rígidas, sin embargo, existen estructuras en las que las distancias de los enlaces permiten una flexibilidad y los mismos enlaces no son permanentes, por lo cual las concepciones de estructura deben ser pensadas de forma dinámica y que se encuentra en constante cambio	
3	Galagosvsky et All (2003)	Niveles escalas y dimensiones	<b>Nivel Macroscópico:</b> Corresponde a las representaciones mentales adquiridas a partir de la experiencia sensorial directa (a través de los sentidos) <b>*Nivel Submicroscópicos:</b> Representaciones abstractas, modelos que tiene en su mente un experto asociado a esquemas o partículas <b>*Nivel simbólico:</b> Involucra formas de pensar conceptos químicos mediante fórmulas, ecuaciones químicas,	la autora se basa en diferentes tipos de lenguaje <b>lenguaje verbal:</b> su variación es oral y escrita pero solo el uso de este lenguaje favorece lo memorístico <b>lenguaje gráfico:</b> Para representar esquemas de partículas o bien variables en coordenadas de reacción Etc. <b>lenguaje formal:</b> es aquel que utiliza formulas ya sean estas matemáticas o químicas <b>lenguaje visual:</b> Es las representaciones que podemos hacer de los objetos de la realidad por medio de los sentidos.

			expresiones matemáticas, gráficas, definiciones. <b>Nivel semi particulado:</b> Un proceso erróneo entre el nivel macroscópico y submicroscópico	
	Vicente Talanquer (B) (2010)		Relaciones entre la gran variedad de modelos submicroscópicos para describir, explicar o predecir la estructura y propiedades de la sustancia en diferentes escalas.	Triplete Químico Nivel Macroscópico Nivel microscópico Nivel Simbólico
4	Agustín Aduriz Bravo & Mercè Izquierdo 2009	Modelo como representación	Sustituto del sistema real estudiado que por complejidad representa el sistema solo en los elementos esenciales de interés (Representación.)	
	Hoffman e Lazlo (1991) citado por LIZ MAYOLY MUÑOZ ALBARRACÍN 2012		La representación en química son metáforas, modelos y constructos teóricos que surgen de la interpretación que hacen de la naturaleza de la realidad. Al estudiar las fórmulas, las estructuras, los símbolos utilizados en la química y los dibujos de la estructura moleculares, las reacciones de las fórmulas químicas, se está estudiando teorías, leyes, conceptos de procesos culturales e ideológico.	<b>*Representaciones icónicas:</b> son signos icónicos que reproducen algunas percepciones del objeto, una vez seleccionadas por medio de códigos de reconocimiento y anotadas por medio de conversiones gráficas. <b>*Representaciones mentales:</b> ayudan de una manera peculiar de representar cierta realidad (como lenguaje, objetos, etc.) siendo modelos de esta realidad, según determinadas restricciones.

Fuente :Roa,D; Ochoa,L & Muñoz L (2018)

**Momento 2:**

Como preámbulo para la fase 4 y fruto de la reflexión desencadenada de las fases 1,2 y 3 se generan y formulan las actividades pertinentes de recopilación de la información descritas en la Tabla 2.

Tabla 2: Descripción y clasificación de actividades según las categorías de análisis.

Tipo de actividades (Sanmarti, 2016)	Actividad	Descripción	Categoría de análisis (#pregunta)
Actividad introductoria.	Solubilidad: fenol-agua y propanol-agua	Se presenta una situación de solubilidad entre propanol y fenol con agua, en esta pregunta se busca evidenciar si en el modelo mental y el lenguaje propio de los estudiantes existe una relación entre estructura, grupo funcional, variables de temperatura, proporción y la propiedad específica (solubilidad), para poder evidenciar los diferentes niveles, escalas y dimensiones que los docentes en formación utilizan al representar la estructura Química.	(1). Propiedades emergentes
			(2). Niveles escalas y dimensiones, Lenguaje y Modelo como representación.

