

## Modelización de las disoluciones químicas: Una secuencia enseñanza y aprendizaje para promover la competencia representacional

**Nicolás Avendaño**

Colegio San Ignacio.

nicolas.avendano.b@mail.pucv.cl

### Resumen:

El artículo en cuestión detalla la creación y aplicación de una Secuencia de Aprendizaje (SEA) centrada en el estudio de disoluciones en química, destacando su enfoque en el modelado de entidades microscópicas y su impacto en las propiedades observables de la materia. Esta iniciativa responde al creciente interés en el uso del ciclo de modelización como método efectivo para enseñar ciencias en el ámbito escolar, presentando la SEA como un modelo educativo innovador. El enfoque principal de esta SEA es facilitar la comprensión de cómo las entidades microscópicas intervienen en la formación de las disoluciones y cómo estas interacciones se traducen en propiedades macroscópicas perceptibles. Este enfoque ayuda a los estudiantes a visualizar y comprender conceptos abstractos de la química, lo que representa un avance significativo en la enseñanza de esta ciencia. La investigación se centra en el análisis de datos obtenidos a través de la implementación de la SEA, evaluando cómo los estudiantes desarrollan y mejoran su competencia representacional, es decir, la capacidad de explicar y/o describir fenómenos en términos de las entidades o procesos microscópicos que participan y configuran las propiedades macroscópicas. Los resultados muestran que, aunque existe una prevalencia de las explicaciones intuitivas basadas en características observables o macroscópicas, la SEA diseñada empleando el ciclo de modelización es capaz de identificar estadios intermedios de los modelos estudiados y de promover el desarrollo de la competencia representacional de los estudiantes en distintos contextos asociados a la construcción de un modelo de disolución. Se concluye que, a pesar de la resistencia inicial de los estudiantes a abandonar modelos intuitivos, la modelización emerge como un enfoque didáctico innovador. Este enfoque fomenta, a través del diálogo y la revisión constante de modelos, la construcción y adopción de un modelo que finalmente tenga sentido para el estudiante, permitiéndole considerar la influencia del mundo microscópico en los fenómenos. Las limitaciones de este estudio se centran en la diversidad de representaciones que los estudiantes podrían construir, así como en la necesidad de formular preguntas que exijan respuestas que impliquen la explicación de fenómenos, la utilización de modelos y la reflexión sobre su influencia social y epistemológica.

**Palabras clave:** Modelización, disoluciones, Enseñanza de la química, secuencia de aprendizaje, competencia representacional.

## Introducción

En el marco de la educación científica para el siglo XXI, se han observado cambios significativos en los objetivos educativos (Madrid, et al., 2013). Estos cambios implican una evolución en las metodologías pedagógicas, especialmente en la enseñanza de ciencias como la química. Tradicionalmente, la enseñanza de la química ha estado dominada por un enfoque reproductivo y memorístico (Madrid, et al., 2013; Órdenes, et al., 2014), un método que no se alinea con las nuevas tendencias en la educación, que buscan una mayor integración de la química en contextos cotidianos y en investigación activa (Caamaño, 2018).

Hoy en día, una de las metas fundamentales de la educación secundaria es enseñar a los alumnos a interpretar fenómenos macroscópicos en términos microscópicos (Gutiérrez, et al., 2005). Para alcanzar este objetivo, se sugiere que los estudiantes aprendan a usar el modelo corpuscular de la materia como herramienta para entender los procesos naturales. Este enfoque requiere el desarrollo de metodologías y estrategias didácticas que faciliten a los estudiantes la transición hacia una comprensión más sofisticada de la materia, concebida como "conformada por partes".

Sin embargo, es un desafío reconocido en la literatura que los estudiantes tienden a mantener representaciones y explicaciones intuitivas o espontáneas en lugar de adoptar enfoques científicos más rigurosos (Gutiérrez, et al., 2002). En este contexto, la modelización, descrita eficazmente por Merino y Ahumada (2023), emerge como un enfoque poderoso. Según estos autores, la modelización permite representar situaciones microscópicas para comprender fenómenos macroscópicos, formalizando el conocimiento a través de íconos y lenguaje verbal y escrito.

En el ámbito actual de la didáctica, se hace imperativo analizar cómo evolucionan las representaciones de los estudiantes, un aspecto que es crucial para la enseñanza de temas como las disoluciones. En este contexto, se destaca el diseño, implementación y evaluación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA) orientada a la enseñanza de disoluciones a estudiantes de segundo medio, basada en el ciclo de modelización de Couso y colaboradores (2020), y enfocada en la competencia representacional propuesta por Kozma y Rusell (2005).

Los trabajos de Couso y colaboradores (2020) destacan la importancia de la modelización y la indagación en el aprendizaje de la ciencia escolar. Estos autores proponen las SEA como "*trayectorias conceptuales, teóricamente fundadas y empíricamente validadas*" (p.65), que permiten analizar la evolución de los modelos mentales de los estudiantes a lo largo del proceso educativo. En particular, se enfatiza en la transición de un modelo de materia de uno continuo a uno particulado, lo cual es crucial para entender las disoluciones (p.65).

En el contexto actual de la educación en Chile, la unidad didáctica sobre disoluciones se enmarca en el objetivo curricular OA 15, que propone explicar las propiedades de las soluciones a través de modelos y experimentación (MINEDUC, 2023, p.162). Esta unidad didáctica incorpora una aproximación inicial a la química, considerando la materia como "formada por partes", seguida de actividades que asignan propiedades a estas partes (átomos, moléculas) y, finalmente, modelan cómo cambios como la dilución afectan estas propiedades.

Aunque existen investigaciones sobre la evolución de los modelos mentales en los estudiantes, hay una falta de descripción detallada sobre lo que ocurre a nivel microscópico en las disoluciones. Generalmente, las mezclas se caracterizan como homogéneas o heterogéneas basándose en propiedades observables, lo que ha llevado a un número significativo de concepciones alternativas en esta área. Por ello, la presente investigación se enfoca en disoluciones específicas como el "*agua con azúcar*" y la "*salmuera*", distinguiendo estas de ejemplos más complejos como la mayonesa, para proporcionar una comprensión más clara y centrada en este aspecto crucial de la química.

Dentro del ámbito de los modelos mentales, Russell y Kozma (2005) enfatizan que la competencia representacional no es solo una habilidad clave, sino quizás la más crucial para los químicos. Esto se debe a que, mediante representaciones cada vez más detalladas y sofisticadas, es posible elucidar una variedad de fenómenos naturales fundamentales en esta disciplina. En este contexto específico, se espera que los estudiantes utilicen representaciones que incorporen la discontinuidad de la materia para describir adecuadamente las propiedades y explicar los fenómenos que encuentran. Así, se busca fomentar que los estudiantes se aproximen o incluso participen en procesos de modelización. El propósito de esta investigación es, por tanto, describir cómo evolucionan las capacidades de los estudiantes en cuanto a la representación y explicación de fenómenos mediante estas representaciones.

Este estudio pretende aportar al conocimiento existente, examinando cómo evolucionan las representaciones de los estudiantes en química desde una perspectiva corpuscular o microscópica. Se busca entender cómo esta evolución afecta su habilidad para explicar fenómenos químicos, un aspecto que hasta la fecha no ha sido ampliamente descrito en la literatura química. Se espera que estos hallazgos brinden una comprensión más profunda de los procesos cognitivos en la educación química y cómo estos pueden ser mejorados para facilitar un aprendizaje más efectivo y profundo de conceptos clave en química.

### **Marco de referencia.**

Esta sección establece las bases teóricas que se han tenido en cuenta en el diseño, implementación y evaluación de la secuencia.

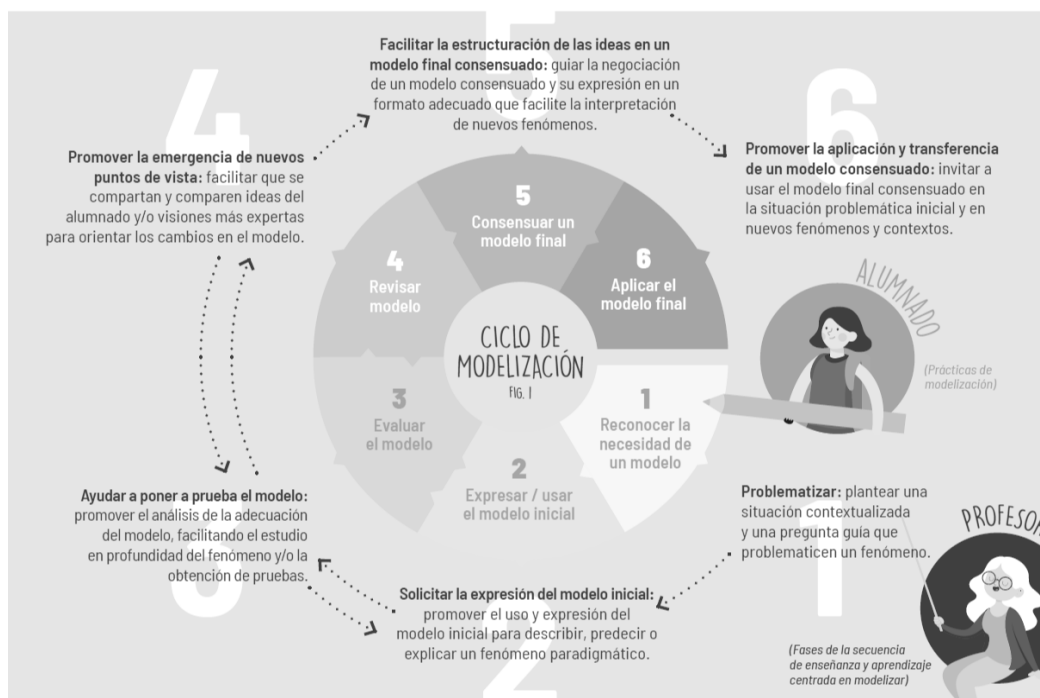
## **Modelización, modelos y la competencia representacional: un enfoque vanguardista.**

En este trabajo se menciona reiteradas veces al término modelización, por consiguiente, es necesario realizar una aclaración en este aspecto debido a que el término modelización, al igual que “modelo” es polisémico y tiene más de un significado según la situación en la que se emplea. José Oliva (2019) nos aclara ambos conceptos: en primer lugar, un modelo es una representación de un objeto o un fenómeno con un objetivo específico, como lo puede ser describir, explicar o predecir, y en última instancia responder preguntas o poner a prueba sus teorías. Por otro lado, identifica 5 acepciones de la modelización: a) como progresión de modelos, b) como práctica científica, c) como competencia, d) desde su dimensión instrumental, y e) como enfoque didáctico (Oliva, 2019).

