

¿Todos interactuamos?: una secuencia de enseñanza aprendizaje acerca de las interacciones intermoleculares en química orgánica a través de la indagación científica y modelización

César Plaza Tapia

Liceo Parroquial San Antonio
Viña del Mar
cesarplazatapia@gmail.com

Resumen

En este trabajo se presenta el proceso de diseño, validación e implementación de una secuencia de aprendizaje de las interacciones intermoleculares en química orgánica empleando un enfoque pedagógico basado en la indagación científica de tipo acoplada, donde se incorporan aspectos de una indagación abierta e indagación guiada. La secuencia se sustenta en un ciclo de aprendizaje constructivista y bajo un enfoque cualitativo que promueve procesos de modelización. Este estudio fue aplicado a una muestra de 32 estudiantes de segundo año medio en un liceo de la ciudad de Viña del Mar en la asignatura de química. Las actividades de aprendizaje se centran en representar las interacciones intermoleculares en compuestos orgánicos y busca promover la representación de fuerzas intermoleculares cuyas características pueden explicar el comportamiento de compuestos orgánicos en un contexto cotidiano que sea conocido por el estudiantado, el cual puedan explicar y comunicar a sus pares. Para ello se recurrió a la tipología de Kozma y Russell para hacer la clasificación de sus representaciones. Los resultados sugieren que, al término de las actividades de aprendizaje, disminuyen las respuestas de nivel 1, representadas físicamente, y aumentan las respuestas en el nivel 2, nivel 3 y nivel 4, esta última, representando símbolos formales correctamente descritos. Se concluye así que la secuencia de actividades promueve en los estudiantes la habilidad de modelizar interacciones intermoleculares.

Palabras clave: Interacciones intermoleculares, química orgánica, SEA, IC, modelización.

Introducción

La ciencia en la actualidad y en la educación en Chile

La ciencia es protagonista en nuestra sociedad, dependemos de ella para desenvolvernos, tomar decisiones y explicar los fenómenos que se dan en nuestro entorno, volviéndose indispensable, no sólo en otorgar fundamentos, sino también para participar como ciudadanos. Esto requiere que la formación escolar debe atender a estimular el conocimiento científico a través del desarrollo de habilidades, con énfasis en la educación científica, que reviertan los bajos niveles de habilidades cognitivas básicas (Mineduc, C. d. E., 2018). En consecuencia, es pertinente y oportuno desarrollar el conocimiento y las competencias de nivel científico necesarias para abordar discusiones públicas con un alto nivel, aportando desde la innovación y participación como ciudadano (Gil & Vilches, 2006). Para cumplir con los objetivos declarados en el Ministerio de Educación (2011), los planes y programas de 2º medio, cuyas actitudes y valores serán adquiridas a través de la indagación científica que, en conjunto con la educación química, complementarán el currículo por medio de una gran cantidad de contenido cuya revisión requiere un tiempo acotado, pasando por alto el análisis

de algunos tópicos necesarios para comprender la teoría y sus aplicaciones. Actualmente, los profesores dan énfasis a las metodologías tradicionales con énfasis en la instrucción docente, relegando a un segundo plano la educación científica (González Weil et al., 2009) dejando postergadas las posibilidades de contar con nuevos instrumentos y metodologías a la enseñanza. Las nuevas metodologías de enseñanza forman parte del proceso educativo con la evaluación del proceso, lo que junto con disponer de nuevos estudios en psicología, cognición y mente, han cambiado el foco hacia el estudiante, haciéndolos aprendices activos en su aprendizaje, llevando su conocimiento a otros contextos en lo que concierne a sus habilidades más complejas que le permiten responder a criterios sociales más exigentes, estimulando su motivación y tomando su conocimiento previo como punto inicial del proceso (Bransford, Brown & Cocking, 2000) que les permita desarrollar actividades, tomando el control de su aprendizaje.

¿Qué nos dice el currículo sobre la enseñanza de interacciones intermoleculares?

El currículo escolar presenta en sus unidades el apartado de bases de química y reactividad orgánica. Este se aborda en el nivel de segundo medio, como parte de la formación general de todos los estudiantes cuya dependencia es científico humanista y técnico profesional, según lo establecido en el decreto N°254 del año 2009, cuyo énfasis en esta unidad se explicita en el conocimiento de grupos funcionales claves para los seres vivos y en la elaboración de productos industriales.

Desde su origen, a través de la Ley N°20.370 de 2009 del Ministerio de Educación, se han propuesto cambios para que la enseñanza de las ciencias apunte a la alfabetización científica (MINEDUC, 2013). Estos cambios tienen como objetivo establecer un punto de unión entre el mundo microscópico y macroscópico, a través de representaciones intermoleculares por las cuales, moléculas se mantienen cercas unas de otras a través de interacciones intermoleculares. Estas interacciones, en los libros de texto, no poseen una unidad dedicada a su explicación y representación, por lo que no es posible valorar su relevancia.

La organización de la unidad de química obedece a la organización del currículo, donde no se mencionan a las interacciones intermoleculares ni términos afines que permitan el entendimiento de fenómenos que subyacen la química orgánica. A consecuencia de esto, se requiere una revisión, no sólo de los conceptos que otorgan significancia a esta unidad, sino también, un nuevo diseño de enseñanza y aprendizaje para abordar el cómo los compuestos orgánicos interactúan entre sí, dando fundamento a los fenómenos de la naturaleza tal como se conocen y cuyas implicancias no sólo son parte de la química, sino de las ciencias en su conjunto.

¿Cómo se enseña las interacciones intermoleculares en los textos escolares?

Las editoriales elaboran cada año textos escolares cuyos objetivos son definidos a través del currículum por el Ministerio de Educación, constituyendo un recurso pedagógico ampliamente usado y disponible para que los estudiantes puedan aprender en clase o fuera de ella. Por esta razón, el libro de texto cumple su función articuladora, pero debe adaptarse a los cambios intentando conciliar lo que se “debe enseñar” con la pretensión del currículo, involucrando la transmisión de los fenómenos experimentales a través de mejores ilustraciones que hacen del recurso algo más atractivo (Marzabal, Hernandez & Izquierdo, 2014) y que deba aportar a su vez a la alfabetización científica. Las interacciones

intermoleculares eran abordadas como tópicos de estudio en los planes y programas de 1° medio, centrado en el aprendizaje de la unidad de enlace químico. Esta unidad no se retoma textualmente en la unidad de química orgánica y reactividad química, actualmente dispuesta en 2° medio, pero se otorga como fundamento para explicar características propias de compuestos químicos cuyas características dependen de sus grupos funcionales.