Tipo de actividades (Sanmarti, 2016)	Actividad	Descripción	Categoría de análisis (#pregunta)
Actividad de síntesis Primera parte	Historia del nylon	En esta actividad se presenta una reacción de formación de benceno y se le solicita a los docentes que apoyados en la reacción, expliquen la formación de un nuevo producto.	(1) Escalas, niveles y dimensiones. Lenguaje
		La pregunta siguiente consiste en el uso de materiales para hacer la representación del ciclohexano y el benceno; Los materiales fueron bolas de icopor, cauchos, cartulinas, alfileres, plastilina, palillos y no se dieron indicaciones específicas para que las representaciones que se construyeran evidenciaran las ideas propias de los docentes.	(2) Modelo como representación.
		El numeral 3 consistió en una pregunta acerca de si el benceno y el ciclohexano poseen las mismas propiedades.	(3) Propiedades emergentes
Actividad de síntesis Segunda parte	Confórmeros del ciclohexano	A partir de las estructuras de silla y bote del benceno se pregunta la razón por la cual se piensa que estas dos estructuras existen en la naturaleza; en esta parte del trabajo, se discute la importancia del reconocimiento del dinamismo de las estructuras producto de interacciones energéticas que les confieren estabilidad. El numeral siguiente presenta un diagrama en el que se presentan los confórmeros del ciclohexano, a partir de este, se pregunta cuál es la estructura más estable y que se explique la respuesta. La razón de presentar un diagrama en el instrumento obedece a mostrar la estructura cambiante o lábil, que presenta todo el proceso debido a factores energéticos.	Estructura dinámica o estática
Actividad de Generalización	Nailon 6 Vs Nailon 6,6	La primera parte del trabajo consiste en tres preguntas introductorias a la estructura del nylon, la primera de ellas pide que se explique la relación que existe entre propiedades y estructura química, esta busca establecer la relación existente entre propiedades y estructura, la segunda pregunta pide analizar el caso de dos estructuras similares de nylon, esta pregunta busca encaminar el análisis de las estructuras de nylon presentadas, en cuanto a similitudes, para dar paso a la tercera pregunta que relaciona directamente dichas similitudes con las diferencias en propiedades.	(a) Propiedades emergentes
		Las siguientes dos preguntas buscan recoger el análisis realizado por los docentes en formación, para identificar o relacionar la estructura presentada con el tipo de nylon, sus aplicaciones y sus propiedades.	(b y c) Niveles escalas y dimensiones
			(7) Niveles escalas y dimensiones

Fuente :Roa,D; Ochoa,L & Muñoz L (2018)

**Fase 4 Interpretación y comprensión de los discursos:** Los resultados obtenidos en este punto fueron cotejados frente a las categorías de análisis para delimitar tendencias en las respuestas en una muestra representativa de 9 grupos de profesores en formación, la identidad de los docentes se mantendrá de forma anónima al asignar una denominación numérica [PF1, PF2...PF9].

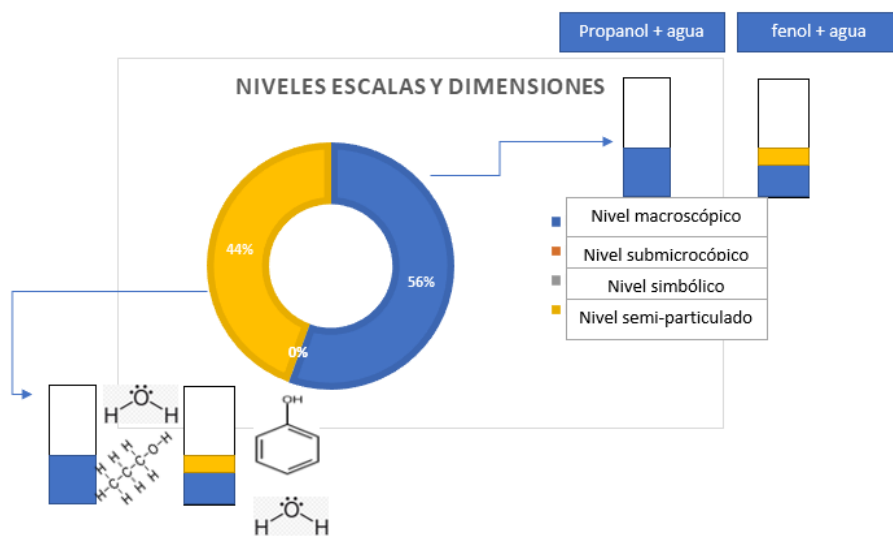
## Resultados y discusión

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cada una de las actividades aplicadas. Los resultados evidenciaron las tendencias acerca de las nociones de estructura que tienen los profesores en formación.

