

Química orgánica en contexto y argumentación científica: una secuencia de enseñanza aprendizaje, desafíos y compromisos

Carla Morales A. y Yimmy Salgado V
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Resumen

Actualmente nuestro país presenta niveles de alfabetización científica por debajo de la media de países pertenecientes a la OCDE, visualizar esta realidad nacional nos motiva a colaborar en el desarrollo de competencias científicas, especialmente en la promoción de argumentación. Esta investigación, tiene por objetivo la implementación de una Secuencia bajo el enfoque CTS, específicamente en la competencia de argumentación científica. El diseño e implementación de la SEA permite utilizar al interior del aula metodologías de enseñanza que respondan a las necesidades del entorno, contextualizadas en la obtención y usos de los derivados del petróleo. A su vez, muestra el acercamiento de los estudiantes al conocimiento científico, especialmente en propiedades físico químicas de compuestos orgánicos, y a los niveles de argumentación científica. Con el fin de obtener información para su análisis e identificación, se aplican 6 sesiones de trabajo, de índole grupal, de las cuales contenían un apartado final que permite el trabajo en argumentación científica. Los resultados obtenidos en el desarrollo de la competencia argumentativa de los estudiantes presentan un leve aumento en el nivel de esta competencia, sin embargo, cabe destacar que este aumento es logrado por más del 40 % del estudiantado.

Palabras clave: Química Orgánica, CTS, Argumentación científica, Secuencia.

Introducción

La enseñanza de la química orgánica en el aula

La enseñanza de la química en la escuela secundaria se remonta al año 1863 donde en Holanda se incluye como materia regular, considerando que hasta esa fecha muchos de los tópicos centrales de la ciencias químicas aún no habían sido desarrollados, podemos destacar que la enseñanza de la química se orientaba a ilustrar a un puñado de jóvenes pertenecientes a la élite de Holanda sobre las tecnologías de punta que les permitiesen comprender las tecnologías analíticas provenientes de las investigaciones sobre el análisis de materias primas comercializadas en ese entonces (Wobbe de Vos y Pilot, 2002). Durante mucho tiempo en paralelo a los descubrimientos científicos se fueron acumulando cantidades impresionantes de explicaciones y/o modelos basados en datos obtenidos por investigadores, que se incluyeron gradualmente en el currículo de todos los países (Galavgosky, 2007). Esto produjo un currículo cada vez más extenso y robusto, basado en la idea de que la enseñanza a nivel secundario debía ser un fiel reflejo de la química como disciplina científica. En fin, se genera un currículo que fue creciendo en capítulos y anexos al igual que lo haría en suelo submarino por sedimentación. La presión ejercida sobre los docentes por alcanzar a cubrir un currículo que crecía cada vez más, sin disponibilidad de tiempo, llevo a transformar los materiales de estudio, donde se excluyeron las discusiones, las controversias, las teorías

antagónicas coexistentes y las historias humanas asociadas a cada descubrimiento o contribución científica, llegando a lo que actualmente conocemos como el curricular de química (Galavgosky, 2003).

Por lo anteriormente expuesto, la enseñanza de la química a nivel secundario presenta grandes dificultades, como por ejemplo, al ser vista como un cúmulo de información que carece de sentido para la mayor parte de los estudiantes, esto genera una desmotivación hacia el trabajo en la asignatura. Además, existe la posibilidad de que los docentes, bajo la presión de tener que enseñar mucha cantidad de contenidos, sientan que tienen que cortar camino para ahorrar tiempo y, entonces, se enfocan más en los conceptos que en el contexto a partir del cual deben surgir (Bennet y Holman, 2002), esto genera un rechazo del estudiante por la asignatura, debido al aprendizaje de conceptos y teorías que no logran conectarse con los intereses de cada uno de los estudiantes. Esto último se puede evidenciar, principalmente, en el bajo rendimiento académico, poco interés en la profundización de sus estudios y actitud pasiva en el aula (Cárdenas, 2006)

Por otra parte, la forma de enseñar la ciencia en el aula según Campanario (1999) contribuye a que el estudiante mantenga la actitud negativa durante todo su periodo escolar, lo que se traduce actualmente en bajas matrículas en carreras universitarias que tengan que ver con la química o alguna ciencia natural afin (Molina, 2009).

Para contribuir a mejorar la forma en que se ve la enseñanza de la química a nivel secundario, diversos autores han propuesto formas de acercar la ciencia hacia la sociedad, a través de la alfabetización científica (AC) o la inclusión en los currículos de enfoques del tipo Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), donde se facilite la incorporación de los intereses personales de los estudiantes, los contextos, de tal forma enseñar al estudiantes las habilidades o competencias necesarias para ver la vida a través de los ojos de la ciencia.

En el caso particular de la enseñanza de la química orgánica en el currículum de Chile se propone para el segundo año de escolaridad media donde los tópicos centrales se dividen en las propiedades fisicoquímicas del carbono y la reactividad de los compuestos orgánicos junto a la estereoquímica, los cuales deben ser tratados en su totalidad durante solo un semestre de clases, cuatro meses.

Un análisis hecho a los libros de texto que facilita el Ministerio de Educación a todos los establecimientos de naturaleza estatal durante el año 2014(figura 1), muestra como los contenidos y habilidades son trabajados y secuenciados bajo los requisitos establecidos para el segundo año de enseñanza media.

