



Caracterización sobre explicaciones de docentes en servicio acerca de la noción científica de disolución

Characterization on explanations of teachers in service about the scientific notion of dissolution

Mario Roberto Quintanilla-Gatica^{1*} y Marcelo Eduardo Mercado Baeza¹

Recepción: 21/12/21

Aceptación: 13/05/22

Resumen

En este trabajo presentamos y discutimos las directrices teóricas y metodológicas de una experiencia experimental con profesorado de ciencias en ejercicio de diferentes establecimientos educacionales de Chile, que tuvo por finalidad identificar y caracterizar las explicaciones sobre el modelo de disolución a partir de la elaboración de narrativas personales. Ello durante un curso de desarrollo profesional docente en el que se propició la reflexión sobre la relevancia del lenguaje en la interpretación de los fenómenos experimentales. Los resultados dejan en evidencia la coexistencia de tipologías diversas de explicación científica en tres niveles: el microscópico, el macroscópico y el simbólico, que se expresa en la emergencia de cuatro perfiles explicativos sobre el fenómeno de la disolución, lo que se debería en parte a la diversidad del profesorado que participó en el estudio, conocimiento restringido de la relevancia del lenguaje para comunicar ideas científicas y un acentuado énfasis en los procesos descriptivos y microscópicos acerca de las disoluciones.

Palabras clave

Explicación, formación docente, disoluciones.

Abstract

In this paper, we present and discuss the theoretical and methodological guidelines of an experimental experience with practicing science teachers from different educational establishments in Chile, which aimed to identify and characterize the explanations of the dissolution model based on the elaboration of personal narratives. This was done during a teacher professional development course in which reflection on the relevance of language in the interpretation of experimental phenomena was encouraged. The results reveal the coexistence of diverse typologies of scientific explanation at three levels: microscopic, macroscopic, and symbolic, which is expressed in the emergence of four explanatory profiles on the phenomenon of dissolution, which is partly due to the diversity of the teachers who participated in the study, restricted knowledge of the relevance of language for communicating scientific ideas and a strong emphasis on descriptive and microscopic processes about dissolutions.

Keywords

Explanation, teacher training, dissolutions.

¹ Facultad de Educación Universidad Católica de Chile, Chile. * mquintag@uc.cl

Introducción

Sutton nos aproxima a la relevancia del lenguaje de la ciencia en los procesos de enseñanza y aprendizaje, profundizando las relaciones entre lenguaje, historia de las ciencias y enseñanza. Propone un profesorado que sea gestor de la actividad y de la discusión, más allá de un experto transmisor de contenido, buscando “provocar el pensamiento, animando a los estudiantes para que entren en los patrones de razonamiento y en los patrones de lenguaje que han sido desarrollados por ciertos grupos de la comunidad científica y para que luego hagan explícita su propia comprensión de las nuevas ideas.” (Quintanilla, 2020; Sutton, 2003, p. 21).

Dentro del marco de la actividad científica escolar (Izquierdo, 2007) nos interesa promover el desarrollo de Competencias de Pensamiento Científico (CPC) en el estudiantado. Pese a que las CPC se han conceptualizado desde las más diversas direcciones epistemológicas y presentan una naturaleza elusiva, nuestro intento ha estado dirigido a conformar una representación de éstas que no se limita a determinar la manera de hacer, sino a poner de manifiesto las cualidades de lo que hemos denominado *sujeto competente en ciencias* (SCC). Desde nuestra mirada, el SCC se constituye como un actor capaz de identificar situaciones polémicas (u obstáculos) en la clase de ciencias y de abordarlas con los recursos propios en la gestión del conocimiento y aprendizaje científicos. Desde esta consideración la CPC emerge como un atributo del estudiante determinado por una actuación permanente y sistemáticamente dirigida por el profesorado con la finalidad de poner de evidencia el sustrato personal del actuar competente, valorando y evaluando la manera en que los distintos sujetos identifican, enfocan y resuelven las situaciones a que se enfrentan ya sea en su proceso de aprendizaje formativo o en su desarrollo profesional (Quintanilla, 2022). Se trata, en este caso de una acción del docente hacia sí mismo en su proceso de elaborar explicaciones sobre el fenómeno de disoluciones.

Práctica docente reflexiva del profesorado de ciencias y promoción de habilidades cognitivo-lingüísticas

La imagen de ciencia, su naturaleza, finalidades, métodos y lenguajes especializados, influyen u orientan acciones e ideas sobre el ejercicio profesional del profesorado de ciencias (Malvárez et al, 2018) estableciéndose vinculaciones con modelos didácticos de enseñanza y también de aprendizaje, formas de considerar y valorar el lenguaje, el desarrollo de los sujetos que aprenden, diseños que organizan contenidos específicos, actividades para el aprendizaje y sus formas de evaluación (estrategias e instrumentos). El profesorado en sus acciones educativas transfiere y modela, con su lógica y visión propia el lenguaje (científico y cotidiano) basándose en sus experiencias tanto de desarrollo profesional como extra-profesional, *modelos de racionalidad científica* en cuanto a las prácticas y formas de promover habilidades cognitivo-lingüísticas como la explicación (Velandia, 2016).