### 1. Actividad Introdutoria: Problemas de solubilidad.

La Gráfica 1 y 2 evidencia los resultados obtenidos en la actividad introductoria, donde los principales criterios didácticos o categorías de análisis fueron las propiedades emergentes, Niveles escalas y dimensiones, lenguaje y modelo como forma de representación.

Gráfico 1 Representaciones recurrentes de los docentes en formación acerca del problema de solubilidad.



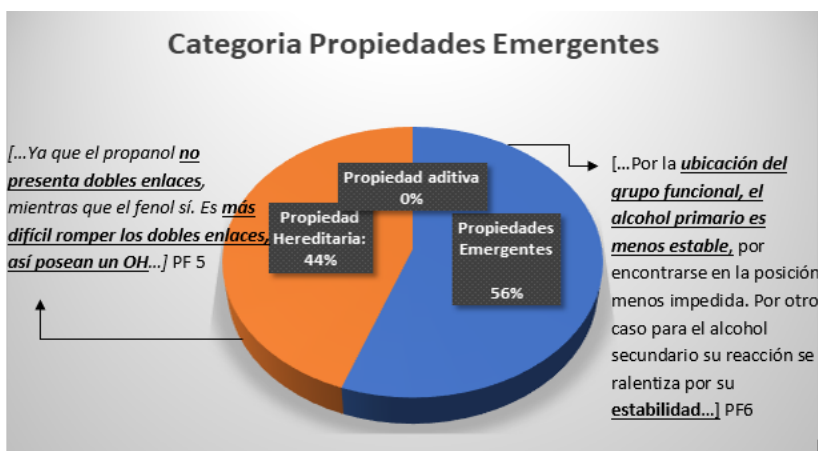
Fuente :Roa,D; Ochoa,D & Muñoz L (2018)

Cerca del 56% de la muestra estudiada recurren a representaciones que no se enmarcan en un nivel microscópico y simbólico para explicar el fenómeno de la solubilidad, hecho que se esperaría de docentes en formación en mitad de carrera con cierto dominio formal en el lenguaje propio de la disciplina, sino que se remiten a un nivel macroscópico apoyado en sus sentidos. Así mismo, el 44% de los docentes recurren a representaciones enmarcadas en un nivel semi-particulado que corresponde a un subnivel intermedio en el nivel macroscópico y submicroscópico (Galagovsky et al, 2003) considerado ineficiente para ambos casos o erróneo.

En el siguiente gráfico se ilustran dos comentarios que fueron realizados por los docentes en formación 5,6 (PF5 y PF6) y a partir de los cuales se evidencian algunas nociones de emergencia, En ellos se evidencia que los docentes en formación asignan una propiedad de una parte constituyente de una molécula a un todo material (miles de moléculas que interactúan

entre sí); no existe una concepción clara de propiedades que surgen de las interacciones entre las partes de una estructura de una molécula, con las propiedades que surgen entre estructuras de miles de moléculas ,propio de una sustancia o material.

Gráfico 2. Tendencias de respuesta en los docentes en formación en el caso de solubilidad. Categoría de propiedades emergentes.



Fuente :Roa,D; Ochoa,D & Muñoz L (2018)

Una propiedad emergente como la solubilidad, es emergente en cuanto se explica a partir de las interacciones que surgen en todos los casos siguientes:

1. Interacciones de una molécula de sustancia a otra molécula de sustancia.
2. Interacciones de una molécula de sustancia y a una molécula de solvente
3. Interacciones entre los miles de moléculas de la sustancia.
4. Interacciones entre los miles de moléculas del solvente.
5. Interacciones entre los miles de moléculas de sustancia y los miles de moléculas de solvente.