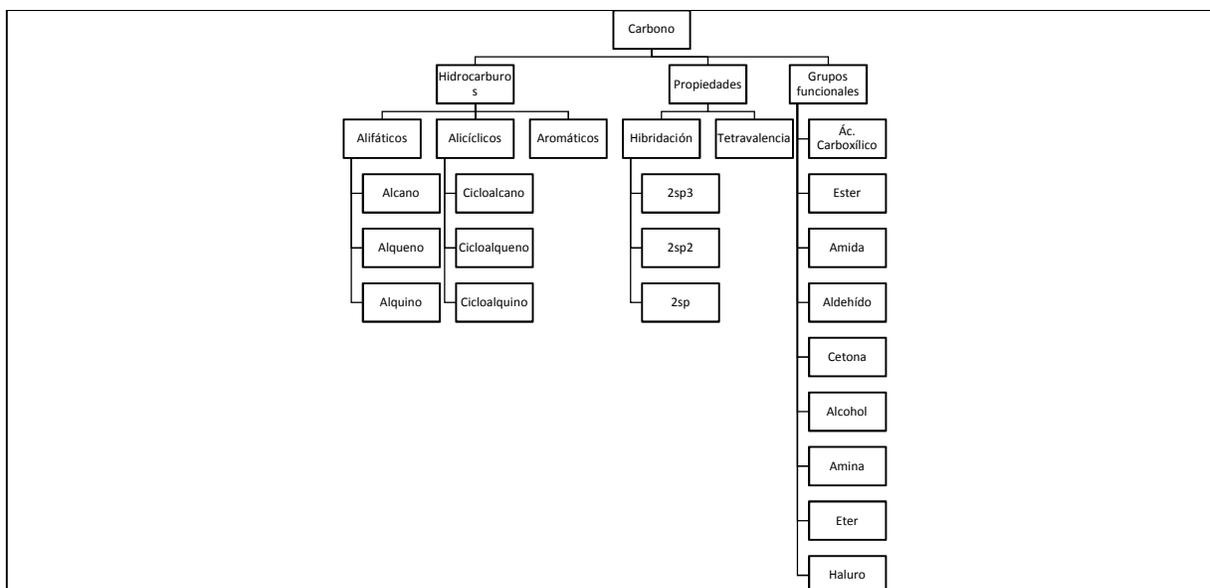


Figura 1. Mapa de los contenidos propuestos en el libro de texto Cabello, 2014. Ed. Cal y Canto

Por otra parte, al analizar según lo propuesto por Perales y Jiménez (2002) las imágenes que se utilizan para ilustrar los contenidos tratados en tres libros de química (estatales y privados) dirigidos a los estudiantes de segundo año medio, se puede apreciar que la mayor parte de las imágenes responden a las categorías de aplicación, definición y comprensión, tanto en los libros privados como estatales. Por último, cabe destacar que las imágenes que hacen referencia al contexto del contenido tratado ocupan los menores porcentajes en todos los libros en estudio.

Actualmente Chile a través de su currículo nacional, busca fortalecer el pensamiento crítico, la comunicación oral y escrita, las habilidades de investigación y el uso de TIC (MINEDUC, 2015). Particularmente para la enseñanza de las ciencias, se busca desarrollar diferentes habilidades del pensamiento científico, dentro de las cuales se incluye la argumentación como proceso cognitivo lingüístico (MINEDUC 2011, p27). Esta última permite que el estudiante desarrolle habilidades de pensamiento superiores y contribuye a desarrollar competencias básicas y objetivos generales de la educación como lo son el aprender a aprender, formación ciudadana responsable y participar en las decisiones sociales, ejerciendo el pensamiento crítico. Por último, se busca el desarrollo de competencias que tengan que ver con la forma de trabajar de los científicos y la naturaleza de la ciencia (Jiménez Aleixandre, 2010), por lo tanto, la inclusión de la argumentación en el proceso de enseñanza y aprendizaje lo hace una herramienta muy útil para los docentes.

Los resultados obtenidos en secundaria e incluso en la educación superior con respecto a las propiedades fisicoquímicas del carbono junto a la reactividad de compuestos orgánicos son deficientes a nivel general, presentando el mayor nivel de reprobación la hibridación que presentarían los carbonos involucrados en sus reacciones y la representación o interpretación de modelos moleculares orgánicos bidimensionales (Treagust, 2004; Villaseñor, 2013; Hernandez, 2013).

Considerando los resultados antes mencionados se hace imperante la toma de acciones por parte de los docentes para contribuir a los procesos de enseñanza y aprendizaje

de cada uno de sus estudiantes, dado el corto periodo de tiempo que posee cada uno de ellos para trabajar las habilidades y contenidos asociados a la química orgánica.

Couso (2012), menciona las formas de estructuración del aprendizaje que se logra a través de las secuencias de enseñanza y aprendizaje (SEA) las cuales contribuyen a la planificación de actividades de enseñanza en el aula y favorece el proceso de Enseñanza aprendizaje (E-A) de los estudiantes.

La inclusión de diferentes actividades de forma gradual y respetando los procesos comunes descritos en un ciclo de aprendizaje (Jorba y Sanmartí, 1996) sería una alternativa a la educación tradicional de la química orgánica, donde se buscaba el aprendizaje memorístico de la nomenclatura orgánica y las reacciones químicas que presentaban mayor importancia en esta rama de la química, bajo la mirada del enciclopedismo (obsoleto en la sociedad de actual) y así caminar hacia la enseñanza de la química para todos (Izquierdo, 2004) que incluirá el análisis de la vida bajo la mirada de la implicancias sociales que tienen los avances tecnológicos permitidos por la química (Ribelles, Solves y Vilches, 1995).