Al respecto, la SEA fue construida basándose en el ciclo de modelización (Figura 1) que propone Couso y colaboradores (2020), la cual, tiene como objetivo partir desde las explicaciones e ideas intuitivas de los estudiantes y mediante un ciclo de 6 etapas llevar a los estudiantes hacia modelos cada vez más sofisticados sobre el tema a estudiar. Este ciclo se sustenta y entiende a la modelización como progresión de modelos (de un modelo intuitivo hacia otros más sofisticados), como práctica científica (construir modelos es una práctica científica auténtica) y como enfoque didáctico (la idea y conjunto de acciones que toma el profesor para promover la evolución de los modelos de los estudiantes).

La propuesta de los autores del ciclo otorga gran importancia a la expresión explícita de los modelos del alumnado y se da en las primeras etapas (1 y 2) de esta actividad científica detallada en la Figura 1. Posteriormente, incluye varias fases (3, 4 y 5) de consenso que estructuran la progresiva sofisticación de un modelo mediante la evaluación o puesta a prueba de este, a través de experimentos y la permanente revisión de lo construido para mejorar su potencial explicativo, predictivo o descriptivo. La necesidad de un consenso demanda procesos dialógicos y colaborativos entre estudiantes y entre estudiante-profesor, lo que implica sostener diálogos extensos y productivos que se alejan del modelo tradicional. Este ciclo finaliza empleando este modelo consensuado en el contexto inicial y/o en un contexto diferente para comprender cómo es y cómo funciona cierto fenómeno (6).

Además, con la intención de describir la evolución en los modelos que crean los estudiantes es necesario comprender la competencia de modelización desde lo que Rusell y Kozma (2005) denominan “competencia representacional”, siendo similares entre sí, ya que, ambas ideas se conceptualizan como la capacidad de emplear, construir y revisar modelos, así como hablar y opinar acerca de éstos, entendiendo de esta forma su valor, variabilidad y limitaciones. (Oliva, 2019; Rusell y Kozma, 2005).



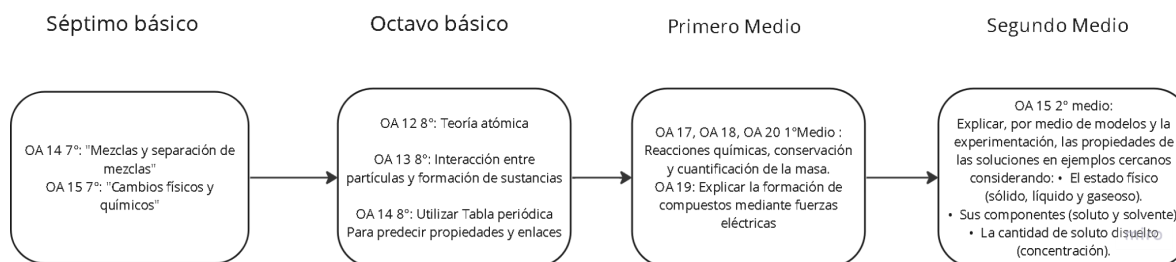
**Figura 1:** Ciclo de modelización (Fuente: Tomado de Couso, et al., 2020; p.68)

En este sentido, la competencia representacional se conceptualiza como la capacidad de el o los estudiantes de producir modelos cada vez más explicativos, predictivos y/o descriptivos de los fenómenos, haciendo uso de modelos progresivamente más sofisticados de la materia, que permitan desvelar, expresar y comunicar aquellos procesos que permanecen fuera del alcance de nuestros sentidos.

### Marco curricular chileno

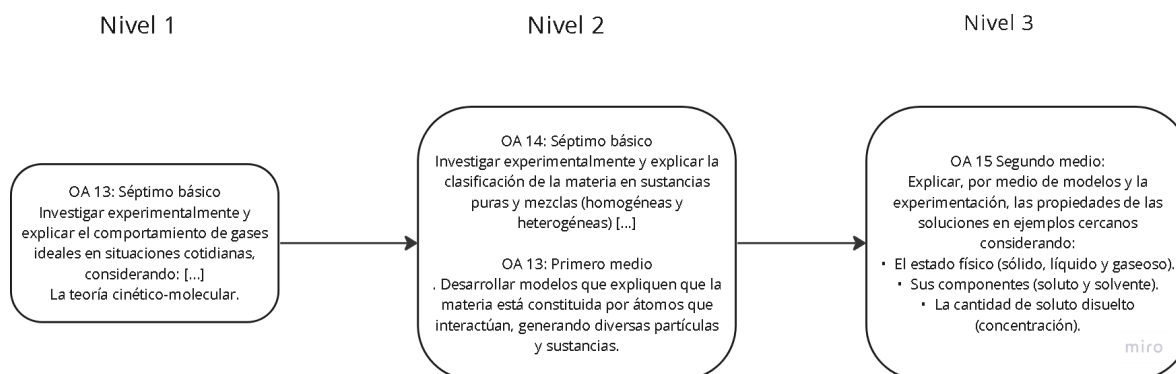
Al revisar el currículo nacional entregado por el ministerio de educación (MINEDUC), que se concreta en las Bases Curriculares para 7° básico a 2° medio (2015), este apunta a que los estudiantes dentro de la asignatura de Química “[...] reconozcan cómo se ha desarrollado el conocimiento químico y los modelos que facilitan la comprensión del mundo microscópico y sus interacciones en la materia inerte, los seres vivos y el entorno.” (p.134)

Un análisis desde el inicio del segundo ciclo de educación nos muestra una progresión de Objetivos de Aprendizaje (OA) para llegar a las disoluciones (o soluciones) que se resumen en la Figura 2. En esta figura, es evidente que la mayoría de estos OA están pensados en términos de los contenidos, más no así en el desarrollo de la comprensión del mundo microscópico. Aún en estos términos, donde no se explicita a lo largo del currículo el desarrollo de la competencia representacional, el OA 15 de Segundo Medio demanda el empleo de modelos para explicar propiedades.



**Figura 2:** Progresión de OA Eje Química. (Fuente: Adaptado y simplificado del Currículum nacional. Creado con Miro©).

Para lograr una secuencia enfocada en el uso de modelos y modelización de las disoluciones, se propone una progresión de OA que deconstruye la evolución de un modelo hasta llegar a configurar y explicar las disoluciones. La progresión mostrada en la Figura 3, es utilizada a la hora diseñar la secuencia sobre disoluciones y forma parte esencial del análisis realizado al currículum que demanda la metodología empleada en esta investigación.



**Figura 3:** Progresión de OA propuestos por esta SEA. (Fuente: Adaptado a partir del currículum nacional. Creado con Miro ©).

## Concepciones alternativas y dificultades documentadas sobre las disoluciones

Las disoluciones en química tienen una forma muy particular de enseñarse, es común (puede que sea porque el currículum así lo expresa en términos de indicadores de evaluación) que esta unidad sea abordada con un enfoque más bien cuantitativo, es decir, centrado en el cálculo de concentraciones físicas (%masa/masa; g/L, etc.) y concentraciones químicas (Molaridad, molalidad), para de esta manera, progresar hacia el estudio de las “propiedades coligativas”. Algo que al llevarlo a la práctica es inviable por el poco y nulo conocimiento sobre el concepto “mol” que poseen los estudiantes.

Esta forma de enseñar se sospecha ha generado gran parte de las concepciones alternativas que se describen más adelante, agravado por la progresión que propone el currículum, esto

debido a el “cálculo”, los “moles” está asociado a la unidad anterior de “estequiometría”, que se encarga principalmente de reacciones químicas, no así de cambios físicos. Además, es común también encontrarse la preponderancia de las explicaciones espontáneas por sobre las científicas, lo que genera deformaciones de ciertas leyes químicas, como la conservación de la materia.

Más allá de lo que la experiencia pueda aportar, Acero (2015), recopila de manera extensa más de 9 concepciones alternativas sobre disoluciones, para efectos prácticos, se resumen las concepciones alternativas en 4, estas guiaron la construcción de la SEA.

Concepciones alternativas más relevantes para la planificación de una secuencia didáctica.

1. Tránsito entre niveles de representación: En los alumnos predomina la visión macroscópica, es decir, lo que observan frente a de la materia frente a la corpuscular o microscópica, por lo que no son capaces de diferenciar elementos, compuestos y mezclas utilizando el modelo particulado de la materia o la “teoría corpuscular de la materia”.
2. Disoluciones como mezclas homogéneas: Los estudiantes **relacionan el proceso de disolución con un cambio químico**, además, **consideran solamente las disoluciones del tipo “sólido-líquido”** como tal, mientras que las gas-gas o líquido-líquido son consideradas como mezclas homogéneas no como disoluciones.
3. Lenguaje cotidiano y lenguaje científico erudito: Los términos empleados y el lenguaje científico utilizado para referirse a las disoluciones pueden ser confusos al tener significados en el lenguaje cotidiano, como por ejemplo con el término “concentración”.
4. Los estudiantes tienen problemas para comprender la conservación de masa; extrapolan ésta hacia la conservación del volumen.