Nuestros aportes a esta línea de investigación (FONDECYT 1070795, 1095149, 1110598, 1150505, AKA03, AKA04) han permitido delimitar qué CPC debiera desarrollar el estudiantado y el profesorado de ciencias en formación y en servicio ya sea en el contexto preescolar y escolar, como en la enseñanza primaria y secundaria; diseñar e implementar secuencias de enseñanza aprendizaje (SEA) de diversos contenidos científicos, así como diseñar y validar estrategias de evaluación que permiten caracterizar de qué manera el estudiantado va desarrollado y

profundizando en estas CPC (Orellana et al 2018; Quintanilla et al, 2014; Quintanilla et al 2018; Quintanilla et al, 2020). Estas investigaciones nos ha permitido dar cuenta de los diversos *modos de pensar, actuar y hablar* que estudiantado y profesorado ponen en juego a la hora de (re)construir significados científicos en la clase de ciencias como la explicación y cómo ello se traduce en procesos de aprendizaje de nivel superior.

Tipos de explicaciones científicas escolares

La explicación científica entre otras perspectivas teóricas es definida por Gilbert, Boulter y Rutherford (2000) como la aplicación de una ley (entendida como generalización universal) bajo condiciones establecidas que predice, ya sea de manera determinista o probabilística, el comportamiento de un fenómeno (Jiménez, A & Puig, B., 2010). Así mismo, establecen cinco categorías de explicación: descriptiva, causal, predictiva, interpretativa e intencional; en esta investigación y en atención al modelo de fenómeno seleccionado (disolución de sacarosa en agua) nos centramos en las tres primeras, las cuales se describen en la Tabla 1.

Tipo de explicación	Descripción
Descriptiva	Da respuesta a la pregunta <i>¿Cuáles son las propiedades de este fenómeno?</i> Se entiende como un resumen o descripción superficial del fenómeno observado, principalmente enfocándose en características macroscópicas y aspectos cotidianos.
Predictiva	Da respuesta a la pregunta <i>¿cómo se comportará el fenómeno en otras condiciones?</i> Se da la explicación a partir de una predicción de cómo se comportaría el fenómeno si cambian las condiciones.
Causal	Da respuesta a la pregunta <i>¿por qué el fenómeno se comporta como lo hace?</i> Se establece un vínculo de causa y efecto entre el fenómeno que está ocurriendo y las características de las entidades que participan.

TABLA 1. Tipos de explicación propuestos por Gilbert et al, (2000).
 Fuente: Mallea et al. (2021).

El modelo teórico ‘disoluciones’ y la formación del profesorado

La palabra disolución la utilizamos y oímos a diario en nuestro quehacer cotidiano, ya que forma parte de variadas situaciones en que nos podemos ver enfrentados como lo es preparar un café, la publicidad de productos químicos en algún medio de comunicación, entre otros. Pero cuando ese concepto se lleva a un contexto científico, las ideas previas que se tienen suelen ser contraproducentes con el conocimiento disciplinar (Gómez et al., 2004). Dentro de este tópico de las disoluciones, una piedra de tope son los conceptos que hay que manejar previamente para lograr apropiarse de lo que las disoluciones involucran (Valdez et al, 1998). Cervellini y otros (2004) han evidenciado en su investigación acerca de las disoluciones, que estas ideas previas o intuitivas del estudiantado son persistentes, lo cual dificulta la adquisición del conocimiento científico.

En relación con el profesorado de química, las investigaciones didácticas han dejado en evidencia errores acerca de las concepciones sobre las disoluciones en general, y de las electrolíticas en particular; errores como consecuencia de las experiencias escolares anteriores (Nappa et al., 2005; Jiménez et al., 2003). Para De Berg (2003), uno de los obstáculos epistemológicos evidenciados en estudios desarrollados sobre las concepciones muestra que muchos de esos errores provienen de las diferencias entre las explicaciones elaboradas a partir de las percepciones sensoriales del profesorado y del estudiantado, así

como de las explicaciones elaboradas a partir de los modelos admitidos por los científicos sobre las disoluciones (Sanabria, 2009). Una dimensión de las ciencias que tendría un papel fundamental en este proceso de apropiación teórica y comprensión sobre los fenómenos en química serían los aportes desde la historia de la química y la epistemología, que instalan una reconstrucción histórico-social sobre el concepto de disolución que el profesorado escasamente conoce (Chamizo y Gutiérrez, 2004).

Nos parece que este trabajo, aun cuando no resulte del todo original, puede contribuir a mejorar las prácticas de enseñanza de la química en el profesorado de ciencias en ejercicio de nuestro sistema educativo y entregar orientaciones teóricas y metodológicas, aunque limitadas, al campo de estudio que nos da cabida: Las competencias de pensamiento científico.

En síntesis, en relación al marco teórico que orienta esta investigación cabe señalar que nuestra pretensión es colaborar en una propuesta formativa de desarrollo profesional docente, considerando las limitaciones que tiene, aclarando que, al ser una investigación cualitativa, su validez estadística no es un factor determinante a considerar.

Objetivo

Identificar y caracterizar en producciones o narrativas docentes las explicaciones que elaboran sobre el modelo de disolución elicitadas a partir de una actividad experimental

Metodología e instrumentos

En este trabajo exploratorio y de innovación se adopta un enfoque cualitativo con aproximación interpretativa y naturalista hacia el objeto de estudio (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). Corresponde a un diseño transaccional, porque se pretende identificar y caracterizar las competencias explicativas de profesores de ciencias naturales en ejercicio. Este tipo de diseño es de carácter explicativo parcial con una muestra no probabilística de sujetos voluntarios (Hernández y cols., 2014), específicamente 20 profesoras y profesores de ciencia en ejercicio de diferentes colegios y regiones de Chile, que imparten clases en establecimientos desde 5to básico a 4to medio (rango etario 10 -18 años) en las asignaturas de CCNN, Biología, Física y Química. La actividad fue orientada en el contexto de un curso de perfeccionamiento docente, denominado “Prácticas experimentales innovadoras para promover la argumentación y la explicación científica escolar”. Se aplicaron diferentes instrumentos de recolección de datos, en adelante llamados *dispositivos*. Para la aplicación de estos dispositivos, se siguió la agenda académica del curso que se distribuyó en 20 horas y se extendió durante 4 días en un formato estructurado con lecturas, debates, experimentos y producciones docentes. En este artículo, sólo nos referimos a uno de ellos que denotaremos D1A1). Una síntesis de la estructura formal y de los materiales y métodos utilizados durante el curso se cita en la Tabla 2.1.