El Ministerio de Educación, MINEDUC, plantea que durante el segundo año de Educación Media, en el subsector de Química, se trabaje entorno al eje temático Materia y sus transformaciones. Durante el año académico se contempla trabajar dos contenidos: Disoluciones Química y Química Orgánica. Donde esta última se subdivide en dos apartados: Bases de química Orgánica y Reactividad de los compuestos orgánicos y estereoquímica.

Las bases de la química orgánica propuestas para el segundo año medio contemplan que el estudiante sea capaz de explicar las teorías sobre el origen del petróleo, las propiedades fisicoquímicas del carbono (hibridación, ángulo y energía de enlace), nomenclatura y estructura de los compuestos orgánicos y finalmente principales propiedades y características de los grupos funcionales.

La enseñanza de las propiedades fisicoquímicas del carbono permitiría que el estudiante comprenda las propiedades que le permiten al carbono formar una infinidad de compuestos químicos, con características propias y distintos unos de otros (MINEDUC, 2012). Además, los estudiantes también deberían analizar el impacto del uso de los distintos compuestos orgánicos en la naturaleza y la industria.

Una aproximación histórica de la química orgánica y su enseñanza

Desde hace más de 40000 años que la química a través del trabajo con materiales (metales, vidrios o cerámicos) nos ha contribuido a desarrollarnos como sociedad. Diferentes culturas como la Egipcia, China y Mesopotámica presentan formas de trabajo y desarrollo en las cuales se puede evidenciar el uso de diferentes técnicas para preparar o manipular diferentes materiales (Radivojević, 2010).

En Grecia hace aproximadamente 2600 años se inicia un movimiento intelectual que utiliza la razón para tratar de entender la estructura de los materiales y su composición interna. Por una parte, Aristóteles propone una visión sustancialista, donde explicaría la estructura de la materia por la existencia de cuatro elementos (Tierra, Aire, Fuego y Agua), mientras que Demócrito y Leucipo proponen una visión atomista, donde la materia está conformada por pequeñas partes que en esa época se conocían como indivisibles (Garzón, 2010).

Al considerar las múltiples experiencias o investigaciones con los diferentes materiales de importancia comercial para cada una de las antiguas civilizaciones hasta la fecha, podemos destacar el lenguaje propio o nomenclatura que comenzaron a construir las

personas que desarrollaban estos trabajos. Por ejemplo, en la edad media, junto al desarrollo de la alquimia, surgió un lenguaje simbólico (asociado a los astros que se conocían hasta la fecha) que relacionaba de una forma más sistemática las cualidades y las propiedades de una sustancia con un nombre específico, lo anterior permitió la creación de una terminología basada en la composición de las sustancias (Rubiano, 2012).

El desarrollo de la química como tal se remonta al año 1662 cuando el científico inglés Robert Boyle desarrolla un método experimental que permite consolidar a la química como una ciencia apartada de la alquimia (cita). Posteriormente algunos científicos como Bacon, Sedziwój, Van Helmont y Descartes implementan nuevos métodos basados en la inducción, deducción y contradicción para analizar fenómenos y proponer explicaciones del porqué de estos fenómenos (Asarnow, 2005).

Desde hace aproximadamente 150 años el desarrollo de la química ha permitido grandes avances a la humanidad, pero junto a esos avances comenzaron a surgir nuevas nomenclaturas específicas de cada región del planeta que hicieron imperante la creación de una terminología común entre científicos para facilitar la comunicación de nuevos hallazgos o teorías. Durante el siglo XX se incorporan acuerdos y consensos relacionados con la nomenclatura convirtiendo a la química en una ciencia que ha contribuido al desarrollo de la terminología científica. Para llevar a cabo este proceso en la primera guerra mundial con la aparición de la IUPAC se introdujeron reglas para formar nombres claros y aceptables por la comunidad científica para los compuestos químicos tanto orgánicos como inorgánicos (Rubiano, 2012).

En el caso particular de la química orgánica, se puede destacar un inicio asociado al vitalismo, donde se creía que las sustancias orgánicas tenían un origen único desde los seres vivos. No fue hasta el año 1828 que el científico Friedrich Wöhler logró sintetizar Urea (compuesto orgánico) desde el cianato de amonio (compuesto inorgánico) lo que obligó a los científicos de la época a replantear sus teorías y adecuarlas a los nuevos datos obtenidos.

El desarrollo de la química orgánica desde 1828 hasta la actualidad ha contribuido enormemente a la humanidad, permitiendo por ejemplo el desarrollo de telas sintéticas que permitieron dar abasto a la demanda mundial y a su vez disminuir el uso de animales en la obtención de fibras naturales. Además, los avances en bioquímica, farmacología y polímeros entre otros, han permitido curar enfermedades, mejorar suelos, prevenir o tratar plagas, transportar alimentos, lo que posiciona al estudio de la química orgánica como uno de los ejes centrales del estudio de la química.

Obstáculos epistemológicos y concepciones de los estudiantes

La noción de obstáculos epistemológico fue introducida por el filósofo y epistemólogo Gaston Bachelard en 1938 donde señala que al analizar el conocimiento científico se debe hablar en términos de obstáculos. Éstos están remitidos a la forma de obtener y procesar la información, dando un sentido de construcción en lo que el pensamiento científico se refiere.