Un análisis hecho a libros de texto de enseñanza de la química para segundo año medio sugiere que, en el programa de estudios entregado por MINEDUC desde 2012 a la actualidad, se aborda una gran cantidad de conceptos ligados a la química orgánica que están dispuestos para ser trabajados (Figura 1), de manera secuenciada, dando especial énfasis en hidrocarburos, características del carbono, tipos de enlace, hibridación, grupos funcionales y características propias de cada grupo funcional.

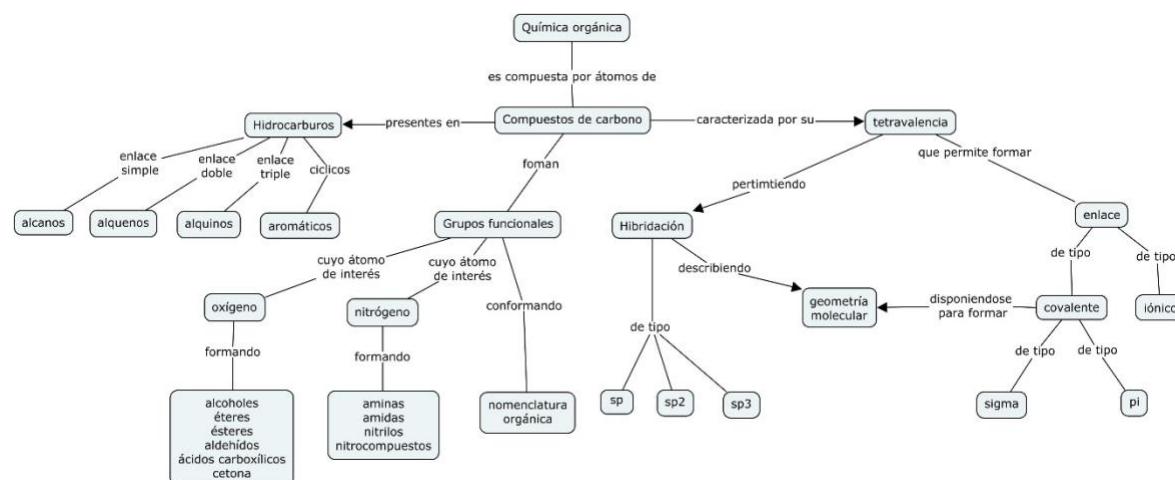


Figura 1. Esquema de contenidos en Química Orgánica para 2º de enseñanza media. Programa de estudio, Ciencias Naturales Segundo medio. (Fuente: Adaptado de Ministerio de Educación, 2016).

Este análisis toma especial importancia en los fragmentos de texto llamados “eventos”, cuya categorización es realizada con la taxonomía de Jimenez y Perales (2001), con la cual se aprecian distintas categorías de contenidos y habilidades, desde menor a mayor complejidad. Tanto estatal como privado, el libro de texto responde a las categorías predominantes de evocación, descripción y aplicación.

En consecuencia, el análisis de los textos escolares evidencia que los cambios en los libros de texto necesitan promover el desarrollo de habilidades de mayor complejidad. Tales funciones deben obedecer a hacer énfasis en la problematización de la química orgánica, que estimule el análisis de la química orgánica en relación no sólo con otros grupos funcionales sino también aplicada a otras disciplinas que se fundamentan en las formaciones de estructuras con carbono.

¿Qué concepciones alternativas hay en torno al aprendizaje de las interacciones intermoleculares?

Las concepciones alternativas de los estudiantes sobre interacciones intermoleculares se abordan en diferentes documentos, cuyo rango de edad se situa entre 14 y 18 años, considerando que las interacciones intermoleculares se pueden manifestar en el mundo macroscópico en la solubilidad, en el punto de fusión y en el punto de ebullición. En la investigación desarrollada por Giraldo, Cañada, Dávila y Melo (2015), se indica a una porción considerable de estudiantes que señalan que la temperatura no influye en los procesos de disolución con las consiguientes consecuencias al no contemplar la coexistencia de dos estados de agregación a la misma temperatura. Es posible identificar en los estudiantes dificultades al explicar la discontinuidad de la materia, justificando la presencia de más materia en espacios vacíos entre moléculas, sin mencionar las interacciones entre moléculas al intentar responder qué es lo que ocurre al añadir detergente al agua. En este tópico, es recurrente indicar que las disoluciones, cuando poseen cambios visibles, hay reacción química. Para Blanco & Prieto (1994), en las concepciones recogidas de solubilidad de una sustancia, se debe a propiedades macroscópicas de la materia como densidad, peso, grosor, etc., cuyos modelos explicativos en edades tempranas, lleva a los estudiantes a afirmar que cuando un soluto es mezclado en un disolvente éste “desaparece”, siendo difícil para los estudiantes explicar fenómenos desde el mundo de lo “no observable” (Fernández & Moreno, 2013). De Posada (1999), señala que buena parte de los problemas que se suscitan en el nivel representacional atómico comienzan con dificultades en el reconocimiento del tipo de enlace que poseen diversas estructuras, lo cual conlleva a interpretaciones erróneas de las fuerzas intermoleculares, las cuales suelen ser confundidas con las fuerzas dentro de una molécula y dentro de una red covalente. A su vez, a través de un cuestionario abierto, De Posada (1999) recoge concepciones alternativas de los estudiantes para razonar las diferencias en los puntos de fusión de las sustancias, atribuyendo tal comportamiento a propiedades macroscópicas de la materia como el calor específico y densidad. En el trabajo realizado por Nakhleh (1992), los estudiantes no logran explicar las interacciones entre moléculas, proponiendo muy escasamente las fuerzas intermoleculares para explicar la interacción entre moléculas, empleando el concepto de enlace químico para sostener la unión entre moléculas.

Marco Teórico

Interacciones intermoleculares en la química orgánica

Según Chang (2005), una interacción se produce como consecuencia del acercamiento débil entre dos moléculas. Estas interacciones entre moléculas suelen ser mucho más débiles que el enlace covalente y son la que determinan las propiedades físicas de los compuestos orgánicos como la solubilidad, puntos de ebullición y punto de fusión. Para comprender las propiedades de la materia condensada es que es necesario entender las distintas fuerzas intermoleculares. Dichas interacciones son:

- Las fuerzas de Van der Waals
 - Dipolo – dipolo
 - Ion - dipolo
- Fuerzas de dispersión de London
- El puente de hidrógeno