**Figura 4:** *Concepciones alternativas sobre disoluciones. (Fuente: Adaptado de los resultados obtenidos por Acero, 2015; p.12-14)*

La primera concepción alternativa que describe esta Figura 4 es la razón principal para adoptar la modelización, ya que nos permitirá abordar estas problemáticas del tránsito entre los niveles de representación o dicho de otra forma, la competencia representacional.

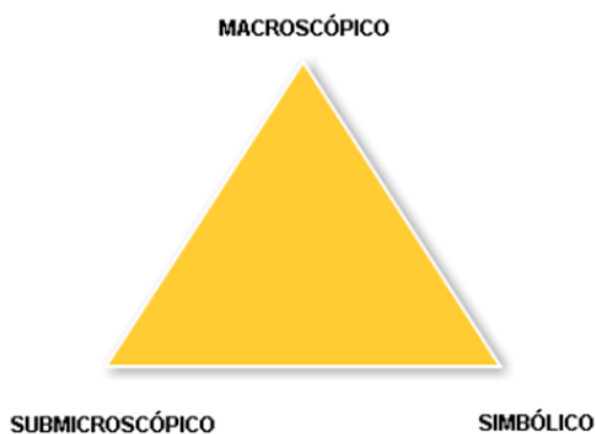
La segunda concepción alternativa se traduce en la inclusión de un ciclo dedicado a separar los cambios físicos de los químicos y a su vez, caracterizar la disolución como un cambio físico.

Ya que se emplean términos específicos como “disolución”, “concentración”, entre otros, en la secuencia no se emplea la palabra solución (como suele llamarse también a las

disoluciones), y además, se crean experiencias para que los estudiantes definan por sí mismo cuáles son los significados de estos términos o qué características tienen.

### Niveles de representación

Los niveles de representación de la materia de Johnstone permiten “indagar las relaciones entre dimensiones observable-no observable del conocimiento disciplinar como también la relevancia del lenguaje y otras formas de representación de los procesos de enseñanza y aprendizaje de la química (Cutrera & Stipcich, 2016)”, los niveles de representación de Johnstone están cada día más presente en la didáctica de la química, ya que la química requiere pensar en partículas pequeñas, hablar utilizando estas y usarlas para describir lo que vemos.



**Figura 5:** Triángulo de Johnstone (2007). (Fuente: Extraído de Cutrera & Stipcich, 2016.)

El nivel macroscópico (macro) está representado por lo “tangible”, es decir, aquello que es accesible mediante nuestros sentidos. Al nivel submicroscópico (o simplemente micro o también microscópico) lo componen átomos, moléculas, iones y las diferentes estructuras. Y, al nivel simbólico (o representacional) lo constituyen los símbolos, fórmulas, ecuaciones, gráficos, formalización, entre otros. En la secuencia, los niveles de representación se ven aludidos al hablar de la competencia representacional, esto debido a que, mediante una aproximación a lo macroscópico (los fenómenos a estudiar) los estudiantes deberán, crear, utilizar y evaluar modelos microscópicos de la materia, para lograr explicar cómo estos suceden (nivel simbólico). El tránsito entre estas 3 dimensiones de la enseñanza-aprendizaje de química de manera fluida es lo que se espera de un estudiante competente.

### Metodología

Esta secuencia de enseñanza-aprendizaje fue construida mediante la Investigación Basada en Diseño (IBD), las IBD se definen como el diseño, implementación, evaluación y

rediseño de productos curriculares de mediana escala que cubren la enseñanza y el aprendizaje de un tema específico (Guisasola y Oliva, 2020).

Merino y colaboradores (2022) concentran la metodología en 3 fases. La primera fase inicia por el análisis teórico del problema, que comprende el estudio del currículum, las concepciones alternativas, las estrategias de enseñanza asociadas a esta noción y los posibles objetivos o competencias a alcanzar, esta fase fue descrita en gran parte en el apartado anterior. Continúa con una fase de diseño de la solución, en el que se considera el apartado anterior para crear una propuesta práctica, en términos de “actividades” o “clases” orientadas a la consecución de los objetivos propuestos e identificados en el análisis teórico. Finalizando con un análisis empírico del problema, en donde la solución diseñada se pone a prueba a través de la validación de expertos principalmente, para así evidenciar los aciertos o desaciertos en la generación de la solución. Esta etapa y al igual que las anteriores, están estrechamente relacionadas, formando un ciclo recursivo en donde es necesario volver atrás permanentemente para mejorar la propuesta en función de las retroalimentaciones recibidas.

Esta investigación persigue un paradigma cualitativo marcado por la producción de representaciones gráficas realizadas en un contexto particular, buscando no solo la comprensión del producto de los estudiantes sino también de la influencia del cómo y dónde fueron producidas. La investigación tiene un enfoque exploratorio-descriptivo, además, se aplica la secuencia construida a través de la IBD en un curso elegido por conveniencia debido a la cercanía de la muestra y el tiempo disponible. Esta SEA se lleva a cabo a través de diferentes experiencias tanto prácticas como con simuladores, las cuales se plasman en guías que los estudiantes tendrán de manera personal y grupal.

## Propuesta de Secuencia de Enseñanza-Aprendizaje sobre las disoluciones

### Mapa de progreso de aprendizaje

A través del análisis realizado, en los puntos anteriores, se sugiere un mapa de progreso siguiendo las recomendaciones de Talanquer (2013) y las de Marchán-Carvajal y Sanmartí (2015) al hablar de identificar esos *stepping stones* que permitan al estudiante saltar de un nivel de competencia a otro, explicitando las acciones y/o habilidades; actitudes que tendría que realizar el estudiante para considerarse competente en el nivel del que se estaría evaluando.

**Tabla 1:** Niveles de progresión propuestos. Fuente: Construido a partir de los objetivos de aprendizaje descritos en la Figura 3.

Nivel	Objetivo
Nivel 1 (Básico)	Representar la materia (gases) como corpúsculos para explicar fenómenos físicos.
Nivel 2 (Intermedio)	Representar la materia (mezclas) como entidades que interaccionan entre sí de manera física.
Nivel 3 (Avanzado)	Representar la materia (disoluciones) considerando la concentración y su influencia en sus propiedades.

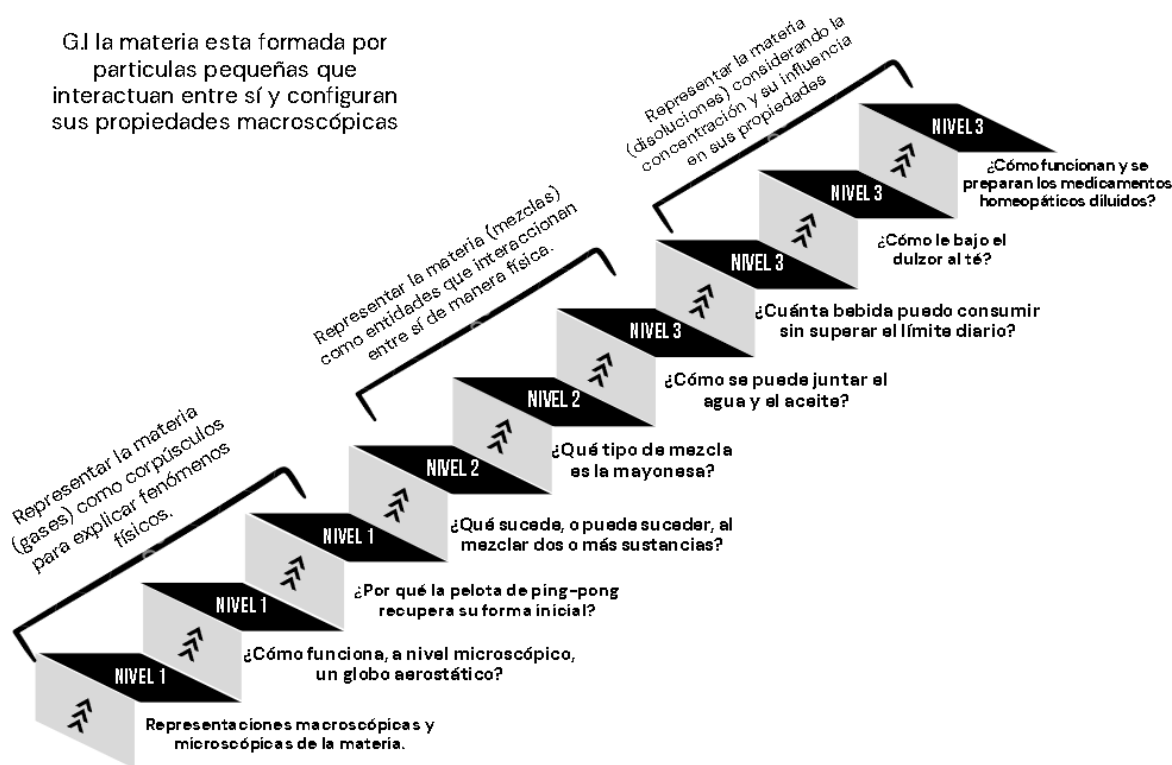


Figura 6: Mapa de progreso. (Fuente: Elaboración propia. Creado con Canva ©).

El mapa de progreso considera 3 niveles para alcanzar la gran idea que ha sido construida con la información recolectada y adaptada de las Bases Curriculares (MINEDUC,2015): “Los sistemas vivos e inertes están compuestos de partículas muy pequeñas que interactúan entre sí, estas interacciones determinan sus propiedades macroscópicas”.

Tabla 2. Mapa de progreso y codificación. (Fuente: Elaboración propia a partir del diseño).