De acuerdo a lo anterior es evidente que la comprensión de una propiedad que es emergente, requiere de un análisis riguroso, que abarca la estructura de la sustancia, las interacciones que surgen entre sus miles de moléculas constituyentes y las interacciones de las mismas con un solvente de igual o distinta naturaleza. Este análisis para explicar una propiedad desde la estructura es evidente para el 56% de los docentes en formación, aunque no es posible afirmar que el análisis contemple todos los aspectos físicos y químicos del caso, puede decirse que existe una relación evidente entre estructura y propiedad para ellos, más no necesariamente una relación de propiedad estructura y escala en la que se enmarque la estructura estudiada.

Sin embargo, en el 46% de los docentes en formación prevalece la idea de propiedad hereditaria, en las que se atribuye un comportamiento de una sustancia a la presencia de un doble enlace o un grupo funcional, sin tener análisis de la estructura



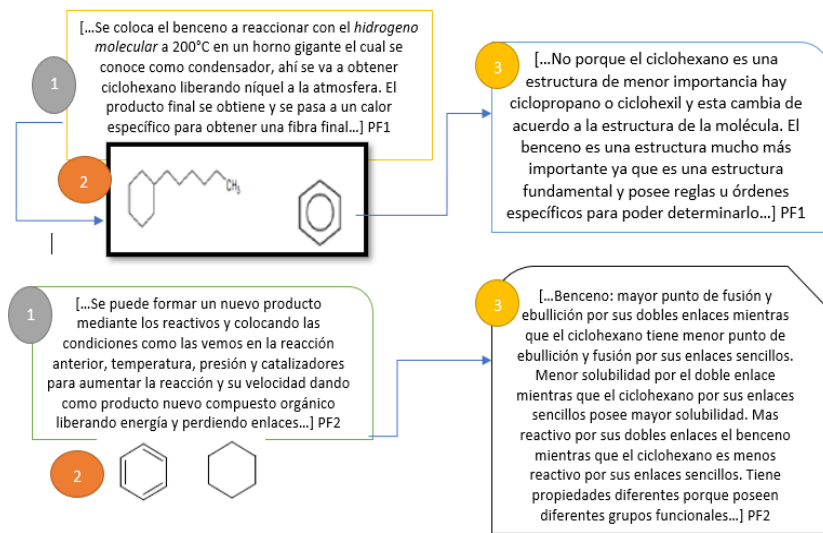
total de la misma. Las respuestas de los Profesores en formación 5 y 6, que se presentan en el gráfico, evidencian la presencia de ideas alternativas en las que existe una dificultad en la diferenciación entre un fenómeno físico (solubilidad) y uno químico, en el que necesariamente existe un cambio de estructura en la sustancia y por ende de sus propiedades. Estos profesores tienen una idea alternativa de que una sustancia es más estable entre mayor número de enlaces dobles presente, o que dicha estabilidad se debe a la posición que ocupe un grupo funcional dentro de una estructura. Se les dificulta hacer distinciones entre un alcohol y un fenol, que aunque son series homólogas, no son el mismo grupo funcional y los niveles de representación que manejan corresponden a un nivel macroscópico, podría decirse que para ellos, un comportamiento se asocia a la presencia de enlaces sencillos y dobles, pero no a interacciones moleculares u otros.

Este hecho puede deberse a que los docentes en formación no se les permite construir sus propios modelos, por lo cual recurren a modelos usados en los libros que no adquieren sentido para ellos. De allí, la fragmentación entre el discurso que manifiestan a través del lenguaje verbal y escrito, con el lenguaje simbólico que representan.