Nombre del curso		Prácticas experimentales innovadoras para promover la argumentación y la explicación científica”					
Nº días	4	Profesorado participante	20	Hombres	6	Mujeres	14
Nº horas	20	Dispositivos teóricos	5	Académicos responsables			3
Actividades	30	Dispositivos experimentales	9	Dispositivo y Actividad seleccionada		D1A1	

TABLA 2.1. Participantes, materiales, métodos e instrumentos utilizados durante el curso.

Para la aplicación de los dispositivos se siguió el formato de profesionalización docente desarrollado por Quintanilla, 2007. El que consta de tres momentos direccionados teóricamente según se indica en el diagrama 1, donde se promueve un proceso continuo, dinámico y permanente en un ambiente naturalizado de formación docente (Hernández y cols., 2014).

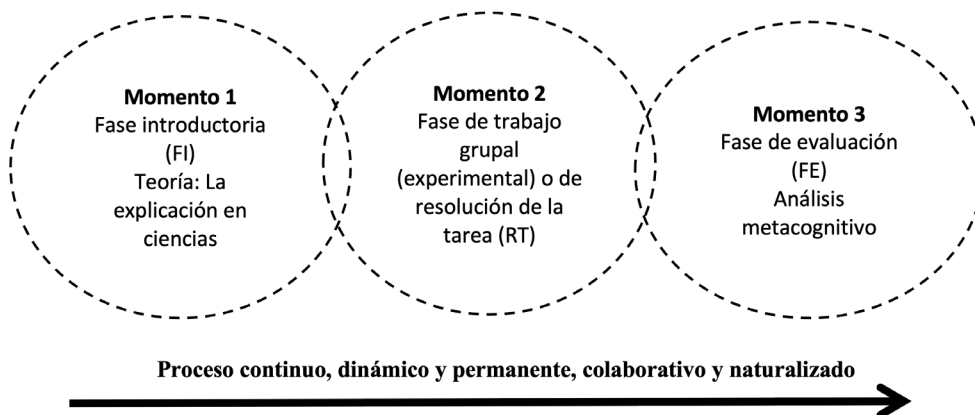
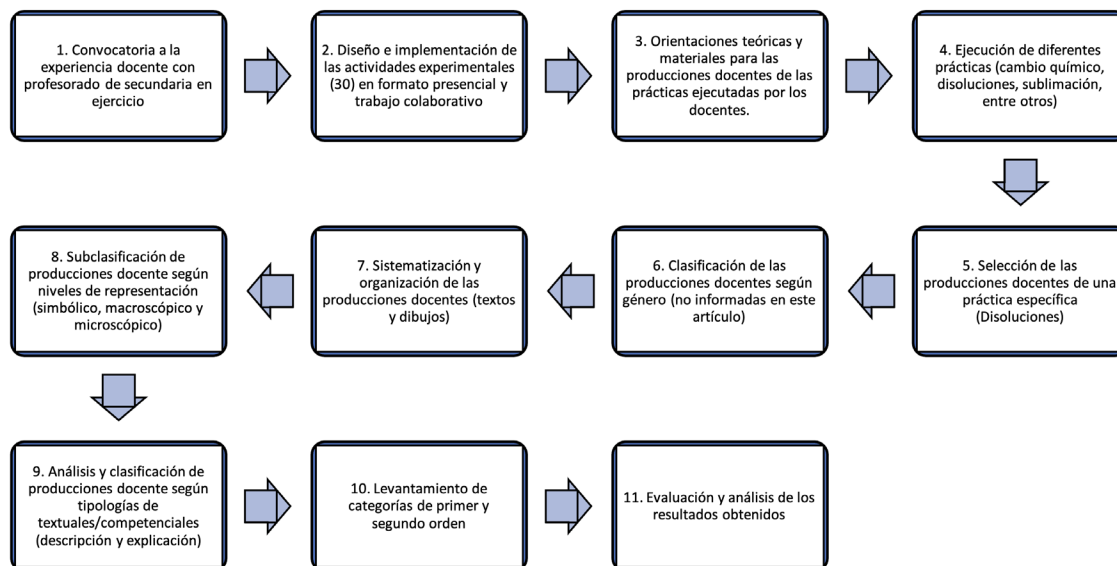


DIAGRAMA 1. Momentos direccionados según modelo de Talleres de Reflexión Docente (TRD).

Actividad Experimental (AE) Explicación científica de un fenómeno cotidiano

La AE consistió en una práctica que implicaba disolver azúcar en un vaso con agua a temperatura ambiente. Para ello la direccionalidad de la tarea consignada fue la siguiente: “Dibuje cómo usted se representa una disolución de sacarosa (azúcar común) en agua y luego explique su dibujo”. Cada profesor/a dispuso de los materiales correspondientes para efectuar la tarea en un tiempo máximo de 15 minutos y luego continuar con las otras prácticas experimentales planificadas. En este artículo, sólo reportamos las explicaciones del profesorado sobre la ‘disolución de sacarosa en agua’. Incluimos algunos dibujos representativos en cada caso cuando lo consideramos razonable y pertinente para la comprensión del análisis.