Nivel	Actividad (Codigo)	Tipo de Actividad	Fase(s) del Ciclo de modelización.	Título de la Actividad	Objetivo
1	Pretest	Individual	1	Representaciones macroscópicas y microscópicas de la materia.	Elicitar las representaciones microscópicas de los estudiantes
	N.1 A.1	Grupal	(1 - 5)	¿Cómo funciona, a nivel microscópico, un globo aerostático?	Consensuar un modelo particulado de la materia
	N.1 A.2	Grupal	6	¿Por qué la pelota de ping-pong recupera su forma inicial?	Aplicar el modelo particulado de la materia para explicar

					un fenómeno.
2	N.2 A.1	Grupal	(1 - 3)	¿Qué sucede, o puede suceder, al mezclar dos o más sustancias?	Consensuar un modelo de cambio físico que considere interacciones eléctricas y las características macroscópicas
	N.2 A.2	Grupal	(4 - 5)	¿Qué tipo de mezcla es la mayonesa?	Consensuar un modelo de disolución que considere las interacciones eléctricas y el tamaño de partícula
	N.2 A.3	Grupal	6	¿Cómo se puede juntar el agua y el aceite?	Aplicar el modelo de la materia que considera la interacción entre partículas
3	N.3 A.1	Grupal	(1 - 3)	¿Cuánta bebida puedo consumir sin superar el límite diario?	Consensuar un modelo de concentración y relación con sus características
	N.3 A.2	Grupal	(4 - 5)	¿Cómo le bajo el dulzor al té?	Consensuar un modelo de dilución
	N.3 A.3	Grupal	6	¿Cómo funcionan y se preparan los medicamentos homeopáticos diluidos?	Aplicar el modelo de dilución y su influencia en la concentración y propiedades.

### Participantes de la implementación

La muestra de esta investigación corresponde a 30 alumnos con edades que fluctúan entre 14 y 16 años, de Segundo Medio de un colegio particular subvencionado de Viña del Mar, Chile. Estos estudiantes, poseen nulos conocimientos previos sobre el concepto “mol” y la estequiometría, por lo tanto, la SEA evita emplear estos conceptos y se centra plenamente en concentraciones físicas y analogías a esta.

### Datos y análisis de datos

Los datos y el banco de datos se generaron a partir de la realización de las guías para cada parte de la secuencia, las cuales respondieron cada uno de los estudiantes personalmente. Se excluyeron dentro del banco de datos en los casos de ausencia de 1 o más días sobre la secuencia. Al final de la secuencia, solo se contaron como válidos (o representativos) 23 estudiantes, los cuales trabajaron tanto individual como grupalmente en el desarrollo de la secuencia. Estos datos serán analizados utilizando una adaptación de los niveles de

competencia representacional propuestos por Rusell y Kozma (Tabla 1.), en el proceso de adaptación se consideró una rúbrica construida por Cañero-Arias y colaboradores (2022) para un contexto similar, la Figura 7 muestra una parte fundamental del instrumento que fue tomada en cuenta específicamente para ver la progresión en la capacidad de representar la materia microscópicamente.

**Figura 7:** Rúbrica descriptiva según competencia en niveles de representación. (Fuente: Extraído de Cañero-Arias, et al., 2022).

DIMENSIONES/NIVELES DESEMPEÑO	I	II	III	IV	V
NIVELES DE REPRESENTACIÓN	No hay representación	Las representaciones aportadas son de tipo macroscópica. Por ejemplo, se incluye una línea para representar el agua, líneas onduladas para dar sensación de relleno y/o espirales para representar al gas, o pequeños cuadrados o líneas cortas para el azúcar.	Se superpone una representación macroscópica y/u otra submicroscópica, esta última presentada mediante dibujos icónicos con círculos o puntos que aluden a lo que pueden ser unidades moleculares, aunque no llega a desglosarse en los átomos que lo componen. Un círculo, por ejemplo, puede representar una molécula de agua.	Representación submicroscópica y/o simbólica, en la que los dibujos representan unidades moleculares que no llegan a desglosarse en los átomos que lo componen. Un círculo, por ejemplo, puede representar una molécula de agua.	Representación submicroscópica, con iconos que representan no sólo a las moléculas en su conjunto sino a los átomos que la integran e incluso pueden aparecer los enlaces que participan.

## Validación de la SEA

Esta Secuencia de Aprendizaje, tal como lo requiere la metodología empleada, fue validada en su construcción en varias etapas y por diferentes métodos, el primero fue por el juicio de expertos para evaluar el contenido, (3 profesores de química, 1 profesora de ciencias naturales para 7° y 8° básico y 1 profesora de física, actualmente con el cargo de supervisora de ciencias en el establecimiento y Magíster en la Enseñanza de las Ciencias)

El juicio por expertos consideró los criterios de suficiencia (las actividades abarcan el objetivo), claridad (las actividades se comprenden fácilmente), coherencia (las actividades tienen relación con el objetivo) y relevancia (la importancia de las actividades) con un número de 1-4 en donde 1 es que no cumple con el criterio y 4 que cumple muy bien con el criterio. De esta validación se extrae el coeficiente de Kappa de cada criterio, los cuales se muestran en la Tabla 3 una concordancia aceptable para el criterio de claridad, pero considerable para los otros criterios.

**Tabla 3:** Resultados de la validación por pares expertos. (Fuente: Elaboración propia).

Criterio	Coefficiente de Kappa
Suficiencia	0,83
Claridad	0,53
Coherencia	0,8
Relevancia	0,8

Además, la construcción de la SEA consideró las investigaciones similares que trabajan la aproximación a lo microscópico utilizando la teoría cinético-molecular o corpuscular de la materia, esto incorpora el uso de tablas comparativas entre los 3 niveles de representación (macro-micro y simbólico) para demandar al estudiante a pensar y visualizar estos (Acero, 2015; Mosquera y Ruge, 2019; Méndez y Castro, 2016; Salazar, 2014). También se incluyó

el uso de simuladores, las experiencias prácticas y algunas actividades extraídas de los libros de ciencias naturales que se creen oportunas para el desarrollo de la secuencia.


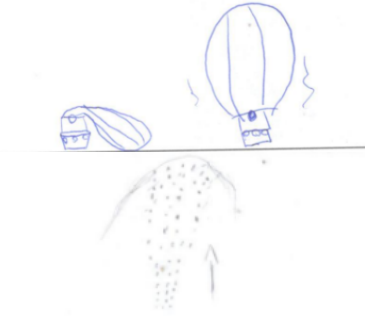
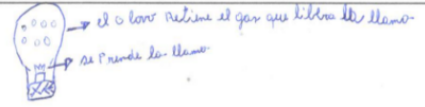
### **Instrumento de análisis de datos**

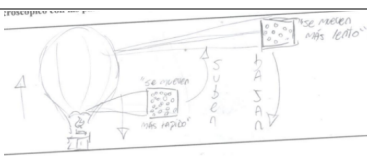
Es de suma importancia contar con un instrumento de análisis de datos para evaluar las representaciones de los estudiantes sobre disoluciones químicas es crucial por varias razones:

- a) **Comprensión Profunda:** Permite entender mejor cómo los estudiantes conceptualizan las disoluciones químicas, un tema fundamental en química. Este entendimiento puede revelar malentendidos o lagunas en el conocimiento que necesitan ser abordados.
- b) **Personalización de la Enseñanza:** Al identificar las áreas específicas donde los estudiantes tienen dificultades, los educadores pueden personalizar su enseñanza para abordar estos problemas, mejorando así el aprendizaje.
- c) **Desarrollo Curricular:** Los datos obtenidos pueden informar la revisión y mejora de los currículos y materiales de enseñanza, asegurando que estos sean efectivos y relevantes para los estudiantes.
- d) **Evaluación y Retroalimentación:** Proporciona una base para evaluar el progreso de los estudiantes y ofrecer retroalimentación específica, lo que es esencial para su desarrollo académico.
- e) **Investigación Educativa:** Contribuye a la investigación en educación química, ayudando a comprender mejor cómo se aprenden y se enseñan los conceptos químicos, lo que puede tener implicaciones más amplias para la enseñanza de las ciencias.
- f) **Promoción del Pensamiento Crítico:** Al entender las representaciones de los estudiantes, los educadores pueden diseñar actividades que fomenten el pensamiento crítico y la aplicación práctica de conceptos teóricos.
- g) **Inclusión y Diversidad:** Permite identificar si ciertos grupos de estudiantes tienen más dificultades que otros, lo que es importante para garantizar una educación inclusiva y equitativa.

Si bien un instrumento de análisis de datos para evaluar las representaciones de los estudiantes sobre disoluciones químicas es una herramienta valiosa para mejorar tanto la enseñanza como el aprendizaje en química, asegurando que todos los estudiantes tengan la oportunidad de entender completamente estos conceptos fundamentales, en este caso nos centraremos en los niveles propuestos por los autores Russell y Kozma (2005). La tabla 4 contiene la adecuación de los niveles a la noción disciplinar, junto con un ejemplo para ilustrar de mejor forma el nivel.

**Tabla 4:** Instrumento para analizar datos. (Fuente: Adaptación de los niveles de competencia representacional propuestos por Russell y Kozma (2005) a partir de la investigación de Cañero-Arias, et al., 2022 y los contenidos de la SEA).