## 2. Actividad de síntesis 1

Las categorías de análisis propuestas para esta actividad de síntesis, corresponden a las escalas niveles y dimensiones definida en la matriz de los criterios didácticos. Los resultados del numeral 1 de esta actividad se encuentran encaminados a evidenciar si los docentes en formación son capaces de generar explicaciones entre los niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico o si por el contrario se refieren solo a uno de ellos para dar cuenta de un proceso. El numeral 2 por su parte buscó evidenciar de forma concreta los tipos de modelos de representación a los que los docentes en formación recurren para dar cuenta de una estructura química. El numeral 3 se enfoca hacia la categoría de propiedades emergentes, en un caso particular como es el benceno y el ciclohexano.

Gráfico 1. Algunos resultados obtenidos por partes de los profesores en formación en la actividad de síntesis





Las respuestas obtenidas en la pregunta número 1 presentan la generalidad de moverse en el nivel macroscópico, si bien a través de una ecuación química (nivel simbólico) se trata de enunciar un proceso, ésta por sí sola no explica el mismo. La formación de un nuevo producto se da por sentada al nombrar de manera indiscriminada la sumatoria de unos reactivos que derivan en unos nuevos productos, se evidencia la dificultad de relacionar la función de un catalizador en una reacción porque este “no interviene”, “no interactúa” o simplemente “desaparece” liberándose a la atmósfera. El catalizador es entendido como un acelerador, pero no como un mediador en la velocidad de reacción. Así mismo un proceso como el propuesto no es entendido como sucesión de pasos sino como un fenómeno instantáneo. Cabe resaltar, que una ecuación no enuncia un proceso unidireccional, por este motivo, se evidenció que para los docentes en formación se les dificulta entender que dicho fenómeno puede ocurrir de acuerdo a términos energéticos. A pesar de que todos los grupos se les presentó la misma ecuación química, la interpretación de la misma es variable; el análisis realizado por los docentes en formación a partir de la ecuación presentada no permite extraer una comprensión del proceso en tanto sus discursos (Lenguaje verbal, lenguaje formal, lenguaje simbólico) no explican la manera en cómo se forma un nuevo producto, en términos de deslocalización de electrones (lenguaje gráfico). Aunque la población objeto de estudio no cuente con el conocimiento sobre mecanismos de reacción, podría proponer modelos propios que expliquen dicho proceso desde un nivel microscópico y/o simbólico.

Las respuestas dadas a la pregunta número 2 evidencian que, en las representaciones construidas por los docentes en formación, en su gran mayoría, se refirieron a un solo plano, bajo este tipo de representaciones no es posible indagar si el docente conoce que una estructura también se explicita en el espacio 3D y que ello es más cercano a la realidad que explica gran mayoría de las propiedades de una sustancia. Sin embargo, a pesar de contar con materiales tridimensionales, ningún docente en formación, construye una estructura que salga del plano 2D, resultaría interesante indagar por qué los docentes en formación recurren a los mismos tipos de representaciones, si existen otras formas de representación que dan cuenta de estructuras flexibles, en las que se explicitan las interacciones que se suscitan en un conformero en el caso del ciclohexano. Quizás se evidencia un aprendizaje memorístico en el que no se reconoce en los materiales proporcionados (cauchos), la posibilidad de construcción de moléculas que cuenten con una distribución espacial o una conformación, que permita modelar de una manera más sencilla nociones de torsión, tensión angular, ángulos de enlace. Las dimensiones que se explicitan en las estructuras construidas, son el espacio interno 3d (volumen de los átomos) y naturaleza continua (átomos).

En cuanto a la pregunta número 3, los docentes en formación, explican que, debido a la presencia de los dobles enlaces en el benceno y los enlaces simples presentes en el ciclohexano, las propiedades de los mismos deben ser distintas. Los docentes otorgan una importancia al tipo de enlace que para ellos explica una propiedad como una noción de herencia y no es claro para ellos, la noción de propiedad emergente que se suscita a partir de la interacción de sus partes (átomos) en un sistema (estructura de una molécula) que hace parte de otro sistema (sustancia).