Estas fuerzas intermoleculares marcan en la naturaleza dos comportamientos apreciables: el carácter hidrofóbico de la materia (aquellas especies que no se logran disolver en agua) y el carácter hidrofílico (aquellas especies que se logran disolver en agua). Para entender por qué sucede este comportamiento, es necesario estudiar la estructura de los átomos, cuyos electrones pueden formar enlaces o estar disponibles para redistribuirse. Como consecuencia de esta redistribución existen polos en una molécula donde los electrones están disponibles para ser transferidos (si es que llega a formarse un enlace de tipo iónico) o compartidos (si se sigue formando un compuesto covalente). En palabras de Brown (2005), si se forman compuestos covalentes, la posibilidad de enlazar varios átomos alrededor de un átomo central crece, por lo que es pertinente señalar que la formación de estructuras ocupa un volumen en el espacio considerable y disponiéndose de manera tal que, la distribución de átomos dará paso al estudio de la geometría molecular. Considerando que grandes estructuras covalentes pueden tener electrones libres, la electronegatividad explica la tendencia de algunos átomos a atraer hacia sí electrones, generando sectores en un átomo en particular con gran cantidad de electrones que, en términos moleculares, puede generar cambios en el momento dipolar de una estructura. En otras palabras, la polaridad de una estructura puede estar determinada por enlaces individuales o la simetría de moléculas (Wade, 2004). Entendiendo estas cualidades de los átomos y moléculas, es posible sustentar las interacciones entre algunas especies químicas que posean alguna afinidad, dando a lugar una frase que suele resumir las interacciones posibles, aludiendo a que “lo semejante disuelve a lo semejante”. La explicación de esta frase pasa por el entendimiento de las fuerzas intermoleculares, donde es necesario observar fenómenos del mundo macroscópico que puede orientar la comprensión de las fuerzas intermoleculares por medio de fenómenos como la solubilidad, el punto de fusión y el punto de ebullición. Razón por la cual, comenzar definiendo conceptos abstractos puede resultar un proceso forzoso, por lo que Galagovsky, Di Giacomo & Castelo (2009), sugieren que se preparen actividades que incluyan desde lo macroscópico a lo microscópico.

Modelización en la representación de estructuras orgánicas

Dentro de la variedad de definiciones existentes, se puede entender por modelo como toda representación de un fenómeno natural, objeto o fenómeno el cual es consensuado con la comunidad y que, como constructo teórico, logra explicar a través de analogías (Adúriz-Bravo, 2012). Dichas analogías cumplen un fin en sí mismo con su función explicativa, que puede llevarse a cabo en un ámbito escolar o científico, buscando representar algún aspecto de interés. En esta construcción, el modelo que se desea representar por estudiantes es un acercamiento al modelo científico siendo considerados como analogías escolares (Aragón et al, 2018) que debe abarcar desde los aspectos más simples hasta lo más complejos cuyo fin es lograr un entendimiento entre fenómenos observables y no observables, cumpliendo con reformularse para que sus ajustes logren conectar el mundo escolar con el científico. Para que dicha construcción escolar se lleve a cabo, será necesario emplear una gran cantidad de recursos cognitivos para hacer esta representación desde lo más simple hasta lo más complejo y que dicho modelo cumpla con algunas condiciones para explicar de manera sencilla, la conexión del mundo escolar con el mundo científico, satisfaciendo nuevas condiciones para ser reformulado (Acevedo-Díaz, García-Carmona, Aragón-Méndez & Oliva-Martínez, 2017). Para representar modelos en química, parte del conocimiento en ciencias ha pasado por varias etapas que han marcado el desarrollo y comprensión de las ciencias. Antes de la existencia de ordenadores y grandes procesadores de información, la química obedecía a la literalidad y a la transmisión del conocimiento escrito. Los nuevos tiempos y los

descubrimientos en química orgánica, en consonancia con el avance tecnológico, llevó a mostrar la química orgánica desde modelos de esferas hasta los revolucionarios cambios moleculares descritos en software, lo que llevó la modelización a otro estadio (Kozma & Russell, 2005) y desde un plano escolar, buena parte de la modelización se puede llevar a cabo a través de actividades concretas como la elaboración de maquetas, representaciones a escala, escenificaciones y/o personificaciones, simulaciones Tics, manejo de ilustraciones y uno extendido de analogías para explicar algún constructo teórico (Aragón et al., 2018).

La enseñanza y aprendizaje de las interacciones intermoleculares a través de la indagación

Se entiende por indagación al trabajo científico hecho por estudiantes donde se requiere de pensamiento lógico, cuyo fin es desarrollar conocimiento empleando habilidades que permitan dar explicaciones al mundo natural (Garritz, Espinosa & Labastida, 2009). Estas características permiten que los estudiantes puedan reflexionar la ciencia considerándola como un proceso, cuyo fin es encontrar una solución al problema (González Weil et al., 2012), manteniendo a los estudiantes como activos participantes, donde el docente debe apoyar a los estudiantes tanto social como emocionalmente, permitiendo que en un ambiente de mayor confianza y diálogo, se puedan construir mejores experiencias de aprendizaje aumentando las expectativas que los mismos estudiantes tiene de sí, minimizando la desmotivación escolar (Núñez del Río & Fontana, 2009). El fin en sí mismo de buscar nuevos enfoques para la enseñanza, es mantener a los estudiantes en plena interacción con fenómenos del entorno, donde se estudie el concepto de interacciones intermoleculares en la unidad de química orgánica y cómo esta influye en aspectos cotidianos. Como estrategia, la indagación posee 3 niveles (Figura 2) que pueden ser empleados de acuerdo al contexto y donde es el docente quien decidirá cuál llevar a cabo (Vergara & Cofré, 2012). Este debe ser empleado a través de una indagación acoplada, que posee características de una indagación abierta y guiada, donde se deben responder preguntas, pero siendo el profesor un guía que aporte cuestionamientos, para que el trabajo grupal sea lo suficientemente pensado y cuyos resultados sean comparados entre los compañeros, verificando algunas modificaciones al fenómeno propuesto (Reyes & Padilla, 2012). Este tipo de indagación se empleará en estudiantes que no han sido sometidos a ninguna actividad de índole indagatoria previamente. Esto les haría ser el centro del proceso educativo, por lo que es pertinente que sean conducidos en esta primera experiencia. Será necesario planificar las actividades para que los estudiantes manifiesten sus concepciones alternativas con el fin de ser estudiadas y con ellas, guiar su aprendizaje.

Tipo de indagación	¿Quién decide el problema?	¿Quién decide la metodología?	¿Quién decide las conclusiones?
No es indagación	 Profesor	 Profesor	 Profesor
Indagación estructurada	 Profesor	 Profesor	 Estudiantes
Indagación guiada	 Profesor	 Estudiantes	 Estudiantes
Indagación abierta	 Estudiantes	 Estudiantes	 Estudiantes

Figura 2. Niveles de Indagación (Fuente: Tomado de Vergara y Cofré, 2012).