La figura 2 presenta las etapas del diseño metodológico de la investigación.

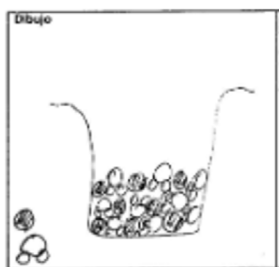


Sistematización de los resultados obtenidos

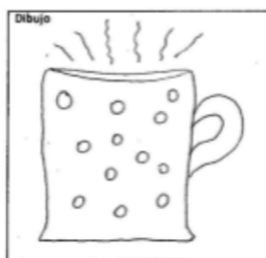
A continuación, sistematizamos y clasificamos las producciones docentes a partir de la práctica experimental orientada en el dispositivo 1 (DIA1) *Explicación científica de un fenómeno cotidiano*, considerando solamente las ‘narrativas del profesorado’ a partir de las explicaciones de sus diferentes dibujos, que ejemplificamos en algunos casos. Para efectos de estructuración de las explicaciones docentes las hemos organizado en *explicaciones docentes descriptivas (EDD)*, *explicaciones docentes predictivas (EDP)*, *explicaciones docentes macroscópicas (EDM)* y *explicaciones docentes microscópicas (EDm)* según nos orienta la literatura en este ámbito (Gilbert et al, 2000). Aclaramos que sólo compartimos algunos ejemplos textuales, considerando la totalidad de ellos en los análisis posteriores:

1-Javier	<i>1° Represento, gráficamente la molécula de agua y sacarosa y las distribuyo dentro de un vaso.</i>
5-Ximena	<i>Disolución de sacarosa. El solvente está representado por el fondo o parte blanca y las moléculas de azúcar por las esferas esparcidas en la taza.</i>
19-María José	<i>La sacarosa se disuelve en el agua a medida que revolvemos.</i>

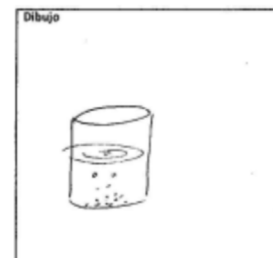
Representaciones asociadas en cada explicación



1- Javier



5-Ximena

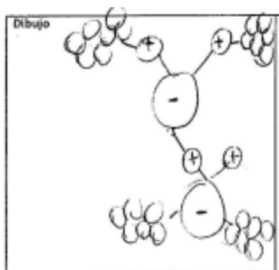


19-María José

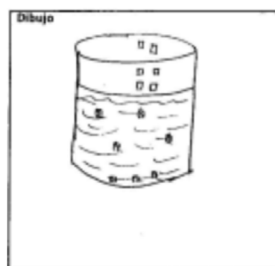
TABLA 3.1: Algunos ejemplos de explicaciones docentes descriptivas (EDD).

3-Martín	<i>Interacción intermolecular entre soluto y solvente de características covalentes. La interacción termodinámica entre s-s es mayor que solvente y solutos puros.</i>
15-Paulina	<i>El azúcar comienza a disolverse en el agua hasta formar una solución insaturada.</i>
20-Isabella	<i>Las moléculas de agua rodean a las del azúcar común permitiendo su disolución.</i>

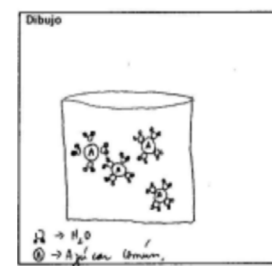
Representaciones asociadas en cada explicación



3-Martín



15-Paulina



20-Isabella

TABLA 3.2: Algunos ejemplos de explicaciones docentes causales (EDC).

8-Pía	<i>Se disuelve el azúcar en el agua revolviendo.</i>
11-Claudia	<i>En el dibujo se observa como una cucharada de azúcar de mesa se disuelve en (vaso H2O).</i>
18-Josefina	<i>Disolución homogénea donde el sólido se disuelve completamente en el disolvente agua. Suponiendo que el agua está caliente</i>

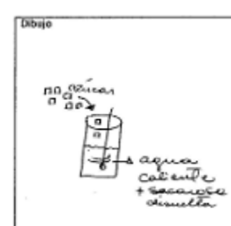
Representaciones asociadas en cada explicación



8-Pía



11-Claudia

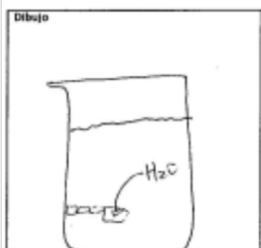


18-Josefina

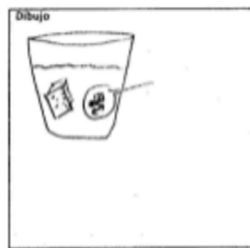
TABLA 3.3: Algunos ejemplos de explicaciones docentes macroscópicas (EDM).

9-Matías	<i>En el dibujo se representa la acción de agua (H2O) en la sacarosa, donde la primera va rompiendo los enlaces del segundo y de esto (pierde visibilidad) a simple vista.</i>
12-Ayleen	<i>Las moléculas de agua interactúan con las de azúcar logrando que estas se separen y disuelvan.</i>
16-Gisela	<i>El agua + azúcar generalmente una solución donde se representan las moléculas de azúcar disolviéndose en H2O.</i>

Representaciones asociadas en cada explicación



9-Matías



12-Ayleen



16-Gisela

TABLA 3.4: Algunos ejemplos de explicaciones docentes microscópicas (EDM).