Nivel	Descripción	Consignación (dibujos extraídos de A.1 N.1)
<p>Nivel 1: Representación como descripción gráfica.</p>	<p>Cuando se solicita la explicación sobre un fenómeno físico, el estudiante genera una representación del fenómeno basado exclusivamente en sus características observables (nivel macroscópico). En caso de ser necesario, incluye una flecha o algún símbolo simple para indicar calor, subir, bajar, etc.</p>	
<p>Nivel 2: Habilidades simbólicas tempranas</p>	<p>Cuando se solicita la explicación sobre un fenómeno físico, el estudiante genera una representación del fenómeno basada solo en sus características observables, aunque incluye más de una representación para describir la variación de tiempo y se apoya en el lenguaje para lograr mejor explicación. En esta categoría también están las visualizaciones de las partículas que están “escondidas a simple vista”, pero estas carecen de sentido o no poseen nominación que permita interpretar la representación o explicar el fenómeno.</p>	
<p>Nivel 3: Uso sintáctico de las representaciones formales</p>	<p>El estudiante explica un fenómeno físico a través de una representación que incluye características macroscópicas y microscópicas, desvelando y expresando entidades o procesos que no son concebibles a simple vista, aun cuando el lenguaje para expresarlos sea inventados por sí mismos y no sean científicamente precisos. Por ello, se observa cómo es capaz de dibujar y/o desvelar las partículas que participan de los sistemas, pero no es capaz de lograr que la representación sea consecuente con lo que está sucediendo, por lo que se apoya en las palabras para explicar los fenómenos. Esto incurre en una incoherencia entre lo que expresa el dibujo y lo que realmente quiere decir.</p>	
<p>Nivel 4: Uso semántico de las representaciones formales</p>	<p>El estudiante explica un fenómeno físico a través de una representación que incluye características macroscópicas y microscópicas, respaldadas por lenguaje y símbolos que permiten desvelar y expresar entidades o</p>	

	<p>procesos que no son concebibles a simple vista, aún cuando el lenguaje para expresarlos sean inventados por sí mismos. Aún así, la representación es coherente y consecuente con lo que está sucediendo a nivel microscópico y su relación con lo macroscópico.</p>	
<p>Nivel 5: Uso retórico y reflexivo de las representaciones.</p>	<p>El estudiante explica un fenómeno físico a través de una representación que incluye características macroscópicas y microscópicas, respaldadas por lenguaje y símbolos que permiten desvelar y expresar entidades o procesos que no son concebibles a simple vista, llegando hasta desglosar los átomos y enlaces que participan. A partir del uso coherente y consecuente del lenguaje, es capaz de evaluar fenómenos, para predecirlos, manipularlos, formar opiniones sobre la influencia de éstos en la sociedad, su valor epistemológico y/o reflexionar sobre la limitación de nuestros sentidos en algunos procesos químicos.</p>	<p>Por ejemplo (N.1 A.1): el dibujo, además de lo mostrado en el nivel anterior, debiese considerar que 3 m<sup>3</sup> de aire caliente son capaces de levantar 1Kg y expresar como la gravedad forma parte esencial del fenómeno de subir o bajar según la densidad. Además de tener en cuenta la composición del aire más allá de corpúsculos sino a nivel de elementos.</p>

### Resultados y Discusiones

El material diseñado y empleado para el desarrollo de la SEA posee una gran riqueza de datos, ya que, al presentarse a los estudiantes como guías, posee varios espacios para que éstos escriban, reflexionen y/o trabajen. No obstante, la información que es principalmente relevante para la investigación tiene que ver con aquellas que demandan representaciones y/o explicaciones de los estudiantes en términos de modelos microscópicos de ciertos fenómenos, para así, poder emplear el instrumento de análisis de datos.

#### Pretest:

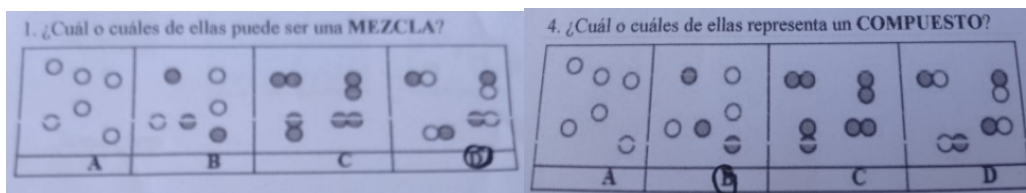
La secuencia comienza empleando el instrumento creado por Órdenes y colaboradores (2014) para levantar las ideas previas sobre las distintas representaciones sub-microscópicas (o simplemente microscópicas) y macroscópicas de la materia, no solo por el contexto de los niveles de representación, sino también porque el instrumento permitía discutir la clasificación de las sustancias como elementos, compuestos y mezclas, una actividad fundamental en el desarrollo de la secuencia didáctica

*Alternativas:* El primer Ítem del instrumento consta de 4 alternativas, los cuales buscan explicitar cómo los estudiantes identifican las sustancias según su representación en corpúsculos.

El análisis mostrado a continuación se centra en la relación entre mezcla y compuesto, ya que es la forma de diferenciar en términos de corpúsculos cuando están unidos mediante enlaces o interacciones. En este sentido, los autores advierten que cuando los alumnos no tienen una representación submicroscópica adecuada de la sustancia, se puede confundir entre uno y otro, ya que en ambos interactúan a lo menos dos componentes.

Se observa que al menos 7 de los 23 estudiantes confunden “microscópicamente” cómo se

vería (o representaría) una mezcla a cómo se vería un compuesto, esto podría significar lo que algunos autores mencionan sobre confundir a las mezclas como una reacción química, como si estuviesen unidos mediante enlaces químicos, una de las tantas concepciones alternativas identificadas por Acero (2015) y compiladas en la Figura 4.



**Figura 8.** Respuesta de uno de los 7 estudiantes. (Fuente: Elaboración propia, a partir del instrumento generado por Órdenes, et al., 2014)

Estos resultados iniciales, refuerzan la idea de transitar por un nivel intermedio que considere la disolución (mezcla homogénea) como un cambio físico. De esta manera, se espera desarrollar en el estudiante un modelo propio para diferenciar una mezcla de una reacción química

*Representaciones microscópicas:* El segundo ítem, y el último en analizarse, demanda que los estudiantes representen, de manera microscópica, sustancias y/o mezclas cercanas.

El análisis que realizan los autores sobre el instrumento es bastante preciso a la hora de describir cómo se distribuyen las respuestas o representaciones de los estudiantes, incluso aplicado en un contexto distinto se observan tendencias cercanas. Es por ello que se opta por realizar un análisis similar de las 2 representaciones más significativas para esta unidad, la de mezcla homogénea (agua y té) y la mezcla heterogénea (arena y agua)

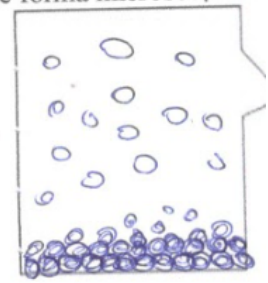

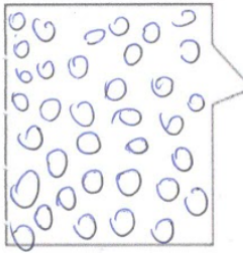
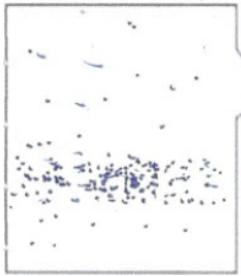
**Tabla 5:** Representaciones de los estudiantes sobre la mezcla homogénea (té). (Fuente: Elaboración propia).

Frecuencia	8	5	8
			3

El té, al ser una mezcla homogénea y por consiguiente una disolución verdadera presenta una representación más cercana a la que se muestra en primer lugar, formada por dos sustancias que se mezclan mutuamente y se “revuelven”, es resaltable que exista tal frecuencia para esta representación, considerando los resultados obtenidos por los autores del instrumento que

presentaban la segunda imagen como la más repetida, y en este caso fue una de las menos. Además, tal como los autores mencionan, pero esta vez con una mucha mayor incidencia, es posible dilucidar la influencia de que exista “una sola fase” o que no sean capaces de ver los dos componentes desemboca en una representación que considera partículas de un solo color, como si de un elemento se tratase.

**Tabla 6:** Representaciones de los estudiantes sobre la mezcla heterogénea (té). (Fuente: Elaboración propia).

				
Frecuencia	12	2	5	4

o en Blanco.

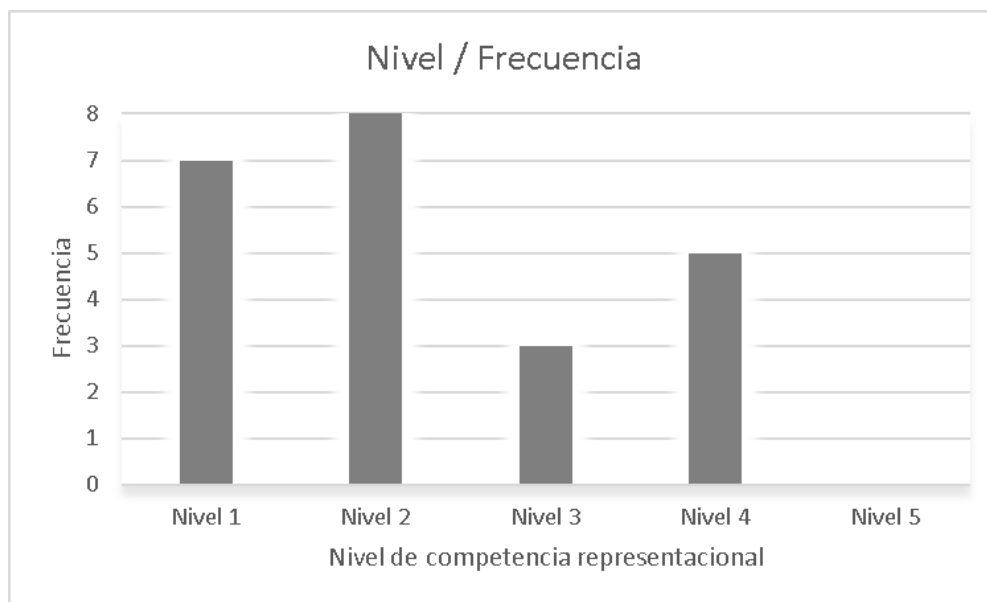
La arena y el agua son mezclas heterogéneas, debido a que no tienen atracciones lo suficientemente fuertes para que permanezcan unidas. La representación que más frecuentemente los estudiantes realizan es la que los autores consideran correcta. Es confuso y preocupante el hecho de que los estudiantes representen una mezcla heterogénea, en la que se pueden observar dos componentes o fases, con átomos de un solo color al igual que en la pregunta anterior.