La relación entre modelización e indagación para la enseñanza de las interacciones intermoleculares en química orgánica

Conforme la ciencia ha adquirido un rol preponderante en la sociedad, los sistemas educativos se han ajustado para que las habilidades en las ciencias sean desarrolladas por los estudiantes tomando un rol protagónico e interpersonal, enfatizando en las interacciones entre los individuos quienes toman roles para aprender en comunidad (Kozma & Russell, 2005) adaptándose a los nuevos enfoques y nuevas estrategias que han dado espacio a las secuencias didácticas como respuesta a los cambios curriculares que han sucedido en el tiempo. Estos enfoques toman como referentes al contexto, a los conceptos y a la investigación, la cual requiere de explicaciones para evaluar, elaborar y revisar modelos (Caamaño, 2011). Incorporando las distintas habilidades en el proceso de enseñanza, como parte del proceso de aprendizaje, será necesario que la comunicación de la ciencia sea el último paso como consecución de una progresión de aprendizajes (Sanmartí, Izquierdo, y García, 1999) donde las principales dificultades del estudiante se evidencian cuando deben generar hipótesis (apoyándose en modelos para validar su respuesta) y en la comprobación de estas hipótesis aplicando el método científico para establecer la validez del objeto ya sea observable o no, empleando un vocabulario específico (Domenech, 2015). Este punto de encuentro a través del lenguaje supone importantes aportes a la construcción científica escolar y a la integración de la modelización e indagación, dos enfoques que en conjunto aportan a resolver problemas en su contexto a través de procesos de modelización (Caamaño, 2011). Por ello, la indagación y los conceptos o modelos científicos en su conjunto necesitan un espacio para que los estudiantes no solo expliquen fenómenos observables, sino también, aquello que abarca la dimensión de las ideas que ofrece a los estudiantes una visión amplia de la ciencia (Simarro, Couso y Pintó, 2013).

En virtud de las necesidades que se han evidenciado en los libros de texto, ante los cambios en los planes y programas y las carencias en habilidades detectadas en los libros de texto de segundo año medio de Química, nos preguntamos: ¿la incorporación de la indagación científica y modelización en el diseño de actividades de enseñanza aprendizaje, promueven la comprensión de las interacciones intermoleculares en química orgánica?

A partir de la pregunta se desprenden los siguientes objetivos:

- 1) Promover el desarrollo de habilidades científicas representando interacciones intermoleculares.
- 2) Establecer criterios de validación para los instrumentos generados para esta secuencia de enseñanza aprendizaje.
- 3) Asociar las interacciones intermoleculares con la química orgánica a través del uso de representaciones y explicaciones científicas.
- 4) Generar una secuencia de aprendizaje que permita al estudiante reflexionar sobre las representaciones microscópicas a través de las interacciones intermoleculares explicadas al inicio con situaciones cotidianas y contextualizadas, finalizando con experiencias abstractas

Metodología

Esta investigación se sustenta en el paradigma cualitativo. Se escoge la metodología indagatoria, debido a que posee características que permiten la alfabetización científica a través de la investigación escolar con la resolución de problemáticas a través de la generación de preguntas, las cuales son resueltas en proceso de características sociales (Vásquez & Jiménez, 2016), con apoyo del profesor y donde deben emplear la modelización, para representar a través de dibujos, estructuras microscópicas que expliquen las interacciones intermoleculares.

Muestra

La investigación se realizó en un liceo científico – humanista, cuya dependencia es particular subvencionado, donde se imparten clases en los niveles de enseñanza prebásica, básica (1° a 8°) y media (I a IV medio) en jornada completa, cubriendo una matrícula total de 1800 estudiantes. La implementación de esta secuencia didáctica se realizó en la asignatura de química a estudiantes de segundo año de enseñanza media, cuyas edades oscilan entre los 15 y 16 años. De acuerdo al nivel socio económico declarado por el establecimiento, estudiantes y sus familias, el colegio presenta un 52.72% de Vulnerabilidad Escolar (IVE) para el año 2018 (JUNAEB, 2018).

Variables e instrumentos de recolección de datos

En virtud de la pregunta que se plantea, si el diseño propuesto promueve aprendizajes en los estudiantes, consideraremos para ello las transformaciones o más bien progresos en sus representaciones. La información será generada a partir de las propias actividades de la secuencia. Para analizar la información, se empleará la tipología de Kozma y Russell (2005), evaluando con ella cada producción de los estudiantes. Dicha tipología, posee 5 categorías por las cuales es posible evaluar las respuestas en su textualidad y dibujos, que serán clasificadas para comprender cuál ha sido la relación que han establecido para entender fenómenos observables, conectándolos con fenómenos no observables (Simarro, Couso y Pintó, 2013). Las categorías son dispuestas en 5 niveles donde cada respuesta de los estudiantes será evaluada para que identifique en alguno de los siguientes niveles:

Nivel 1: Representación como una descripción. Cuando se le solicita representar un fenómeno físico, la persona genera representaciones basado sólo en sus características físicas. Es decir, la representación es un isomorfo, una descripción, icónica del fenómeno en un punto determinado en el tiempo.

Nivel 2: Capacidades simbólicas primitivas. Cuando se solicita representar un fenómeno físico, la persona genera representaciones basadas en sus características físicas, pero también incluye algunos elementos simbólicos para superar las limitaciones del medio (por ejemplo, el uso de elementos simbólicos como flechas para representar nociones dinámicas, tales como tiempo o el movimiento o una causa observable, en un medio estático, tal como papel). La persona puede estar familiarizada con un sistema de representación formal, pero su uso no es más que una lectura literal de las características de la superficie de representación sin tener en cuenta la sintaxis y la semántica.

Nivel 3: Uso sintáctico de representaciones formales. Cuando se solicita representar un fenómeno físico, la persona genera representaciones del fenómeno basado en características físicas tanto observables como no observables, entidades o procesos subyacentes (tan como una causa no observable), aun cuando el sistema de representación puede ser inventado y las entidades o proceso idiosincráticos representados pueden no ser científicamente exactos. La persona es capaz de utilizar correctamente representaciones formales, pero se centra en la sintaxis de uso, en lugar del significado de la representación. Del mismo modo, la persona hace conexiones a través de dos representaciones diferentes de un mismo fenómeno basadas únicamente en las reglas sintácticas o características superficiales compartidas, en lugar del significado subyacente de las diferentes representaciones y sus características compartidas.

Nivel 4: Uso semántico de representaciones formales. Cuando se solicita representar un fenómeno físico, la persona utiliza correctamente un sistema de símbolos formales para representar entidades y procesos subyacentes y no observables. La persona es capaz de utilizar un sistema de representación formal basada en reglas sintácticas y en su significado en relación con el fenómeno que representa. La persona es capaz de hacer conexiones a través de dos diferentes representaciones o transformar una representación a otra basada en sus significados y características. La persona puede proporcionar un significado común subyacente para varios tipos de representaciones superficialmente diferentes y transformar cualquier representación dada en una representación equivalente en otra forma. La persona utiliza de forma espontánea representaciones para explicar un fenómeno, resolver un problema, o hacer una predicción.