La comprensión de cualquier fenómeno será filtrada ontológica y conceptualmente por el estudiante, basándose no solo en su experiencia física, sino también en la cultura y lenguaje cotidianos. Este filtro conceptual de la percepción puede explicar muchas de las dificultades y obstáculos epistemológicos comentados en la literatura (Furio y Furio, 2000).

En la enseñanza de la química orgánica, específicamente en los tópicos de nomenclatura, estructura bi o tridimensional de moléculas, propiedades fisicoquímicas del carbono y reactividad orgánica estudios demuestran algunos obstáculos y concepciones alternativas que poseen los estudiantes sobre algunos procesos característicos fundamentales para la comprensión de la química orgánica. Además, cabe mencionar que la mayoría de estos estudios explicitan las concepciones alternativas que poseen los estudiantes en educación superior (Duis J., 2011; Hernández et al., 2013; Rushton et al., 2008; Treagust et al., 2004; Villaseñor et al., 2013; Zoller U., 1990). Para efectos de este trabajo se incluyeron las investigaciones que podían ser extrapoladas a educación secundaria.

A continuación se indican las concepciones alternativas y obstáculos de que fueron consideradas en esta investigación.

1. Los docentes esperan que los estudiantes comprendan una serie de conceptos generales de la química, como: electronegatividad, equilibrio, mecanismos de reacción, y teoría de orbitales y sus consecuencias. Pero los estudiantes utilizan incorrectamente los términos en el campo de la química orgánica, lo cual dificulta el aprendizaje.
2. Los estudiantes no están familiarizados con conceptos específicos, como grupos funcionales, distribución espacial y/o orientaciones ecuatoriales / axiales, lo cual puede llevar a errores en la aplicación de estos términos y conceptos.
3. La forma de representar moléculas orgánicas mediante líneas utilizando un software especializado y posteriormente, a mano alzada puede generar en los estudiantes novales confusión a la hora de construir la estructura molecular.
4. Los estudiantes que no comprenden la forma de escritura de la química orgánica muy difícilmente logran aprobar el curso, ya que no pueden identificar las fórmulas moleculares. Sin embargo, a los estudiantes no les presenta ningún problema comprender la isomería óptica, siempre y cuando se utilicen moléculas simples que tienen un átomo de carbono asimétrico con cuatro diferentes sustituyentes, pero se hace confuso cuando se presenta más de un centro quiral.
5. Los estudiantes son incapaces de determinar las propiedades de un átomo o un grupo funcional; ya que se dificulta seleccionar los parámetros pertinentes a considerar. Por ejemplo estimar la relación del tamaño del átomo, su electronegatividad y polarización con su reactividad.
6. La mayoría de los estudiantes logra comprender la estructura de los alcanos simples y ubicar los carbonos dentro de la misma, pero al caracterizar la hibridación o enlace en cada uno de los carbonos son muy pocos los estudiantes que logran ejecutarlo.

Enfoque CTS y argumentación para la enseñanza de la química orgánica

La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria basada en la alfabetización científica propone que este tipo de enseñanza genere la oportunidad en el alumno de participar en la aventura científica de enfrentarse a problemas relevantes y construir los conocimientos científicos, que habitualmente la enseñanza transmite ya elaborados, lo que favorecería en el estudiante un el aprendizaje más eficiente y significativo (Sabariego y Mazanares, 2006).

Bajo esta mirada la alfabetización científica, contribuiría a la sociedad de forma práctica, cívica y cultural, permitiendo formar una sociedad cercana a los conocimientos científicos y tecnológicos necesarios para desenvolverse en la vida diaria, a su vez, resolver

los problemas relacionados con las necesidades de la salud y supervivencia básicas. Por último, tomar conciencia de las complejas relaciones entre ciencia y sociedad (Galbarte y Gordillo, 2002).

El enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) promueve la alfabetización científica a través del énfasis que le da a la necesidad de que los ciudadanos se apropien de un saber funcional para la toma de decisiones frente a problemas complejos, apartando la visión elitista de las ciencias y otorgándole el poder a los ciudadanos.

La democratización del conocimiento científico como fin es una clave central en un proceso de alfabetización científica orientado a sustentar el poder de la ciudadanía. Es la reinscripción del conocimiento científico y tecnológico como parte de la cultura, despojándolo de su mitológico carácter de saber “verdadero”, neutral y necesariamente progresivo (Massarini, 2011).

Los estudios bajo el enfoque CTS han permitido dar cuenta de la enseñanza de las ciencias que acerca a los estudiantes hacia las funciones que cumplen las instituciones científicas en la promoción y recepción de nuevas teorías y descubrimientos, a su vez, muestran los procesos mediante los se construyen los consensos entre investigadores y como sus avances son revisados, discutidos y adicionados a los datos o evidencias que consolidan conceptos y teorías científicas (Echeverría, 1995).

En la construcción del conocimiento científico es importante el proceso de negociación que se da entre los miembros de la comunidad científica cuando se comunican nuevos hallazgos o teorías con la finalidad de validar las representaciones que tenemos sobre el mundo. Este proceso inherente de las ciencias se puede acercar a los estudiantes mediante el desarrollo de la habilidad de argumentar diversos temas mediante fundamentos científicos con el fin de relacionar fenómenos con sus explicaciones racionales (Sardá y Sanmartí, 2000).