#### N.1 A.1: ¿Cómo funciona, a nivel microscópico, un globo aerostático?

Si bien, la actividad fue de manera grupal, todos los estudiantes recibieron el material y debían iniciar la guía dando respuesta preliminar a la pregunta o representando el funcionamiento de un globo aerostático, recordando que la fase inicial del ciclo requiere que los estudiantes expresen sus ideas iniciales y/o intuitivas. Por lo que se eligió esta actividad como referencia de modelo inicial, ya que el pretest no demandaba la explicación de fenómenos físicos y tampoco está validado para eso, sino, para explorar las representaciones microscópicas de la materia que tienen los estudiantes.

La Figura 9 muestra como la mayoría de los estudiantes (15 de 23) explican los fenómenos a través de características visibles (macroscópicas). Algunos realizaban una descripción icónica de un globo subiendo, y otros empezaban a emplear los corpúsculos para explicar los fenómenos, pero no lograban construir un sentido al carecer de más símbolos que aclaren lo que el dibujo quiere decir. Los estudiantes que pertenecen al nivel 3 fueron capaces de apelar a los 3 niveles de representación, sin mucho éxito en ser consecuente entre el texto y la representación.

No obstante, existe una minoría de los estudiantes que es capaz de explicar, de manera muy precisa (más no perfecta) el funcionamiento de un globo aerostático a través de lo que sucede a nivel microscópico. La consignación de estos datos fue explicitada en la Tabla 4 como forma de transparentar la clasificación.



**Figura 9:** Distribución del nivel de competencia de los estudiantes. (Fuente: Elaboración propia)

Estos resultados preliminares dejan en evidencia que los estudiantes explican y/o describen los fenómenos a partir de, en su mayoría, características macroscópicas. Aunque también revela estudiantes que inician la secuencia con una competencia alta a pesar de no haber recibido instrucción en estos contenidos ni modelos anteriormente.

### **Actividades de aplicación:**

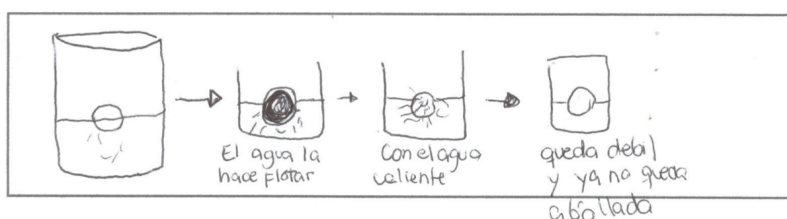
Se seleccionaron las actividades de aplicación en términos del ciclo de modelización, ya que eran aquellas que demandaban de manera más directa la habilidad de explicar y/o describir procesos en términos de representar las entidades que participan y están ocultas a simple vista. En esta ocasión, se plantea un análisis grupal, debido a que a medida que avanzaba la secuencia, los estudiantes debían trabajar juntos para realizar experimentos y/o discutir la capacidad explicativa de modelos.

Los estudiantes formaron de manera libre y según sus intereses personales grupos heterogéneos de entre 2 y 6 personas. Se formaron 6 grupos en total y fueron fijos por lo que duró la secuencia.

### N.1 A.2: ¿Por qué la pelota de ping-pong recupera su forma inicial?

Se espera que los estudiantes expliquen y/o describan de qué manera los átomos que están dentro de la pelota ejercen presión sobre el borde de esta misma al calentarse, lo que eventualmente empuja las paredes de la pelota hacia el exterior lo suficiente para que la pelota recupere su forma esférica inicial.

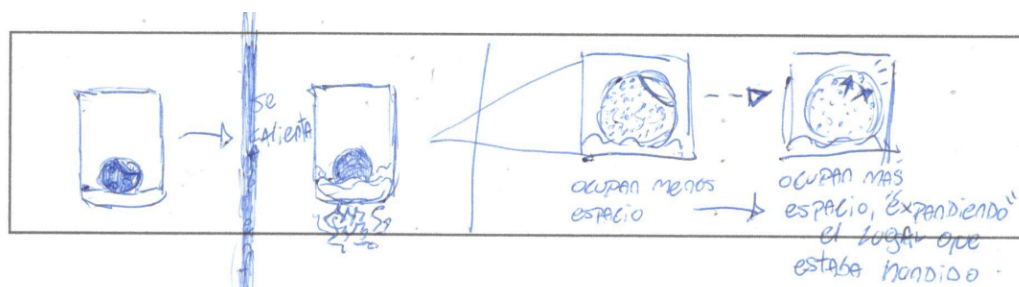
Los resultados de la implementación muestran que los estudiantes, en su mayoría, recurren a propiedades macroscópicas, como lo es que la pelota se ponga más “blanda”, para explicar fenómenos que tienen su principal razón de ser en lo microscópico, en este caso, está asociado a la presión que se genera al aumentar la temperatura y los intentos de las partículas de expandir su volumen.



**Figura 10:** Respuesta del grupo 2 (Nivel 2 de competencia). (Fuente: Extraído de la guía entregada).

Más allá de la incidencia en explicar mediante lo macroscópico, el principal avance identificado en esta actividad es que los estudiantes ya son capaces de describir procesos. Aunque existen grupos que lo realizan de manera muy incompleta, considerar los cambios en el tiempo que se traduce en realizar más de una representación para el mismo fenómeno implica un avance en la competencia representacional.

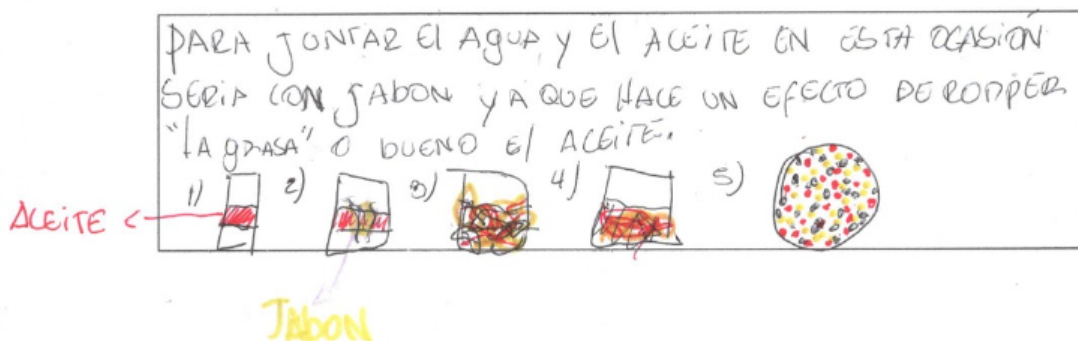
Es destacable que el grupo 6 fue capaz de llegar a la explicación y representación del fenómeno más exacta, es decir, el modelo mostrado en la Figura 11 explica lo que sucede a nivel macroscópico mediante modelos microscópicos que son capaces de desvelar el efecto de la expansión del gas sobre las paredes de la pelota, esto marca el nivel 4 de esta actividad.



**Figura 11:** Respuesta del grupo 6 (Nivel 4 de competencia). Fuente: Extraído de la guía entregada.

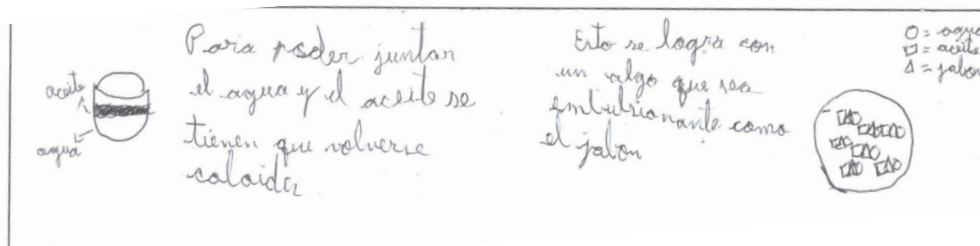
### N.2 A.3: ¿Cómo se puede juntar el agua y el aceite?

Se espera que los estudiantes realicen predicciones y/o expliquen de qué manera es posible lograr mezclar dos sustancias que son inmiscibles o insolubles entre sí.



**Figura 12:** Respuesta del grupo 3 (Nivel 3 de competencia). (Fuente: Extraído de la guía entregada).

En esta actividad, los resultados muestran un avance considerable principalmente en consignar las partículas, es decir, entregarles una identidad mediante símbolos, colores y/o nombres. Algo que, hasta entonces, no había sido observado. La Figura 13 muestra cómo los estudiantes crearon una simbología que les permitía visualizar como el jabón interactuaba como un “puente” o “pegamento” entre el agua y el aceite, lo que se traduce en una sustancia que se mantiene junta por esta interacción.



**Figura 13:** Respuesta del grupo 4 (Nivel 4 de competencia). (Fuente: Extraído de la guía entregada).

Otros grupos, además de emplear simbología como la mostrada anteriormente, argumentaron que se trataba de un coloide la mezcla formada debido a que con el tiempo se volvían a separar.

Este nivel 2 del ciclo tiene como objetivo considerar las interacciones entre partículas y cómo estas interacciones configuran las características de las disoluciones y mezclas en general, los resultados mostrados por los estudiantes han técnicamente superado las dificultades encontradas en la actividad anterior y demandada por el nivel 1 del ciclo, ya que la mayoría son capaces de asumir que la verdadera razón que el aceite y el agua se pueden juntar es la interacción de una tercera sustancia que tenga propiedades similares a ambas de manera

simultánea. Esto se evidencia al no encontrar ninguna representación que explique mediante propiedades macroscópicas este fenómeno. De esta manera, ningún grupo posee un nivel de competencia representacional 2 o menor.