Nivel 5: Uso reflexivo. Cuando se le solicita explicar un fenómeno físico, la persona utiliza uno o más representaciones para explicar la relación entre las propiedades físicas y entidades y procesos subyacentes. La persona puede usar las características específicas de la representación para justificar las problemáticas dentro de un contexto social y retórico. Él o ella puede seleccionar o construir la representación más adecuada para una situación particular y explicar por qué la representación es más apropiada que otra.

Las actividades de la secuencia fueron desarrolladas por los estudiantes. En una primera etapa, los instrumentos fueron validados de manera interna, a través del modelo de J. Elliot (1996). En una segunda etapa, la secuencia fue validadas a través del modelo de R. Stake (1992), centrado en dar respuesta a todos los problemas que se puedan presentar a través de preguntas pertinentes a las situaciones de aula. En una tercera etapa, una muestra piloto integrada por once estudiantes, fueron escogidos en uno de los tres cursos del nivel segundo año medio para responder a los instrumentos. Cabe señalar que los estudiantes fueron escogidos procurando que sea una muestra semejante a la muestra final donde se aplicarán los instrumentos ajustados.

Procedimiento

La secuencia didáctica fue implementada en un total de ocho sesiones de 90 minutos cada una, en un curso del nivel segundo año medio durante las clases de química en el segundo semestre del año. El trabajo con el material dispuesto se realiza en parejas para que puedan compartir sus ideas y llegar a consensos.

Tabla 1: Objetivos específicos y actividades desarrolladas en la SEA

Etapa SEA	Objetivos	Preguntas
Exploración	Identificar interacciones intermoleculares en la solubilidad de mezclas	<p>1.1 Saliste de clases y llegaste a tu casa, más tarde de lo habitual. Cuando llegas, encuentras comida preparada; una sopa de pollo, pero de sobre de una reconocida marca. El contenido del sobre es un sólido donde viene la porción para una taza (200 mL). Cuando ya estás listo para consumirla, te das cuenta mirando en el reflejo de la sopa que el aceite “flota”. ¿Por qué no se mezcla? Discute con tu grupo la respuesta</p> <p>1.2 Piensa con tu grupo y representa con un dibujo la relación microscópica entre la sopa preparada y el aceite que flota</p>
Exploración	Identificar interacciones intermoleculares en la solubilidad de mezclas	<p>2.1 Luego de consumir toda la sopa, hueles un aroma muy agradable. Te ofrecen beber un café. Luego de agregar 1 cucharadita de café en polvo, le agregas agua caliente. ¿Por qué se mezcla? Discute la respuesta con tu grupo</p> <p>2.2 Piensa con tu grupo y representa con un dibujo la relación microscópica entre el café en polvo y el agua.</p>
Introducción al nuevo concepto	Identificar y explicar el concepto de interacciones moleculares	<p>3.1 El ácido acetil salicílico, es el principio activo de la renombrada pastilla “Aspirina”. Se emplea como analgésico y tiene una gran cantidad de aplicaciones. Considerando que el cuerpo humano posee un 60% de agua, represente las interacciones que puede tener este compuesto con H₂O. Explique con palabras por qué lo hicieron así.</p>
Sistematización	Representar y explicar el concepto de interacción intermolecular en la preparación de disoluciones	<p>4.1 En los recipientes aquí representados, suponga usted que prepara una disolución en cada recipiente que posee una cantidad de agua determinada. En el recipiente 1 se agrega ácido acético (componente del vinagre) y en el recipiente 2 se agrega aceite de oliva (compuesto por ácido oleico). ¿Cuál de estas estructuras se puede disolver en agua? Represente su respuesta con dibujos y explique su respuesta con palabras</p>
Sistematización	Representar y explicar el concepto de interacción intermolecular en el punto de ebullición de compuestos orgánicos	<p>5.1 Para la siguiente actividad dispondrás de 2 estructuras que debes comparar; primero, mencionamos al etanol que es el nombre químico del alcohol medicinal (para curar heridas) y segundo, mencionamos el dimetil éter, una sustancia orgánica empleada en la fabricación de caucho vulcanizado (materia prima para elaborar neumáticos). ¿Cuál de estas dos estructuras tiene un mayor punto de ebullición? Explique con dibujos y justifique su respuesta con palabras</p>
Sistematización	Representar y justificar el concepto de interacción intermolecular en especies orgánicas	<p>Al referirnos al punto de fusión, es la temperatura a la cual un sólido cambia a estado líquido. En este caso serán comparadas 2 estructuras, etanol (o alcohol medicinal) y ácido oleico (componente del aceite de oliva)</p>

Aplicación	Evaluar las interacciones que puede establecer una estructura en un medio acuoso	El estearato de sodio es la fórmula química del clásico jabón sólido. Se emplea desde la antigüedad en la remoción de manchas de grasa y suciedad. En 1864, Luis Pasteur, ya daba cuenta de la necesidad imperativa de lavar las manos con agua y jabón para evitar contraer enfermedades, controlando la proliferación de microorganismos. Supongamos, que luego de comer una comida grasosa, tus manos están sucias. Debes lavarlas con jabón para que vuelvan a estar limpias. Para remover la grasa (trimiristina) te decides por usar jabón sólido (estearato de sodio). ¿Cómo interactúan estas estructuras? Representa con dibujos tu respuesta
Aplicación	Analizar el funcionamiento de la membrana celular desde las interacciones intermoleculares	La membrana celular es una barrera que separa el medio celular interno del medio celular externo, ambos acuosos. Protege y separa el medio intracelular, donde se llevan a cabo innumerables reacciones químicas e interacciones moleculares imprescindibles para la célula. Al respecto, ¿cómo se explica que del medio externo sólo pasen algunas moléculas e iones al medio interno a través de los canales y proteínas? Explica con tus palabras y dibujos

Análisis de datos

Para analizar datos se empleará la tipología de Kozma y Russell (2005) para ajustar cada respuesta a uno de los cinco niveles. De acuerdo con las características que describa cada nivel, las respuestas se deberán ajustar a dicho marco de referencia. Desde un nivel más primario hasta el nivel abstracto, debe existir coherencia entre los representado con dibujos y lo expresado con palabras. Cada dupla de trabajo será evaluada en sus respuestas, por lo que, para evidenciar un avance progresivo en el nivel de abstracción y complejidad de sus respuestas, serán evaluadas todas sus respuestas en las 8 actividades para ser comparadas.