### 3 Actividad Síntesis 2: Historia del Nylon a partir de la hidrogenación del benceno.

En cuanto a las respuestas obtenidas encaminada hacia la categoría de análisis de estructuras dinámicas y estáticas definidas en la matriz de criterios didácticos y recogiendo lo expresado en la anterior pregunta, los docentes conciben estas estructuras independientes una de otra. No conciben un proceso energético en la que la estructura del ciclohexano puede transformarse constantemente por acción energética, por lo que podría decirse que la concepción que tienen de estructura es estática, hecho que implica una concepción simplista y sesgada de la disciplina.

#### 4. Actividad de finalización: Nylon 6 vs Nylon 6,6

Las respuestas de los profesores en formación encontradas en la pregunta (a) acerca de la relación entre la estructura y sus propiedades, se pueden enmarcar en una propiedad que emerge de la estructura y que se construye a través de las interacciones entre átomos, entre moléculas y en una fibra.

Sin embargo, cabe denotar que los docentes en formación, extrapolan una propiedad desde los microcomponentes de la estructura o unidad básica, en este caso un monómero, pero no desde la estructura producto del conjunto de miles de unidades básicas que conforman la fibra como polímero, es decir el macro sistema (Lombardi; Perez ;, 2010) que en últimas, sí explica las propiedades de resistencia y dureza como propiedades que emergen de todo el conjunto; de forma similar a como lo expresa Mortimer 2007 en (Izquierdo M. , 2018), para explicar las propiedades de una sustancia, una sola molécula de la misma no tiene las propiedades de la sustancia concreta. Es decir, que la representación de un solo monómero, se asocia a la estructura del polímero y con ella se determinan sus propiedades. Si bien se sabe que un monómero es la base bajo la cual se construye un polímero, es necesario explicar que la estructura física y química del mismo, así como las propiedades que surgen desde ellas, no solo se explican desde el orden de los átomos sino también de las condiciones de síntesis o alteraciones mecánicas en el proceso de fabricación del polímero.

Las dos últimas preguntas (7 y 7.1) se refirieron al análisis directo de 3 propiedades específicas del nylon 6 y nylon 6,6 con respecto a la estructura presentada de cada material, estas preguntas fueron realizadas en la actividad de finalización para evidenciar de forma más explícita y contundente el diálogo entre niveles que los docentes deben realizar para explicar un fenómeno como el presentado y que en últimas es propio de un estudiante experto a diferencia de uno novato. Como lo enuncia Vicente Talanquer “el uso de suposiciones de herencia y aditividad para construir explicaciones y hacer predicciones es característico de estudiantes novatos, con una visión estática del mundo submicroscópico” (Talanquer (B), 2010, pág. 13)

#### Conclusiones

La enseñanza de este constructo debe partir desde un diálogo entre niveles, escalas y dimensiones, así como también, los recursos de modelaje para la representación del mismo y los lenguajes bajo los que se explica dicho constructo, deben ser explícitos en cuanto a sus limitaciones. El conocimiento adecuado de dichas limitaciones deriva en una concepción más cercana al modelo que la ciencia entiende como estructura para que ésta aporte identidad y sentido.

El dominio que presentan los docentes en formación en cuanto a niveles, escalas y dimensiones es reducido a un nivel macroscópico, presentan dificultades para comprender y emitir juicios de valor desde los conceptos aprendidos que se encuentran en un nivel microscópico y simbólico frente a un material que presenta propiedades emergentes. Los docentes en formación, le otorgan al enlace, cantidad de ellos o su naturaleza, una mayor importancia que a la estructura producto de interacciones que se enmarcan en un nivel microscópico (una sola molécula) a macroscópico (miles de moléculas).

La enseñanza de la estructura no puede ser abordada bajo una sola forma de modelización, se debe entender que este es un sustituto idealizado del sistema real, por lo que el estudiante debe aprender a reconocer las limitaciones de los mismos (estructuras dinámicas). Sin dicho reconocimiento los docentes en formación no pueden dar explicaciones propias a diferentes fenómenos que no se enmarquen bajo esos modelos y desconocerán otros que los modelen de forma más cercana a la realidad, la idea de ciencia llevada a aula es por tanto deformada. Es necesario que los docentes en formación o los

**Lema.**

¿Cuál educación científica es deseable frente a los desafíos en  
nuestros contextos latinoamericanos? Implicaciones para la  
formación de profesores.

estudiantes tengan la oportunidad de crear sus propias modelizaciones antes de ser introducidos en los modelos establecidos por la ciencia, para que estos adquieran sentido para ellos y se entienda la naturaleza de los mismos.