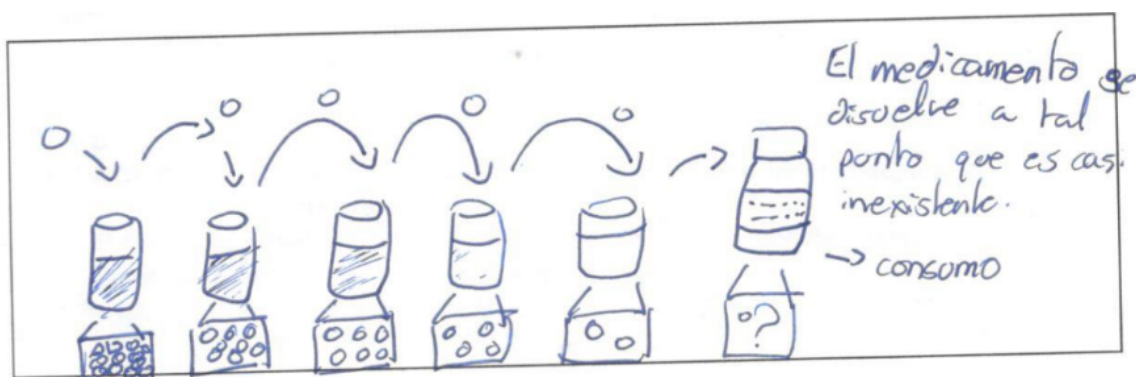
El avance que se reconstruye a través de sus representaciones puede estar influenciado en gran medida por la pregunta y la experimentación. En este caso, la experimentación era un poco más abierta en donde a partir de varias sustancias presentes en el laboratorio lograron llegar al jabón, otros estudiantes emplearon la acetona e incluso el alcohol como alternativas. La que más generó impacto fue la del jabón y fue la que prevaleció.

Caso contrario en el nivel anterior, en el que una actividad experimental más cerrada en términos de instrucciones, y con un efecto notorio de la temperatura en propiedades físicas (que la pelota se ablanda) llevó a los estudiantes a pensar desde lo que sus sentidos podían percibir.

Por último, esta actividad plantea interrogantes sobre la concepción alternativa referida a la representación de las partículas juntas, “unidas”, como indicativos de un enlace químico que los vincula. Para este caso, el modelo que plantea el grupo 4 en la Figura 13 fallaría al seguir las reglas de la representación de las mezclas pero es curiosamente más explicativo que un modelo que sigue mejor las reglas como lo es la figura 12. Esto deja la puerta abierta a otros didácticos e interesados en concretar un modelo sobre cambio físico y/o interacciones físicas en términos de una representación simbólica.

### N.3 A.3: ¿Cómo funcionan y se preparan los medicamentos homeopáticos diluidos?

Este último nivel tiene como objetivo relacionar la concentración con las propiedades de las disoluciones, así como el efecto de la dilución en la concentración y utilización de los productos, en este caso, los homeopáticos que poseen “potenciaciones” según el número de diluciones que presenten.



**Figura 14:** Respuesta del grupo 6. (Nivel 4 de competencia). (Fuente: Extraído de la guía entregada).

El análisis se centra en cómo se prepara el medicamento homeopático llamado “cholesterinum” que posee una potencia de 200c, la Figura 14 es uno de los mejores modelos debido a que es capaz de relacionar la propiedad macroscópica (el color) con la microscópica (la cantidad de sustancia), asumiendo que ocurren sucesivas diluciones antes de alcanzar un producto que prácticamente no posee de la sustancia o compuesto activo. Aunque no es capaz de analizar o evaluar a mayor medida cómo funcionan.

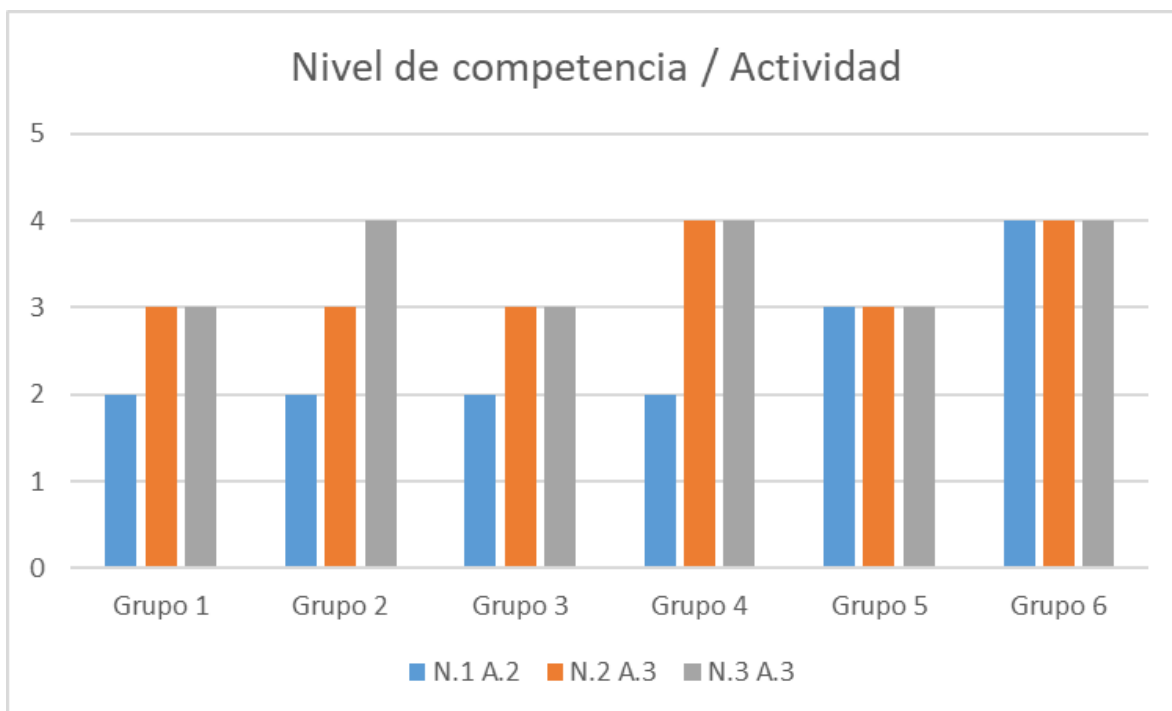
Esta última pregunta fue la más difícil de construir, ya que no existen referencias al respecto en los documentos revisados en la construcción de esta secuencia, por lo que se esperaban representaciones que fuesen capaces de explicar cómo se preparaban los medicamentos y la relación de ésta con su utilidad. Por ello, se optó por agregar un cuadro adicional que demanda al estudiante valorar el uso y/o efectividad del medicamento.

Las opiniones de los estudiantes de esta última pregunta toman principalmente 3 caminos: a) Es un fraude, b) Es una medicina alternativa, c) No me afecta siempre y cuando los consumidores sepan que compran. Estos 3 caminos proponen una línea interesante de discusión centrada en las propiedades que otorgan las partículas. Uno de los temas que más surgió en discusión es la “esencia”, algo que sigue teniendo un componente místico que son reacios a abandonar.

Logrando así, que una vez más las ideas previas o creencias personales se antepongan a la ciencia y la evidencia, que se demostró mediante una dilución sucesiva de una bebida gaseosa cola. Entonces, a pesar de que los estudiantes muestran mejores niveles de competencia representacional, generando dibujos cada vez más explicativos y descriptivos, la idea de que la materia posee “esencia” o “energía” u otra opción paralela a las propiedades de la sustancia suelen prevalecer por sobre esta idea química.

La Figura 15 resume las actividades y muestra que existe un avance en todos los casos respecto a la competencia representacional, los grupos desde el 1 al 4 iniciaron en el nivel 2 ya que explicaron solo empleando características macroscópicas y terminaron en el nivel 3 o 4, ya sabiendo visualizar aquellas partículas y procesos que antes estaban ocultos, lo que muestra un avance significativo y se podría entender como un aprendizaje profundo. Este aprendizaje podría estar marcado por la tendencia que marca el grupo 4 y 6, es decir, una vez se llega al nivel 4 de competencia es muy difícil que haya un retroceso.

El instrumento ha permitido describir el progreso de los estudiantes a lo largo de la secuencia en función de su competencia representacional. El instrumento permite entregar retroalimentaciones más personalizadas y que demanden de los estudiantes y los grupos nuevos consensos, nuevos modelos que estuvieron en permanente revisión a lo largo de la secuencia.



**Figura 15:** Respuestas de los estudiantes, N.1 A.2, N.2 A.3 y N.3 A.2 respectivamente.

## Conclusiones

Los objetivos de la educación científica han cambiado a través de los años, especialmente para la química, en este contexto la modelización que se concreta a través del ciclo de Couso y colaboradores se posiciona como un enfoque didáctico en el que, a través de la expresión de los modelos intuitivos, procesos dialógicos productivos y la continua toma de acuerdos, es posible promover la construcción y sofisticación de modelos que permiten explicar, predecir y/o describir fenómenos. Esta nueva forma de aprender y enseñar que requiere estrategias dialógicas para generar andamiajes y retroalimentaciones constantes hacia los estudiantes ofrece grandes oportunidades como actividad científica escolar auténtica y se consolida como una forma distinta al método tradicional de enseñanza de la índole pregunta-respuesta (Couso, et al., 2020).