Resultados y discusión

Los datos fueron obtenidos a través del trabajo en parejas, debido a que buena parte de las respuestas fueron consensuadas. Por tanto, la recogida de datos se llevó a cabo de acuerdo con el número de parejas y actividad de aprendizaje. En la Tabla 2, se condensan los datos correspondientes al nivel de logro en cada pregunta.

Tabla 2: Resultados por pareja (P) en cada actividad de aprendizaje (AA) (Fuente: Elaboración propia).

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16
AA1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AA2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
AA3	1	2	3	3	2	2	2	1	1	2	2	2	1	2	2	2
AA4	2	2	4	3	3	1	2	2	1	1	1	4	1	1	1	1
AA5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2

AA6	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	3
AA7	3	1	3	3	4	4	4	1	3	2	1	4	1	4	1	4
AA8	2	1	4	3	2	4	4	2	2	2	4	3	1	1	1	4

De acuerdo con los datos obtenidos, en la actividad de aprendizaje 1 (AA1) el nivel 1 prevalece en un 88% de las parejas y el 12% alcanza el nivel 2. Los estudiantes no logran representar ni atribuir a las interacciones intermoleculares la preparación de disoluciones. Sólo dos parejas tuvieron resultados más elevados al atribuir parte del comportamiento de las sustancias (agua y aceite) a su polaridad. No obstante, no hay mención a interacciones intermoleculares. En sus dibujos, se remiten a dibujar aceite y agua desde un punto de vista macroscópico.

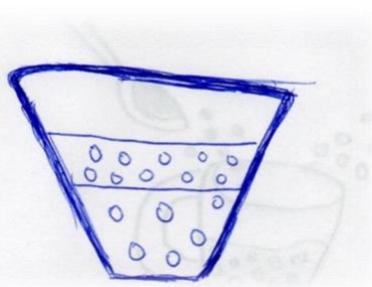


Figura 3. Ejemplo de dibujo en actividad de aprendizaje 1 (AA1), agua y aceite desde un punto de vista macroscópico



Figura 4. Ejemplo de dibujo de actividad de aprendizaje 2 (AA2), agua y café soluble desde un punto de vista macroscópico.

En la actividad de aprendizaje 2 (AA2) el nivel 1 prevalece en un 94% de las parejas y el 6% alcanza el nivel 2. Los estudiantes en el caso anterior diferencian entre aceite y agua, pero cuando la disolución es homogénea, atribuyen este comportamiento a propiedades macroscópicas como el tamaño de las partículas. Sólo una pareja atribuye la disolución homogénea a la polaridad semejante del café con el agua, sin embargo, no hay mención de interacciones intermoleculares.

En la actividad de aprendizaje 3 (AA3), previo a responder el instrumento, se hizo lectura conjunta del texto donde se socializaron las interacciones intermoleculares. Luego de explicar las diferencias entre ellos, se desarrolló la actividad donde se aprecia un alza en los niveles de representación: el 25% de las parejas alcanzan el nivel 1, el 63% alcanza el nivel 2 y un 12% alcanza el nivel 3. En esta actividad, una cuarta parte del curso no logra entender la relación entre la absorción de un medicamento y las fuerzas intermoleculares. Quienes llegan al nivel 2, hacen alusiones referidas a las sustancias hidrofílicas, pero no logran hacer representación de las interacciones de manera explícita. Quienes llegan al nivel 3, logran disponer moléculas de agua alrededor de la estructura del medicamento, sin embargo, no representan la interacción química entre agua y medicamento ni hay mención al puente de hidrógeno correspondiente.

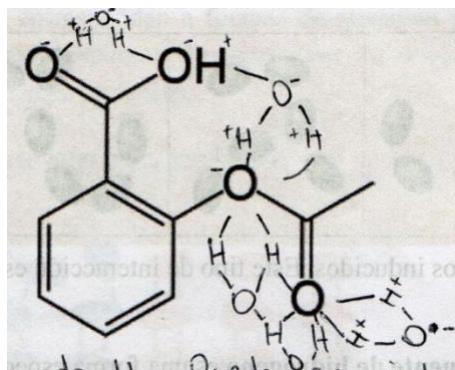


Figura 5. Ejemplo de dibujo de actividad de aprendizaje 3 (AA3), estudiante intenta representar interacciones de moléculas de agua con un medicamento

En la actividad de aprendizaje 4 (AA4), se hace introducción al nuevo concepto empleando la solubilidad como primer término asociado a las interacciones intermoleculares. Para esta actividad se otorgó la definición de solubilidad y en los ejemplos propuestos, la mitad de la muestra no logra comprender la relación existente entre los conceptos mencionados. Las respuestas tienden a ser descritas desde su experiencia anterior en que el aceite no se disuelve en agua, situando las explicaciones en el plano macroscópico. Sólo dos parejas logran acercarse a la respuesta satisfactoria empleando moléculas de agua en cada ejemplo disponiéndolas cerca de los grupos hidroxilo, pero, no demarcan la interacción con líneas puntadas, sino con enlaces. De acuerdo a los niveles de representación, el 50% de las parejas alcanzo el nivel 1, un 25% alcanza el nivel 2, un 13% alcanza el nivel 3 y un 12% alcanza el nivel 4. Ningún estudiante alcanzó el nivel 5. En la actividad de aprendizaje 5 (AA5) y en la actividad de aprendizaje 6 (AA6), para explicar el punto de ebullición y punto de fusión, en ambos casos se aportó con la definición del concepto para tener claridad de las condiciones propuestas para relacionarlo con las interacciones intermoleculares. En ambos casos, la mayor cantidad de estudiantes se ubican en el nivel 1, denotando la escasa comprensión de lo que es el punto de ebullición y fusión y cómo estos pueden variar. En estas dos actividades es donde hay mayor predominancia de respuestas en blanco. Debido a la cantidad de respuestas en blanco, la retroalimentación en estas dos actividades tuvo más tiempo para ser contrastada. De acuerdo a los niveles de representación, en la AA5, el 94% alcanzó el nivel 1 y un 6% alcanzó el nivel 2. En la AA6, el 87% alcanzó el nivel 1 y un 13% alcanzó el nivel 2. Ningún estudiante alcanzó el nivel 5.

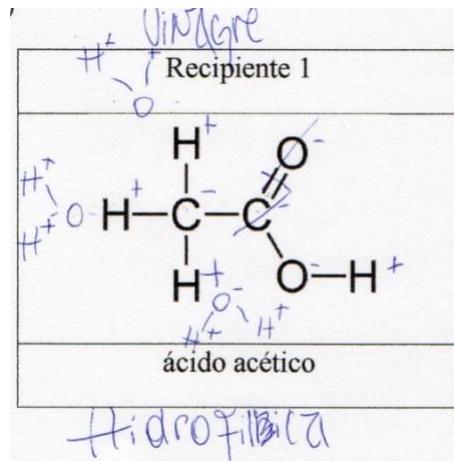


Figura 6. Ejemplo de dibujo de actividad de aprendizaje 4 (AA4), estudiante asume comportamiento hidrofílico de la especie (ácido acético) en agua y otorga carga a los átomos.