## Referencias

- Cerro & Merino, M. G. (Abril de 2009). Moléculas sin esqueleto? La oportunidad perfecta para revisar el concepto de estructura molecular. *Didáctica de la química*, 20(2), 20-27. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-893X2009000200013](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2009000200013)
- Galagovsky, L., Rodríguez, M., Stamatí, N., & Morales, L. (2003). Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de la ciencia naturales. Un ejemplo para el aprendizaje del concepto de Reacción química a partir del concepto de mezcla. *Enseñanza de la ciencias*, 21(1), 107-121. Obtenido de <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21898>
- Izquierdo, M. (30 de Marzo de 2018). *Los Profesorados de exactas*. Obtenido de CCPEMS; Comisión de carreras de profesorado de enseñanza media y superior : <http://www.ccpems.exactas.uba.ar/biblio/Modelos%20y%20Lenguajes.pdf>
- Johnstone, A. (2000). Teaching of chemistry-logical or psychological? *Chemistry Education*, 9-15. Obtenido de Research and practice in Europe.
- Lombardi; Perez, J. (2010). En defensa de la autonomía de la química frente a la física. Un problema filosófico. En J. A. Chamizo, *Historia y Filosofía de la Química Aportes para la enseñanza* (págs. 195-209). México: Siglo XXI editores.
- Muñoz, L. (30 de Junio de 2012). *Aportes da filosofia da ciência na formação inicial de professores de química e a mobilização do saber e do saber fazer na construção das representações científicas*. Obtenido de Repositório Institucional UNESP: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/102033?locale-attribute=es>
- Planella, J. (2005). Pedagogía y Hermenéutica. Más allá de los datos en la educación. *Iberoamericana de Educación*, 2-11.
- Roa, D., Ochoa, L., & Muñoz, L. (2018). *Concepto de estructura como constructo aportante a la identidad y autonomía de la Química desde*. Bogotá : Repositório Universidad Distrital Francisco José de Caldas .
- Sanmartí, N. (2016). *Enseñar y Aprender Ciencias*. Barcelona: Alambique. Obtenido de <http://www.pedagogiapucv.cl/wp-content/uploads/2017/07/Ense%C3%B1anza-de-las-Ciencias-Neus-Sanmart%C3%AD.pdf>
- Talanquer (A), V. (2010). Química Agazapada. En J. A. Chamizo, *Historia Y filosofía de la química. Aportes para la Enseñanza* (págs. 142-156). México: Siglo XXI.
- Talanquer (B), V. (2010). Construyendo puentes conceptuales entre las varias escalas y dimensiones de los modelos químicos. *Educación Química EduQ.*, 11-18. doi:11-18. doi:10.2436/20.2003.02.35
- Vain, P. D. (2012). El enfoque interpretativo en investigación educativa: Algunas consideraciones teórico - Metodológicas. *Revista de Educación*, 37-45.



Bogotá, 13 a 15 de octubre de 2021  
Modalidad On Line – Sincrónico

Revista *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*. Año 2021. Número Extraordinario. ISSN impreso 0121-3814. E-ISSN 2323-0126.  
Memorias del IX Congreso Internacional Sobre Formación de Profesores de Ciencias.

Lema.

¿Cuál educación científica es deseable frente a los desafíos en nuestros contextos latinoamericanos? Implicaciones para la formación de profesores.

---

Villaveces, J. L. (2014). *La enseñanza de la estructura de los átomos y de las moléculas*. Bogotá: Grupo de Química Teórica Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <http://www.ccpems.exactas.uba.ar/biblio/Modelos%20y%20Lenguajes.pdf>