Esta secuencia, mediante la investigación basada en diseño (IBD) ha logrado desvelar o proponer una serie de *stepping stones* y/o estadios intermedios necesarios para alcanzar un modelo sofisticado de disolución que considere: la discontinuidad de la materia, la interacción entre las sustancias y cómo estas configuran las propiedades de una disolución en función de la proporción que se encuentre participando de la mezcla. Izquierdo y Adúriz-Bravo (2005) mencionan lo importante que es entregar a los estudiantes la manera propia de mirar de la química y no los modelos teóricos ya finalizados, ya que es la intervención química lo que entrega el significado al proceso. Es por ello, que el ciclo de modelización se consolida como un enfoque poderoso que permite abordar y superar estos distintos estadios intermedios para alcanzar un modelo

El logro de estos aprendizajes requiere andamiajes y retroalimentaciones constantes hacia los estudiantes y se formaliza a través de iconos, símbolos, representación o lenguaje escrito.

Los resultados iniciales de esta secuencia recogidos del pretest, A.1 N.1 y A.1 N.2 concuerdan con lo que investigaciones en esta misma línea han descrito sobre la prevalencia de las explicaciones intuitivas por sobre las científicas que consideran y emplean modelos microscópicos, es decir, los estudiantes representan y explican fenómenos a partir de las características macroscópicas, apoyándose en propiedades observables aun cuando estas no sean la principal razón del fenómeno (Gutiérrez, 2005 ; Ordenes, et al., 2014 ; Madrid, et al., 2013). Sin perjuicio de lo anterior, la SEA propuesta en este artículo ha mostrado que es posible desplazar estas explicaciones intuitivas a través de la enseñanza con un enfoque en la modelización, logrando que los estudiantes sean capaces de visualizar el mundo microscópico, dando progresivamente más importancia a lo que sucede a esta escala y su influencia en lo que podemos percibir a través de los sentidos. Esto promovió en los estudiantes el uso de símbolos, lenguaje escrito y representaciones auténticas que sean capaces de comunicar de manera efectiva lo que sucede a una escala que no es posible acceder si no es a través de procesos cognitivos más complejos que escapan de la reproducción literal de una observación o situación.

Este aprendizaje es descrito en la Figura 15 como un avance en la competencia representacional de prácticamente todo el grupo curso respecto al inicio de la secuencia, a partir del instrumento generado a partir de la conceptualización de Kozma y Rusell (2005) de esta competencia esencial para un químico y la progresión en el uso de los Niveles de Representación que propone Cañero-Arias y colaboradores (2022) en el contexto de la representación de disoluciones.

En conclusión, se espera que esta contribución desde la perspectiva de la didáctica de la química y la práctica docente tenga un impacto significativo en la reorientación tanto de los educadores como del currículum de la asignatura. El objetivo principal es encaminar estos elementos hacia la enseñanza de los modelos de la materia a través de la modelización, un enfoque probado y avanzado que proporciona pautas claras para abordar y superar los estadios intermedios de los modelos, nociones y grandes ideas científicas que deben transmitirse. Este enfoque no solo busca avanzar hacia modelos cada vez más precisos y útiles, equiparándolos a herramientas que guían la construcción del conocimiento, sino que también pretende estimular el desarrollo de actividades científicas auténticas en el aula. De esta manera, se establece un primer paso hacia la innovación educativa y se superan las metodologías clásicas y reproductivas que aún predominan en muchas aulas de esta disciplina.

### **Limitaciones**

Debido a la diversidad de modelos o representaciones que los estudiantes podían construir, realizar un análisis caso por caso resultaría prácticamente inviable. Aunque el enfoque analizado en este artículo presenta de manera efectiva la distribución de representaciones a

lo largo del curso, el ideal era lograr una participación continua y constante de todos los estudiantes. No obstante, la implementación de periodos y ciclos extensos implica una inversión considerable de tiempo, lo cual, en el contexto estudiantil, podría traducirse en la ausencia de clases durante varios días. A propósito del desarrollo y validación de la secuencia, se hizo evidente el poder que tenían las preguntas a la hora de demandar una representación o un dibujo. No es un descubrimiento que las preguntas sean un punto de partida para aprender ciencia (Conejera y colaboradores 2020).

Aun cuando las preguntas, fueron revisadas y mejoradas varias veces, debido a lo iterativo o cíclico que es el proceso de construcción de una SEA mediante la metodología IBD, siguen siendo perfectibles y pueden haber influenciado las representaciones de los estudiantes al demandar diferentes tareas y hacer referencia a otros objetivos.

### **Proyecciones:**

Debido a las limitaciones encontradas en el apartado anterior, el énfasis que debieran optar las próximas investigaciones en esta temática yace en el diseño de preguntas o situaciones que sean, por sí mismas, capaces de demandar respuestas de los estudiantes en donde puedan evaluar los efectos sociales o epistemológicos de los modelos.

Además, la secuencia ha encontrado lugares en donde existen discusiones y controversias vigentes en la didáctica actual, se hace especial énfasis en el significado de que una sustancia esté “pegada” a otra como si fuese indicativo de un compuesto cuando podría tratarse de una mezcla. Al fin y al cabo, el valor del modelo yace en gran medida en su poder explicativo y descriptivo, características que están en permanente evaluación. En esta línea, dibujar símbolos que representan sustancias permite al estudiante significar y visualizar la interacción entre sustancias, el cual es uno de los peldaños más importantes en la comprensión de las disoluciones. Esto se transforma en una invitación a permitir que los estudiantes desarrollen sus propias maneras de representar el mundo a través de símbolos y modelos que le hagan sentido. El ciclo no busca entregar un modelo de la materia para ser aplicado, sino que intenta que los estudiantes construyan uno original, a partir de las diferentes opiniones, observaciones y acuerdos que se llevaban a cabo en este enfoque didáctico.

### **Agradecimientos**

Proyecto Fondecyt 1211092 ANID. Gobierno de Chile

### **Bibliografía.**

- Acero Sánchez, E. (2015). *Diseño de una unidad didáctica sobre el estudio de disoluciones*. (Tesis de maestría)
- Caamaño, A. (2018). Enseñar química en contexto: un recorrido por los proyectos de química en contexto desde la década de los 80 hasta la actualidad. *Educación química*, 29(1), 21-54.
- Cañero-Arias, J., Blanco-López, Á., & Oliva Martínez, J. M. (2022). Representando las disoluciones en el contexto de las bebidas gaseosas. *Educación química*, 33(1), 127-139.
- Conejera, A. R., Joglar, C., & Jara, R. (2020). Promoviendo la Formulación de Buenas Preguntas en

- la Clase de Biología en Secundaria: una propuesta didáctica a partir de situaciones problema. *Ciência & Educação (Bauru)*, 26.
- Cutrerá, G., & Stipich, S. (2016). El triplete químico. Estado de situación de una idea central en la enseñanza de la Química. *Revista Electrónica sobre Cuerpos Académicos y Grupos de Investigación*, 3(6).
- Gutiérrez Julián, M.S., Gómez Crespo, M.A. y Pozo, J.I. (2002) Conocimiento cotidiano frente a conocimiento científico en la interpretación de las propiedades de la materia. *Investigações em Ensino De Ciências*, Vol. 7 (3).
- Gutiérrez Julián, M. S., GÓMEZ CRESPO, M. A., & Pozo, J. I. (2005). Utilización del modelo corpuscular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*.
- Izquierdo, M. & Adúriz-Bravo, A. (2005). Los modelos teóricos para la ciencia escolar: Un ejemplo de química. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra).
- Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students becoming chemists: Developing representational competence. In *Visualization in science education* (pp. 121-145). Springer, Dordrecht.
- Madrid, J. C., Arellano, M., Jara, R., Merino, C., & Balocchi, E. (2013). El aprendizaje cooperativo en la comprensión del contenido “disoluciones”. Un estudio piloto. *Educación química*, 24, 471-479.
- Marchán-Carvajal, I., & Sanmartí, N. (2015). Criterios para el diseño de unidades didácticas contextualizadas: Aplicación al aprendizaje de un modelo teórico para la estructura atómica. *Educacion Quimica*, 26(4), 267–274.
- Méndez Isaza, D. A., & Castro Martínez, J. C. (2016). *La disolución como concepto estructurante en Química una estrategia didáctica centrada en la modelización*. (Tesis de grado)
- Merino, C. & Ahumada, C. (2023). La visualización del movimiento del planeta y las leyes de Kepler mediante realidad aumentada. En Aravena, M., Hidalgo, V., Garete, F. & Soto, M. (Eds.), *Educación científica: Investigaciones e innovaciones en las aulas chilenas* (pp. 253-275). OEI.
- Merino, C., Iturbe-Sarunic, C., Miller, B. G., Parent, C. E., Phillips, J. G., Pino, S., ... & Zamora, J. (2022). Snailed It! Inside the Shell: Using Augmented Reality as a Window Into Biodiversity. In *Frontiers in Education* (Vol. 7, p. 933436). Frontiers.
- MINEDUC. (2015). Bases curriculares de 7° a 2° medio. [https://www.curriculumnacional.cl/614/articles-37136\\_bases.pdf](https://www.curriculumnacional.cl/614/articles-37136_bases.pdf)
- MINEDUC. (2023). Actualización Priorización Curricular 2023-2025. [https://www.curriculumnacional.cl/614/articles-331226\\_recurso\\_pdf.pdf](https://www.curriculumnacional.cl/614/articles-331226_recurso_pdf.pdf)
- Oliva, J. M. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias didácticas*, 37(2), 5-24.
- Ordenes, R., Arellano, M., Jara, R., & Merino, C. (2014). Representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas sobre la materia. *Educación química*, 25(1), 46-55.
- Ruge, L., & Mosquera, C. (2019). La modelización en la enseñanza de los conceptos de sustancia y mezcla. En *VI Congreso Nacional de Investigación en Educación en Ciencias y Tecnología*.
- Salazar Monguí, J. A. (2014). *Diseño de una estrategia didáctica para mejorar la apropiación del lenguaje de la química a través del tema disoluciones* (Tesis de maestría).
- Talanquer, V. (2013). Progresiones de aprendizaje: promesa y potencial. *Educación química*, 24(4), 362-364.