La argumentación, según Jiménez – Aleixandre y Erduran (2008), permite apoyar los procesos cognitivos y meta cognitivos que realizan los estudiantes, facilitando el logro de una alfabetización científica motivada por el razonamiento y pensamiento crítico desde una problemática, como el impacto ambiental del uso del petróleo y sus derivados.

Una forma de evaluar el nivel de argumentación que desarrollan los estudiantes fue propuesta por Osborne y sus colaboradores (2004) donde señalan que la calidad de argumentación puede ser separada en cinco niveles y evaluadas según el cumplimiento de cada una de las características mencionadas en cada uno de estos (Tabla 1).

Tabla 1. Niveles de argumentación según Osborne et al. (tomado de Braun, 2010)

Nivel	Descripción
1	Argumentaciones que son conclusiones simples, versus un contraargumento o contra conclusión versus conclusión
2	Argumentaciones que consisten en una conclusión versus una conclusión con datos, garantías o respaldo, pero sin refutaciones.
3	Argumentaciones con una serie de enunciados o contra enunciados con datos, garantías o respaldos con refutaciones débiles ocasionales.
4	Argumentaciones con una conclusión con una refutación claramente identificable. Tal argumento puede tener varias conclusiones y contra conclusiones.
5	Manifiesta una argumentación extendida con más de una refutación.

Lo anteriormente expuesto, propone la necesidad de crear estrategias didácticas que faciliten la comprensión de los modelos, aplicaciones tecnológicas contemporáneas y las ideas principales de la ciencia, permitiendo que las personas sean sometidas en situaciones que les permitan analizar situaciones de forma crítica, dimensionando posibles limitaciones o riesgos, con el fin de lograr competencias acordes con el desarrollo tecnológico actual (Alonso et al, 2003). Por otra parte, el sentido de los nuevos enfoques deben contribuir a develar la construcción social del conocimiento científico, así también, incorporar la enseñanza de métodos y procedimientos con los que esos conocimientos han sido producidos, incluyendo los contextos históricos, sociales y culturales, así como los valores asociados a ellos (Masarinni, 2011).

Las estrategias didácticas propuestas no deben dejar de lado el carácter social del aprendizaje, ya que éste facilita que el estudiante encuentre un significado atribuible al conocimiento adquirido (aprendizaje significativo). Además, hay que considerar dentro de la planificación del proceso de aprendizaje las interacciones alumno-alumno y profesor-alumno, ya que, reconocer la necesidad del aprendizaje social implica reconocer que los estudiantes estarán sometidos al intercambio de información con el profesor y sus pares. Evidenciando que los procesos de aprendizaje y significado también estarán sujetos a la autoestima de cada estudiante, reforzada por las emociones que se desarrollen al interior del aula (Stephanou, 2011). Por último, Toro (2010) propone que la empatía de parte del docente permite obtener climas de aula más propicios para el aprendizaje.

A través de la Unidad Didáctica que se propone para enseñar la Química Orgánica, se pretende potenciar la argumentación de los estudiantes en la sala de clases, a través del diseño de actividades estructuradas y estimulantes y en un ambiente proclive al trabajo colaborativo que al mismo tiempo permita la intervención del profesor y desafíen las ideas

de los alumnos. El rol de docente dentro de la secuencia es de facilitador, que estimula el debate y la discusión sacando conclusiones cuando proceda.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar, validar e implementar una secuencia de enseñanza aprendizaje basada en el contexto y la competencia científica de argumentación sobre el impacto del estudio de la Química Orgánica en el desarrollo tecnológico y social de los seres humanos, para lograr aprendizajes en los estudiantes de segundo año medio del Colegio San Pedro Nolasco de Quillota.

Objetivos específicos

- Diseñar una secuencia de enseñanza aprendizaje para promover el aprendizaje significativo en Química orgánica, especialmente en propiedades fisicoquímicas del átomo de carbono y su relación con su estructura interna (ángulo y longitud de enlace).
- Implementar y posterior validación de la secuencia de enseñanza aprendizaje mediante el trabajo con alumnos de segundo año de enseñanza media.
- Analizar el avance del nivel de argumentación de los estudiantes en sus respuestas escritas en la secuencia de enseñanza aprendizaje.

Metodología

Diseño de la secuencia de enseñanza y aprendizaje (SEA)

La secuencia didáctica (SEA) está diseñada con el fin de abordar la temática de Química orgánica, propiciando las capacidades de los alumnos de argumentación sobre el impacto en el desarrollo tecnológico y social de los seres humanos de esta área de la química; todo esto propuesto en el programa de estudio del Ministerio de Educación Chilena (2011).

La estrategia metodológica que se llevó a cabo para responder a la problemática planteada y lograr los objetivos propuestos se presentan cuatro fases: exploración, Introducción, Estructuración y Aplicación, según el ciclo de aprendizaje Sanmartí (2002), que busca a través de las actividades “transformar el conocimiento para ser aprendido” (Sanmartí, 2002), no sólo el concepto y procedimiento de la ciencias, sino también las actitudes y valores asociados. A continuación se especifican objetivos y contenidos desarrollados en cada etapa del ciclo de aprendizaje de la secuencia de aprendizaje (Tabla 2)

Tabla 2. Especificación de objetivos y contenidos desarrollados en la SEA

Etapa SEA	Objetivos	Contenidos
Exploración	Analizar el uso del petróleo y sus consecuencias en el medio ambiente.	Petróleo.
Introducción	Describir el proceso de obtención y refinamiento del petróleo.	Petróleo
	Comparar los derivados del petróleo con sus estructuras internas.	Petróleo
Estructuración	Distinguir las propiedades del carbono que le permite la formación de múltiples estructuras.	Propiedades físico químicas
	Modelar las estructuras internas de los hidrocarburos que son utilizados como combustibles.	Propiedades físico químicas
Aplicación	Argumentar sobre el impacto en el medio ambiente del uso industrial y tecnológico que se les da a los hidrocarburos.	Propiedades físico químicas

En este tipo de actividades es importante considerar la diversidad de alumnos dentro del aula, es por ello se debe diversificar y adaptar su complejidad a las características e interés del alumnado.