Sistematización y categorización de las explicaciones docentes

En la Tabla 4.1 se procede a clasificar los textos explicativos y niveles de representación (Gilbert et al, 2000; Jiménez Aleixandre & Puig, 2010). Asignamos nombres de fantasía para cautelar la confidencialidad de los autores y autoras de estas.

Código y Género	Tipo de texto explicativo	Interpretación del fenómeno	Nivel de representación de la explicación
1M	Descriptivo	I	Micro
2M	Predictivo	I	Micro
3M	Predictivo	I-S	Micro
4M		Descriptivo	I

TABLA 4.1 Clasificación de los textos explicativos y niveles de representación docente.

5F	Descriptivo	I	Macro/micro
6F	Descriptivo	S-P	Macro
7F	Descriptivo	S-P	Macro
8F	Descriptivo	I	Macro
9M	Predictivo	S	Micro
10M	Descriptivo	S	Macro
11F	Descriptivo	S	Macro
12F	Predictivo	I-S	Micro
13F	Descriptivo	I-S	Macro
14F	Descriptivo	S	Macro
15F	Predictivo	S-P	Macro
16F	Descriptivo	I-S	Micro
17F	Predictivo	S-P	Macro
18F	Descriptivo	S-P	Macro
19F	Descriptivo	S	Macro
20F	Predictivo	I-S	Micro

En la Tabla 4.2 se caracterizan los datos en función de la frecuencia de los tipos de textos explicativos de cada docente, en cuanto a si se refiere a la sustancia que interactúa en este fenómeno (I), a lo que sucede con las sustancias en el fenómeno (S) y, finalmente, a lo que se produce en el fenómeno (P). En el caso de la combinación I-S y S-P, se refiere a la coexistencia de ambas explicaciones.

Observamos en la Tabla 4.1 que al menos el 40 % de las producciones escritas de las explicaciones son de carácter predictivo (8 /20) que se descompone en un 25% proveniente de respuestas de mujeres (5) y un 15% de respuestas de hombres (3). En cada categoría generada 5 profesionales orientaron su discurso escrito en esa dirección para explicar el modelo de disolución. Si nos detenemos a observar cuántos de ellos y ellas tienen un enfoque centrado en lo que interactúa, el 50% se refiere a ello (I + I-S). Si ahora centramos la mirada en aquellos que intencionan su explicación en lo que sucederá en el fenómeno descrito, el porcentaje aumenta a un 75% (I-S + S + S-P). Identificamos así 4 perfiles explicativos diferentes (Tabla 4.2).

Tipo de Perfil narrativo	Descriptor	F	(%)
I	Explicación construida en función de las sustancias que interactúan	5	25
I - S	Explicación construida en función de las sustancias que interactúan y el fenómeno (lo que sucede)	5	25
S	Explicación construida en función del fenómeno (lo que sucede)	5	25
S-P	Explicación construida en función del fenómeno (lo que sucede) y de las sustancias que se producen (o de lo que se produce)	5	25
Total		20	100

TABLA 4.2 Tipologías de perfiles explicativos de los docentes.
 F: Frecuencia

Del mismo modo en el Grafico 1 posible advertir que, enfocándonos en el nivel de representación de las explicaciones, un 70% (14/20) recurre a aspectos microscópicos para explicar el fenómeno de la disolución de sacarosa en agua. Solo un docente explica la disolución refiriéndose al nivel macroscópico y microscópico. Esto muestra una clara tendencia hacia un pensamiento más formal y complejo que a uno más concreto y visible de la explicación.

Distribución del nivel de representación del texto según género

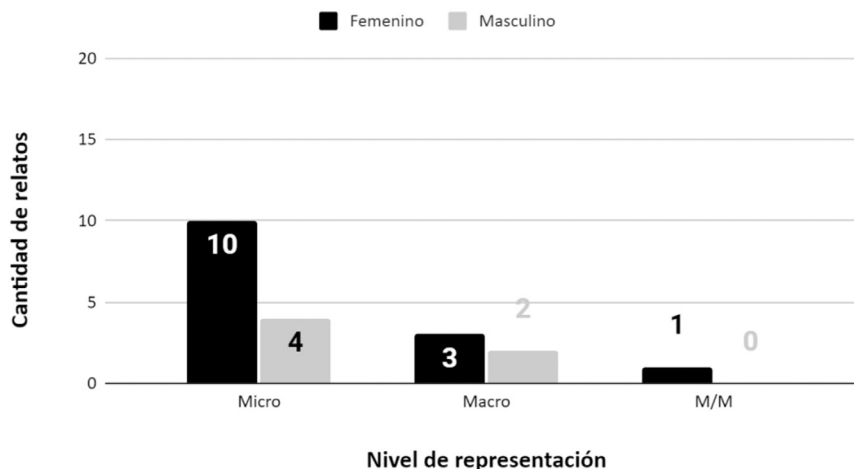


GRÁFICO 1:

Distribución del nivel de representación de las Explicaciones según género.

(Micro= microscópico; Macro= macroscópico; M/M= coexistencia de Macro y Microscópico)

Sistematización final y generación de categorías patrón

Finalmente se sistematizan las explicaciones docentes (descriptivas y predictivas) relacionando sus narrativas con aspectos científicos y cotidianos. Para ello se identifica el número de conceptos en sus estructuras textuales, a partir de lo cual identificamos en estos datos 3 tipos de narrativas: *Narrativa con tendencia competencial explicativa* (NCE→), *Narrativa sin tendencia competencial explicativa* (NSCE←) y *narrativa explicativa combinada* (NEC←→). La NCE se caracteriza por el énfasis en las nociones científicas presentes en los textos docentes (puente de hidrógeno, átomo, molécula, entre otros), independiente del tipo de explicación (descriptiva o predictiva). La NSCE de manera inversa se caracteriza por la tendencia del profesorado al uso de terminología cotidiana (azúcar, mezcla, agua) y la NEC por la configuración de explicaciones descriptivas y predictivas en diferentes niveles.