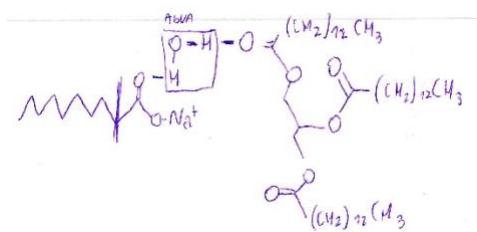


Figura 7. Ejemplo de dibujo de actividad de aprendizaje 7 (AA7), estudiante dispone las moléculas empleando molécula de agua

En la actividad de aprendizaje 7 (AA7), se obtienen más puntajes en los niveles superiores, teniendo el único puntaje máximo en la escala. Existe una mayor asociación contextual al situar el problema en el lavado de manos. Si bien las representaciones de las interacciones aun no pueden ser consideradas de manera satisfactoria, se acercan más como consecuencia del reforzamiento de las actividades anteriores. De acuerdo a los niveles de representación, un 31% de los estudiantes alcanza el nivel 1, un 6% de los estudiantes alcanza el nivel 2, un 25% alcanzó el nivel 3 y un 38% alcanzó el nivel 4. Ningún estudiante alcanzó el nivel 5.

En la actividad de aprendizaje 8 (AA8), existe una mayor frecuencia del nivel 4, pero no se observan desempeños para nivel 5. De acuerdo a los niveles de representación, el 25% de las parejas alcanzo el nivel 1, un 31% alcanza el nivel 2, un 13% alcanza el nivel 3 y un 31% alcanza el nivel 4. Ningún estudiante alcanzó el nivel 5.

Tabla 3: Resultados por nivel expresado en porcentaje de cada actividad de aprendizaje (AA)

Actividad de aprendizaje	N1	N2	N3	N4	N5
AA1	88	12	0	0	0
AA2	94	6	0	0	0
AA3	25	63	12	0	0
AA4	50	25	13	12	0
AA5	94	6	0	0	0
AA6	87	13	0	0	0
AA7	31	12	26	31	0
AA8	25	31	13	31	0

Considerando todas las actividades y considerando los resultados de la tabla 3, si comparamos los desempeños en las AA1 y AA8, del nivel 1 se desprende que existe una disminución en su prevalencia de un 88% a un 25%, lo que permite pensar que existe una mejora en la forma de representar las interacciones intermoleculares acorde a los modelos establecidos. Respecto del nivel 2, se desprende un aumento que transcurre en la AA1 de un 12% a un 31% en la AA8, lo que permite pensar en la posibilidad de mejorar esas representaciones. Respecto del nivel 3, el cual no se logró en AA1 con 0% presenta un alza hasta un 13% en la AA8, esto permite hacer representaciones con la incorporación de algunos elementos como las cargas en los átomos. Respecto del nivel 4, presenta un incremento del 0% en la AA1 a un 31% en la AA8. Estos cambios porcentuales muestran que explicar fenómenos a través de modelos es posible, pero algunos condicionantes pueden retardar este sostenido avance como el ausentismo escolar. También es importante resaltar que las retroalimentaciones continuas fueron clave para el proceso que se llevó a cabo en parejas, por lo que las posibilidades de socializar el conocimiento fueron relevantes para el proceso. Como parte del proceso, las AA5 y AA6 presentaron aumento en respuestas de nivel 1, con un 94% y un 87% respectivamente. Estos drásticos cambios obedecen también al cambio de etapa de representación, cuyos modelos son comparaciones entre propiedades físicas difíciles de identificar por el estudiante, razón por la cual es necesario agregar información relativa a los conceptos para distinguir fenómenos como el punto de fusión y punto de ebullición que, en su génesis, no son distinguibles por los estudiantes, causando confusión en sus respuestas. Como parte del proceso, las representaciones en un primero momento se vieron cercanas a la física y con posterioridad a la biología. Tomando casos e información transversal a la

ciencia, es posible reunir información para levantar un nuevo constructo que debe seguir mejorando, donde se deben reestructurar instrumentos para dar un sentido más profundo a la construcción de modelos a través de la indagación. Será necesario reformular actividades para conseguir el nivel 5 que, si bien es una abstracción compleja de representar, se acercaron a ella y que puede ser mejorada planificando nuevamente las últimas actividades otorgando más tiempo a la retroalimentación.

Conclusiones

Considerando los objetivos planteados y los resultados obtenidos, los resultados muestran que la aplicación de una secuencia de enseñanza aprendizaje favoreció el aprendizaje al comparar la AA1 y la AA8, obteniendo finalmente un decrecimiento de respuestas de nivel 1 y aumentos en respuestas de nivel 2, nivel 3 y nivel 4. Es decir, logran emplear las interacciones intermoleculares para representar parcialmente interacciones intermoleculares en química orgánica, logrando dar explicaciones consistentes a fenómenos observables, no obstante, es un reto mantener la indagación y la modelización como modelos no excluyentes, sino que operando a la par (Viennot, 2011).

Respecto de las habilidades científicas logradas, la habilidad científica de modelizar fue promovida en los estudiantes, pero requiere de cambios desde la planificación hasta los instrumentos para lograr un rendimiento mayor. Para ser el primer acercamiento a estas actividades secuenciadas, los resultados tanto de habilidades como la mejora en las representaciones indica que el proceso debe reajustarse para que sea más exitoso.

Frente a la evidencia, es posible afirmar que la incorporación de la indagación científica y modelización en el diseño de actividades de enseñanza aprendizaje, promueven la comprensión de las interacciones intermoleculares en química orgánica

Limitaciones del estudio

Dentro de las consideraciones pertinentes en el tamaño de la muestra, inicialmente eran 40 estudiantes, pero muchos de ellos por motivos ajenos a la labor docente, no llegaban a la hora de química (que corresponde a las 2 primeras horas del día), por lo que del número inicial finalmente la muestra se redujo a 32 estudiantes. En esta misma consideración, como es la primera aproximación a la modelización e indagación, causó en los participantes preocupación inicial por la dificultad de imaginar entidades tan abstractas y más aún, tener que dibujarlas. Finalmente, por disposiciones de dirección, la sesión se tuvo que suspender en 2 ocasiones por actividades extracurriculares que cortaron la secuencia en las actividades 5 y 6, las cuales tuvieron los niveles más bajos obtenidos en toda la secuencia.