La necesidad de diseñar la secuencia de enseñanza - aprendizaje (SEA) bajo el contexto de Química Orgánica, busca que los alumnos consideren a las ciencias como cultura, como una forma de razonar, de actuar y de valorar el conocimiento aplicado. Es por esto que las diferentes actividades de aprendizaje (AA) apuntan a habilidades del pensamiento científico (Anderson et al., 2001).

Validación de la secuencia de enseñanza y aprendizaje

Evaluar las actividades de la SEA permite realizar ajustes, según los aportes u observaciones que realicen los alumnos, pares y docentes expertos. El proceso de validación interna ha sido realizada mediante la información recopilada a través de su implementación

en un grupo muestra del Liceo Santa María de las Condes; la muestra consistía en 4 alumnos de segundo medio y 3 alumnos de tercero medio. A su vez de las sugerencias realizadas por profesores expertos en didáctica y de Química Orgánica.

El procesos de validación interna se ha realizado, según el modelo de Elliott (1993), el cual a partir del diagnóstico, se puede tomar decisiones y evaluar las respuestas obtenidas, para así, nuevamente generar actividades nuevas.

La validación externa de la SEA se realizará utilizando el modelo comparativo cualitativo de Stake (1967, 1983). Está se basa en la comparación de la SEA elaborada con otros intentos de secuenciación del mismo tema. Es por esos, que se describen y analizan el contexto en el cual es implementada, considerando los conceptos y habilidades a trabajar. Es también necesario comparar la SEA diseñada con otros elementos o recursos utilizados en el sistema escolar, es por esto que se han elegido tres fuentes: Cabello (2010 y 2015), desarrollado por el Ministerio de Educación Chilena MINEDUC; y también el libro de Cifuentes et al., de la editorial SM; todos ellos correspondientes al Área Química de 2° año medio.

En la figura 3, se presenta la matriz planteada por Robert Stake (1967 y 1983) se completa respondiendo preguntas referidas a la planificación de la secuencia didáctica (casillas 1, 2 y 3, a la aplicación de la SEA (casillas 4, 5 y 6), a las normas o criterios de calidad de la SEA (casillas 7, 8 y 9); y por último a la valoración de la SEA (casillas 10, 11 y 12).

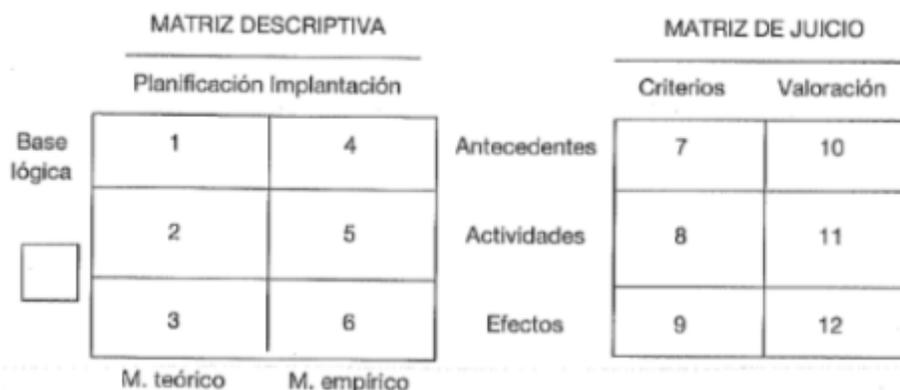


Figura 3. Diseño respondiente de Stake (1967)

Muestra

Para abordar el tema de Química orgánica la SEA se aplicará en el Colegio San Pedro Nolasco de Quillota, pertenecientes a la Fundación Mercedaria Educacional, el cual es un colegio confesional católico – mercedaria, quien tiene como misión, como señala su proyecto Educativo Institucional, entregar una educación de excelencia y equidad, basada en los principios evangélicos y la espiritualidad mercedaria, que promueva el desarrollo de competencias intrapersonales, disciplinares y valóricas en sus estudiantes para y el ejercicio de la libertad responsable. Es por esto que el desarrollo de la capacidad de argumentación de permite disponer a los jóvenes de un herramienta para desenvolverse en la sociedad. La tabla 4 presenta una descripción de los sujetos de estudio.

Tabla 4. Diseño respondiente de Stake (1967)

Establecimiento	Colegio San Pedro Nolasco de Quillota
Dependencias	Particular subvencionado
Ubicación	Serrano 427, Quillota
Nivel	Segundo año medio B
Nº de alumnos	32 alumnos (14 hombres – 18 mujeres)
Edades	15- 16 años

Los alumnos trabajarán en 6 sesiones de 90 minutos, éstas se trabajarán en grupos de 4 individuos generados al azar, ellos desarrollarán guías de trabajo que entregaran instrucciones y preguntas que desafien su aprendizaje. El anexo 6 presenta las preguntas seleccionadas según la categoría de análisis. A su vez se aplica un test KPSI¹ como pre test y post test, para verificar el tipo de aprendizaje alcanzado.