En la Tabla 5, la explicación de fenómeno se ve reflejada en la orientación competencial a partir de las nociones teóricas o de pensamiento (Toulmin, 1977) en relación a cómo se aborda un problema científico por parte de profesorado y estudiantado y que hemos dado cuenta en otros artículos similares (Carrasco et al, 2021; Quintanilla, 2020)

TABLA 5: Tendencia del profesorado entre pensamiento cotidiano y científico para orientar sus explicaciones científicas.

Notación: n (número de nociones teóricas); PC (Pensamiento Científico); pC (Pensamiento cotidiano); OC (Orientación competencial); N = Tipo de Narrativa

Código/ Docente	Pensamiento (Nociones teóricas)	n	pC	N	OC	PC	Tipo de explicación
1-Javier	Molécula, átomo, sacarosa	3	0	NCE	→	3	Micro descriptivo
2-Alonso	Polo positivo, puente de hidrógeno, radical, glucosa, fórmula química	5	0	NCE	→	5	Micro predictiva

3-Martín	Interacción intermolecular, soluto (3), solvente (3), covalente, interacción termodinámica	9	0	NCE	→	9	Micro predictiva
4-Sebastián	Sacarosa, agua (2), homogénea	4	2	NEC	⇌	2	Macro descriptivo
5-Ximena	Disolución, sacarosa, solvente, moléculas, azúcar	5	1	NCE	→	4	M/M descriptivo
6-Francisca	Azúcar (2), agua (2)	4	4	NSCE	←	0	Macro descriptivo
7-Andrea	Agua, azúcar, mezcla homogénea	3	2	NSCE	←	1	Macro descriptivo
8-Pía	Azúcar, agua	2	2	NSCE	←	0	Macro descriptivo
9-Matías	Agua (2), sacarosa (2), enlaces	5	2	NCE	→	3	Micro predictiva
10-Ernesto	Azúcar (2), agua (3), disuelve (2), concentración	8	5	NSCE	←	3	Macro descriptivo
11-Claudia	Azúcar, agua	2	2	NSCE	←	0	Macro descriptivo
12-Ayleen	Moléculas, agua, interacción, azúcar, disolver	5	3	NSCE	←	2	Micro predictiva
13-Sofía	Azúcar, vaso de precipitado, disolver	3	2	NSCE	←	1	Macro descriptivo
14-Susana	Agua, azúcar (2), disuelve	4	4	NSCE	←	0	Macro descriptivo
15-Paulina	Azúcar, disolver, agua, solución insaturada	4	3	NSCE	←	1	Micro predictiva
16-Gisela	Agua, azúcar (2), solución, moléculas, disolver, H ₂ O	7	4	NSCE	←	3	Micro descriptivo
17-Antonia	Agua (2), temperatura, disolver, azúcar (2), disolución homogénea	7	4	NSCE	←	3	Micro predictiva
18-Josefina	Disolución homogénea, sólido, disuelve, disolvente, agua (2)	6	2	NCE	→	4	Micro predictiva
19-María José	Sacarosa, disolver, agua	3	1	NCE	→	2	Macro descriptivo
20-Isabella	Moléculas, agua, azúcar, disolución	4	2	NEC	⇌	2	Micro predictiva

A continuación, se tabulan las nociones teóricas que los docentes incluyen en sus diferentes explicaciones.

TABLA 6 Nociones incluidas en las explicaciones docentes.

Nombre de la noción o concepto científico	Frecuencia
Agua /H ₂ O	23
Azúcar	18
Otros	13
Disolver /disuelve	10
Solución/ Disolución /homogénea/insaturada	8
Sacarosa/Glucosa	7
Molécula (s)	5
Disolvente/solvente	5
Soluto	3
Átomo (*)	1
Total	93

Ello nos permite generar una visión global de cuáles son los diferentes conceptos científicos, modelos teóricos y fenómenos que el profesorado utiliza para construir o narrar sus explicaciones. Si ponemos atención a los valores extremos, la categoría Agua/H₂O es la que se repite más veces (23), por otro lado, el concepto de átomo solo se presenta 1 vez en las explicaciones del profesorado de ciencias, lo que evidencia la tendencia macroscópica de explicar un fenómeno cotidiano. (*) Resulta curioso que un profesor incluya en su explicación el concepto de átomo para explicar a nivel microscópico el fenómeno de disolución. Las dos entidades más apropiadas son los conceptos de molécula e ion que con más frecuencia intervienen en la disolución en contextos cotidianos

Finalmente nos pareció interesante, aunque no era objetivo del trabajo, distribuir las explicaciones según nivel por género (Tabla 7) y orientación competencial (Tabla 8):

TABLA 7. Tipos de explicaciones docentes distribuidas por sexo.

Tipo de explicación	Clave	Frecuencia	Hombres	Mujeres
Micro descriptivo	MD	1	1	0
Micro predictiva	MP	9	3	6
Macro descriptiva	mD	9	2	7
M/M descriptivo	M/MD	1	0	1
Total		20	6	14

TABLA 8 Tipos de explicaciones docentes según orientación competencial.