Proyecciones

Según los análisis obtenidos, es posible hacer de la secuencia un proceso cuyos enfoques de modelización e indagación estén más imbricados, promoviendo el desarrollo de habilidades científicas, profundizando en ellas y haciendo puente con otras disciplinas científicas (biología o física). Respecto de la muestra, salirse de los esquemas tradicionales contribuirá a retomar estos esquemas de trabajo, aportando agilidad en las dinámicas grupales, manteniendo la motivación alta junto con las dinámicas entre los estudiantes y con el profesor.

Agradecimientos

Proyecto Fondecyt 1180619. Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología. Gobierno de Chile

Bibliografía

- Acevedo-Díaz, J., García-Carmona, A., Aragón-Méndez, M., Oliva-Martínez, J. (2017). Modelos científicos: significado y papel en la práctica científica. *Revista Científica*, 30(3), 155-166.
- Aduriz-Bravo, A. (2012). Algunas características clave de los modelos científicos relevantes para la educación química. *Educación química*, 23(2), 248-256.
- Aduriz-Bravo, A., Izquierdo, M. (2009). Un modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista electrónica de educación en ciencias*, 4, 40-49.
- Aragón, L., Jiménez-Tenorio, N., Olivia-Martínez, J., Aragón-Méndez, M. (2018). La modelización en la enseñanza de las ciencias: criterios de demarcación y estudio de caso. *Revista Científica*, 32(2), 193-206.
- Blanco, A., Prieto, T. (1994). Las disoluciones: Dificultades de aprendizaje y sugerencias para su enseñanza. *Alambique*, 1, 2-3
- Bransford, J., Brown, A., Cocking, R. (2000). Cómo aprende la gente: Cerebro, Mente, Experiencia, y Escuela. How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School. *Revista del Instituto de Matemática y Física*, 1, 44-64.
- Brown, T., LeMay, H., Bursten, B., Murphy, C., Woodward, P. (2014). *Química, la ciencia central* (12 ed.).
- Caamaño, A. (2011). Enseñar química mediante la contextualización, la indagación y la modelización. *Alambique*, 69, 21-34.
- Chang, R. C., W. (2005). *Química* (7 ed.). México DF.
- De Posada, J. (1999). Concepciones de los alumnos sobre enlace químico antes, durante y después de la enseñanza formal. Problemas de aprendizaje. *Enseñanza de las ciencias*, 17(2), 227-245.
- Domenech, J. (2015). Una secuencia didáctica de modelización, indagación y creación del conocimiento científico en torno a la deriva continental y la tectónica de placas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, 12(1), 186-197.
- Fernández, R., Moreno, R. (2013). *Disolviendo obstáculos: Diagnóstico y superación de concepciones alternativas*. Simposio de Enseñanza de la química, Universidad de la Plata, Argentina.
- Galagovsky, L., Di Giacomo, M., Castelo, V. (2009). Modelos vs dibujos: el caso de la enseñanza de las fuerzas intermoleculares. 8(1), 1-22.
- Galagovsky, L. (2007). Enseñar Química vs. aprender Química: una ecuación que no está balanceada. *QuímicaViva*, 6.
- Garritz, A., Labastida, D., Espinosa, S. (2009). *El conocimiento didáctico del contenido de la indagación. Un instrumento de captura*. Paper presented at the X congreso nacional de investigación educativa, 21 a 25 de septiembre Veracruz, México.
- Gil, D., Vilches, A. (2006). Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades. *Iberoamericana de educación*, 42, 31-53.
- Giraldo, M., Cañada, F., Dávila, M., Melo, L. (2015). Ideas alternativas de los alumnos de secundario. *Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología*, 37, 51-70.
- González-Weil, C., Cortéz, M., Bravo, P., Ibaceta, Y., Cuevas, K., Quiñones, P., Maturana, J., Abarca, A. (2012). La indagación científica como enfoque pedagógico: estudio sobre las prácticas innovadoras de docentes de ciencia en EM *Estudios Pedagógicos*, 38(2), 85-102.
- MINEDUC. (2016). “Programa de estudio para Segundo Año Medio”. Santiago.
- MINEDUC. (2018). *Education at a glance 3, 1-8*. Acceso en: https://centroestudios.mineduc.cl/wp-content/uploads/sites/100/2018/09/CountryNoteChile_2018.pdf

- Jimenez, J. D. & Perales, F. J. (2001). Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito e ilustraciones de los libros de Física y Química de la ESO. *Enseñanza de las ciencias*, 19, 3-19.
- JUNAEB, (2018). Indicadores de vulnerabilidad, [extraído el 20 de diciembre en: <http://junaebabierta.junaeb.cl/catalogo-de-datos/indicadores-de-vulnerabilidad/>]
- Kozma, R., Russell, J. (2005). Students becoming chemists: Developing representation competence. In Visualization in science education. *Visualization in Science Education*, 1, 121-145.
- Marzábal, A., Hernandez, C., & Izquierdo, M. (2014). ¿De qué hablan los libros de texto?: el problema de la identificación de los referentes. *Cadernos Cedes*, 34(92), 99-124.
- Nakhleh, M. (1992). Why some students don't learn chemistry *Chemist Education*, 69(3), 191-196.
- Núñez del Río, M., Fontana, M. (2009). Competencia socioemocional en el aula: Características del profesor que favorecen la motivación por el aprendizaje en alumnos de enseñanza secundaria obligatoria. *Revista Española de Orientación Psicopedagógica*, 20(3), 257-269.
- Reyes, F. P., K. Padilla (2012). La indagación y la enseñanza de las ciencias. *Revista Educación química*, 23(1), 415-421.
- Sanmartí, N., Izquierdo, M., García, P. (1999). Hablar y escribir. Una condición necesaria para escribir en ciencias. *Cuadernos de pedagogía*, 281, 54-58.
- Simarro, C., Couso, D., Pintó, R. (2013). Indagación basada en la modelización: un marco para el trabajo práctico. *Ciències: revista del professorat de ciències de primària i secundària*, 25, 35-43.
- Vásquez, B., Jimenez, R. (2016). Modelización de un constructo teórico sobre la percepción del alumnado en procesos de indagación en ciencias. *Revista de Psicodidáctica*, 21(1), 25-44.
- Vergara, C. & Cofré, H. (2012). La indagación científica: un concepto esquivo, pero necesario. *Revista chilena de educación científica*, 11(1), 30-38.
- Viennot, L. (2011). Els molts reptes d'un enseñyament de les Ciències basat en la indagació: ens aportaran múltiples beneficis en l'aprenen-tatge? *Ciències: revista del professorat de ciències de primària i secundària*, 18, 22-36.
- Wade, L. (2004). *Química orgánica* (Quinta ed.). Madrid: Pearson Education.