Para optimizar el análisis de datos, sólo se considerarán aquellos grupos de trabajo de estudiantes que han participado de todas las sesiones, ya que podrían existir respuestas incompletas o plagiadas de sus pares. A su vez se descartaran aquellas guías de aprendizaje que han sido entregadas incompletas, como lo muestra la tabla 5.

Tabla 5. Muestra total de alumnos participantes

Nº de alumnos del grupo curso	Nº de alumnos descartados por ausencias	Nº total de grupos de trabajos	Nº de grupos descartados por guías incompletas	Nº de grupos participantes para análisis de datos
32	2	9	1	8

El trabajo se desarrollará en guías de trabajo, de índole grupal, ya que la argumentación como competencia científica es una actividad cognitiva y social que permite a los alumnos lograr una relación entre los fenómenos, modelos, evidencias y explicaciones.

Instrumentos

La SEA consta de un total de 6 actividades de aprendizaje, de las cuales cada uno de ellas presenta un apartado final, que sintetiza y posibilita al estudiante argumentar científicamente según el objetivo de la actividad; es pertinente señalar que el propósito de la

¹ KPSI, adaptado del libro Química 2º año de la Editorial Cal y Canto, 2014.

actividades de aprendizaje diseñadas es favorecer la competencia argumentativa y además el nivel de comprensión de las propiedades físico químicas de los derivados del petróleo y su relación con la estructura interna de estos.

El carácter cualitativo descriptivo de esta investigación nos permite analizar las respuestas entregadas por los alumnos, agrupándolas y codificándolas (Hernández et al., 2010). Las proposiciones teóricas que surjan de esta investigación proveerán una mirada que va más allá de los estudios previos y los marcos conceptuales preconcebidos, en búsqueda de nuevas formas de entender los procesos sociales que tienen lugar en ambientes naturales (Sampieri, 2010); es decir, al trabajar en actividades grupales nos permite tener un sentido de comprensión más acabado de los niveles de argumentación que poseen los estudiantes, ya que les permite expresar de forma concreta y práctica sus conocimientos científicos. Las actividades e indicaciones al docente se encuentran adjuntas en el anexo 7 y 8 respectivamente.

Análisis de datos

Las dimensiones y categorías están enmarcadas en la comprensión conceptual de la temática (tabla 6) y el nivel argumentativo entregado por los estudiantes (tabla 7).

Tabla 6. Dimensiones de análisis conceptual

Dimensión de Análisis	Categorías	Subcategorías	Códigos
Contenidos sobre química orgánica	1. Comprender implicancias del petróleo	1.1. Analizar las consecuencias del uso del petróleo.	1.1.1. Reconocer las consecuencias del uso del petróleo.
			1.1.2. No reconocer las consecuencias del uso del petróleo.
		2. Distinguir propiedades de	1.2. Describir los procesos de obtención y refinamiento del petróleo
	1.2.2. No describen los procesos de obtención y refinamiento del petróleo.		
	2.1. Establecen relación entre estructura interna y		2.1.1. Reconocen la relación.
		2.1.2. No reconocen la relación.	

moléculas orgánicas derivadas del petróleo	propiedades físico químicas.		
	2.2. Representar estructuras internas de hidrocarburos	2.2.1. Representan estructuras orgánicas.	2.2.2. No representa estructuras orgánicas.
	2.3. Distinguir las propiedades del carbono en la formación de diversas estructuras (ángulos y distancia de enlace).	2.3.1. Distinguen las propiedades.	2.3.2. No distinguen las propiedades.

En cuanto al análisis de los niveles de argumentación, se plantea considerar los señalados por Osborne et al. (2004), quien establece cinco niveles de argumentación. Es importante señalar que la construcción del conocimiento científico se robustece al contrastar datos y evidencias que permiten el razonamiento y fortalezca del pensamiento crítico, y así lograr una alfabetización científica. En el anexo 9 se presentan ejemplos de análisis de los segmentos codificados en la pregunta 58, correspondiente a la sesión 6 (aplicación).

Tabla 7. Niveles de argumentación (Osborne, 2004)

Niveles	Descripción
1	Argumentaciones que son conclusiones simples.
2	Argumentaciones que consisten en una conclusión con datos, respaldos o garantías.
3	Argumentaciones con una serie de enunciados con datos, respaldos o garantías.
4	Argumentaciones con una conclusión con una refutación claramente identificable.
5	Manifiesta una argumentación extendida con más de una refutación.

Posteriormente de codificar y cuantificar los datos, estos serán representados en gráficos porcentuales según la relación entre los antecedentes y resultados obtenidos de la aplicación de la SEA.

Resultados

El análisis de resultados se presenta en dos dimensiones, el primero la comprensión de los estudiantes sobre contenidos de química orgánica, descritos en la metodología; y en segundo lugar, el nivel de argumentación de los estudiantes en sus respuestas escritas.

Dimensión: Comprensión de los contenidos de química orgánica

Con la finalidad de levantar preconcepciones de los estudiantes se aplica un test KPSI, adaptado del libro Química 2º año de la Editorial Cal y Canto 2014, donde los resultados obtenidos se presentan en la figura 8.