Tendencia narrativa	Clave	Frecuencia	Hombres	Mujeres
Tendencia competencial explicativa.	NCE	7	4	3
Sin tendencia competencial explicativa.	NSCE	11	1	10
Tendencia explicativa combinada.	NEC	2	1	1
Total		20	6	14

Evaluación de los resultados obtenidos

Del total de conceptos científicos utilizados por el profesorado para construir una explicación descriptiva o predictiva del fenómeno en 7 de ellos la tendencia es hacia la

elicitación de terminología científica propia de la química o de la física (moléculas, átomos, polo positivo, interacciones intermoleculares, entre otros). Sin embargo, 11 de ellos elaboran descripciones y/o explicaciones orientando sus ideas desde el pensamiento cotidiano al pensamiento científico, utilizando de preferencia conceptos tales como agua, azúcar, disolver. Dos de ellos combinan conceptos científicos con expresiones cotidianas al dar una descripción y/o explicación del fenómeno.

Se puede advertir a partir de la clasificación de las orientaciones competenciales (cotidiano y científico) y los tipos de explicaciones elaboradas por el profesorado (macro y micro descriptivo y predictivo) que la tendencia está situada en lo que se observa (actividad) y la teoría (pensamiento). De las 12 producciones explicativas descriptivas 9 son de carácter macroscópico. De las 8 producciones explicativas 4 son de carácter microscópico. Desde el punto de vista teórico-didáctico y químico estos hallazgos nos permiten reflexionar acerca de las implicaciones que podría tener la orientación del profesorado en el aprendizaje del estudiantado el tipo de explicación de un fenómeno cotidiano como la disolución de azúcar en agua. Aun cuando quedan en evidencias distintos tipos de explicaciones, no podemos admitir que una sea ‘mejor que la otra’ o ‘más efectiva’. Nos parece que puede ser de interés para el profesorado ‘pensar teóricamente como una explicación científica determinada orienta de manera más adecuada la comprensión de un fenómeno y el sentido que tiene para aprender determinados modelos teóricos de la química (sustancia, por ejemplo). Ello debido a que dada la *orientación competencial* que adopta el docente contribuye de diferente manera o con matices a la comprensión del conocimiento químico que enseñamos

Conclusiones

Del profesorado que participó libremente de la experiencia que duró 4 días y que sólo comunicamos una actividad en este artículo, podemos decir que la mayoría orientó su atención en caracterizar los atributos de la descripción del fenómeno y un grupo muy reducido se representó a nivel microscópico y simbólico la explicación del fenómeno, por lo tanto, hay una coexistencia del pensamiento cotidiano y científico que es inherente a las representaciones de esta naturaleza según nos orientan investigaciones previas (Cervellini et al, 2004). La mayoría de los docentes produce explicaciones descriptivas.

En lo que calificamos como una actividad ‘cotidiana y sencilla’ (mezclar agua con azúcar) para modelizar y promover explicaciones en el estudiantado, confirmamos también los matices en su formación científica que influye en la construcción de sus explicaciones. Es un trabajo discreto (se evaluaron las narrativas de un número reducido de docentes), que nos ha permitido revelar las relaciones pensamiento, lenguaje y experiencia además de la existente entre teoría y fenómeno.

Pensamos que este trabajo, aunque con limitaciones puede contribuir a un conocimiento docente más robusto sobre los modelos de la química, su enseñanza y aprendizaje al tiempo que orienta su quehacer educativo hacia la promoción y desarrollo de competencias explicativas en este caso, como lo referimos al introducir teóricamente nuestra propuesta de sujeto competente en ciencias (SCC).

Desde la profesionalización docente es una contribución a la mirada propia del profesorado de ciencias de *cómo está enseñando a explicar química* ¿Desde cual perspectiva doy mi explicación del fenómeno de la disolución? ¿desde cual acostumbro dar las

explicaciones de los conceptos científicos que se involucran en mis asignaturas? ¿Puedo colaborar en la promoción de competencias explicativas de acuerdo a los modelos teóricos que enseño? Aun cuando nos parece desafiante, los 4 enfoques explicativos caracterizados (I, I-S, S, S-P) pueden ser un aporte novedoso y original al proceso de aprendizaje, así como una recomendación a la enseñanza de la química según el nivel escolar y la complejidad de los modelos teóricos que se enseñan. Por ejemplo, resulta distintivo, difícil y complejo quizá, un *enfoque explicativo predictivo* en los primeros años (nivel Básico de 10 años) a plantearlos en el 4to medio (18 años).

Finalmente, nos parece que este trabajo puede contribuir en parte a i) el conocer las características de la experiencia de formación y desarrollo profesional implementada y ii) fomentar la autorreflexión sobre las explicaciones que se deberían orientar en el aprendizaje de la química, a partir del esquema clasificatorio propuesto en esta investigación

Agradecimientos: Este trabajo sigue las orientaciones teóricas y metodológicas del proyecto FONDECYT 1150505 que ha patrocinado la comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) y del Proyecto Puente (2021) financiado por la vicerrectoría de investigación de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Ambos liderados por el primer autor

Referencias

- Braaten, M., & Windschitl, M. (2011). Working toward a stronger conceptualization of scientific explanation for science education. *Science education*, 95(4), 639–669.
- Carrasco Monrroy, Patricio Andrés, Orellana Barahona, Natalia Javiera y Quintanilla-Gatica, Mario Roberto. (2022, abril-junio). Argumentación y aprendizaje de la Teoría , Ácido-Base. *Educación Química*, 33(2). <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.2.78138>
- Cervellini, M. Muñoz, M., Zambruno, M, Vicente, N. (2004) Estudio sobre la problemática del aprendizaje de las disoluciones en el nivel universitario. *Educación Química*, 17(4), 408-413. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2006.4.66022>
- Chamizo, J., y Gutiérrez, M. (2004). Conceptos fundamentales en química 1. Valencia. *Revista Educación Química* 15(x), 359-365. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.4e.66156>
- De Berg, K. (2003). The Development of the theory of Electrolytic Dissociation. *Science & Education*, 12, 397-419. <https://doi.org/10.1023/A:1024438216974>
- Izquierdo, M. (2007). Enseñar ciencias, una nueva ciencia. *Enseñanza de las ciencias sociales: revista de Investigación*, (6), 125-138. <https://raco.cat/index.php/EnsenanzaCS/article/view/126338>
- Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2008). Argumentation in science education. Perspectives from classroom-Based Research. Dordre-cht: Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4020-6670-2>
- Gilbert, J.K., Boulter, C.J., Rutherford, M. (2000). *Explanations with Models in Science Education*. In: Gilbert, J.K., Boulter, C.J. (eds) Developing Models in Science Education. Springer, Dordrencht. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-010-0876-1?noAccess=true>

- Gómez, M.A., Pozo, J.I., Gutiérrez, M.S. (2004). Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: el diálogo entre la química y nuestros sentidos. *Educación Química* 15(3), 198-209. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.3.66177>
- Hernández, S., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Mc Graw-Hill, Interamericana.
- Jimenez Aleixandre y Puig, B. (2010) Argumentación y evaluación de explicaciones causales en ciencias: el caso de la inteligencia. *Alambique*, 63,11-18.
- Jiménez, L.M., T.E. De Manuel y L.F. Salinas. (2003). El razonamiento Causal Secuencial en los Equilibrios Ácido-Base Múltiples: Propuestas Didácticas en el Ámbito Universitario. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(2), 223-242. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21924>
- Malvaez, O., Labarrere, A., Quintanilla, M. (2018) ¿Cómo piensan la noción de desarrollo de los estudiantes, los profesores de ciencia en ejercicio de la enseñanza media obligatoria? *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (2), 19-28. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/34322>
- Nappa, N; M. Insausti y A. Sigüenza (2005). Obstáculos para generar representaciones mentales adecuadas sobre la disolución. *Revista Eureka sobre la enseñanza y divulgación de las ciencias*, 2(3). http://www.apaceureka.org/revista/Volumen2/Numero_2_3/Nappa_et_al_2005.pdf
- Orellana, C., Quintanilla, M. y Páez, R. (2018). Conceptions of teaching and learning Natural Sciences in early childhood educators in Chile and their relationships with models of scientific rationality. *Ciência & Educação*, 24(4). <https://doi.org/10.1590/1516-731320180040014>
- Osborne, J., & Patterson, A. (2011). Scientific Argument and Explanation: A Necessary Distinction? *Science Education*, 95, 627–638. <https://doi.org/10.1002/sce.20438>
- Osborne, J., & Patterson, A. (2012). Authors’ response to “For whom is argument and explanation a necessary distinction? A response to Osborne and Patterson” by Berland and McNeill. *Science Education*, 96(5), 814–817. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.21034>
- Quintanilla, M. (2022). Las competencias de pensamiento científico. En: Quintanilla, M. y Adúriz-Bravo, A. *Enseñanza de las Ciencias para una nueva cultura docente. Desafíos y oportunidades*. Ediciones UC, Cap- 1, 25-65.
- Quintanilla, M. (2020). El lenguaje como problema y oportunidad de desarrollo del pensamiento científico. Aprender a leer el mundo a través de la ciencia. En: Promoción y desarrollo de habilidades cognitivo-lingüísticas. Aportes de teoría y campo desde la didáctica de las ciencias experimentales, Cabrera, G. (Ed.), Colombia: Ed. Universidad del Valle, 49-74.
- Quintanilla, M., Orellana, C., Páez, R. (2020) Representaciones epistemológicas sobre competencias de pensamiento científico de educadoras de párvulos en formación. *Enseñanza de las Ciencias* 38(1),47-66. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/37373>

- Quintanilla, M., Joglar, C., Labarrere, A. Merino, C., Cuellar, L. & Koponen, I. (2014). ¿Qué piensan los profesores de química en ejercicio acerca de la resolución de problemas científicos escolares y sobre las competencias de pensamiento científico? *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 40(2), 283-302. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052014000300017>
- Quintanilla, M. (2007). Los Talleres de Reflexión Docente en la Formación profesional del profesorado de Ciencias. Marco Teórico del Proyecto FONDECYT 1095149. Universidad Católica de Chile. Santiago.
- Sanabria, Q., Pérez, R. & gallego, R. (2009) Modelos sobre las Disoluciones Electrolíticas en la Formación Inicial de Profesores. *Revista Formación Universitaria*, 2(5), 41-52. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062009000500006>
- Sutton, C. (2003). Los profesores de ciencias como profesores de lenguaje. *Enseñanza de las ciencias*, 21(1), 21-25. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21883>
- Valdez, S., Flores, F., gallegos, L. y Herrera, Ma. T. (<1998). Ideas previas en estudiantes de bachillerato sobre conceptos básicos de química vinculados al tema de disoluciones. *Educación Química* 9(3). <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.1998.3.66559>
- Velandia, D. F. (2016). *La explicación científica como un problema del significado: La 'actividad química' como criterio de análisis de los usos del lenguaje para evitar los reduccionismos de la ciencia* (Tesis de grado). Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.