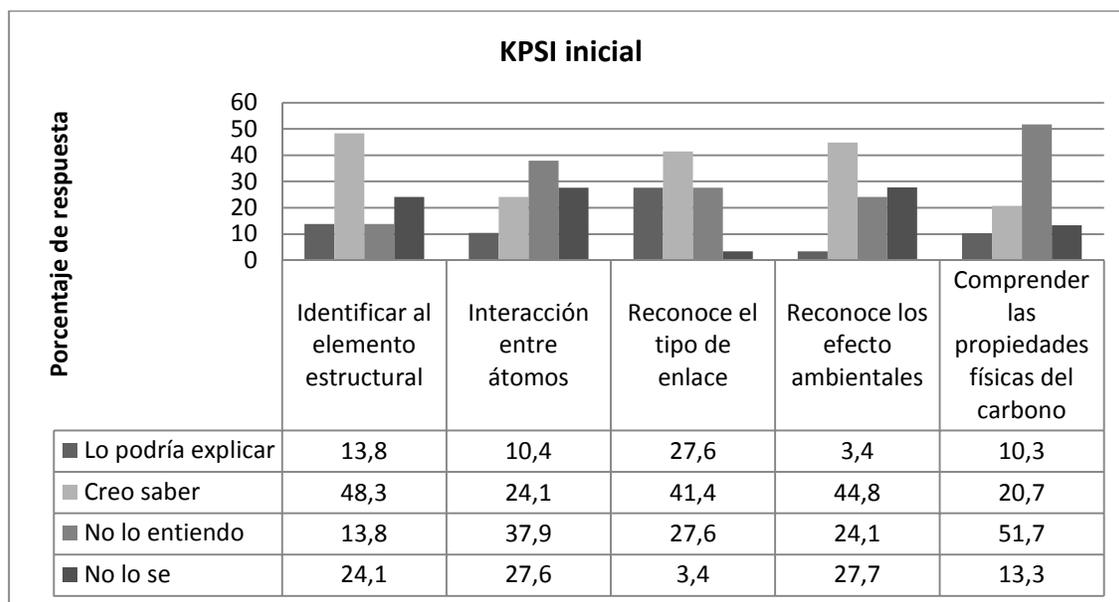


Figura 8. Gráfico de resultados KPSI inicial (adaptado, Cabello, 2014)

Los resultados obtenidos nos señalan a través de la gráfica de la figura 9, nos señalan que más del 40 % de los estudiantes cree identificar y reconocer las estructuras químicas orgánicas simples (orientación y enlace), además de los efectos ambientales que produce la utilización de éstas. Por otra parte, cabe destacar el alto número de estudiantes que no entiende o no sabe sobre las propiedades físico-químicas del carbono.

Análisis categoría 1. Comprender las implicancias del petróleo

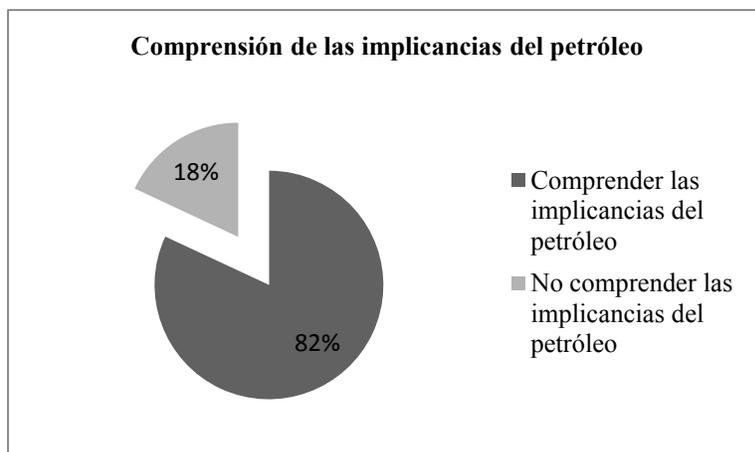


Figura 9. Gráfico categoría 1. Comprender las implicancias del petróleo

Desde el currículo nacional se establece que los estudiantes deben “distinguir las propiedades del carbono que hacen posible la formación de una amplia gama de moléculas” (MINEDUC, 2011), en todas las preguntas analizadas, de un total de 72 respuestas, la gran mayoría de ellas, el 82%, que corresponde a 59 de las respuestas logran comprender las implicancias del petróleo en un contexto socio-científico, versus el 18% que no se logra identificar esta dimensión. A continuación se explicita los resultados según subcategoría.

Subcategoría 1.1. Analizar las consecuencias del uso del petróleo

Los resultados obtenidos en este análisis se ven graficados en la figura 10. En 39 segmentos codificados correspondientes al 81% del total, existe presencia e la dimensión, es decir, los estudiantes logran analizar el impacto del uso de los distintos compuestos orgánicos en la naturaleza y la industria.; versus un 19% del total, correspondiente a 9 segmentos codificados. Estos resultados considerados positivos, por lo que la aplicación de la SEA promueve un pensamiento crítico y lograr así una alfabetización científica. Dando cuenta hasta el momento de una mejora considerable de los resultados obtenidos en primera instancia mediante el cuestionario KPSI.



Figura 10. Gráfico subcategoría 1.1. . Analizar las consecuencias del uso del petróleo

Subcategoría 1.2. Describir los procesos de obtención y refinamiento del petróleo

El poder aprender ciencias, inmerso en un contexto tecno científico, como la obtención y refinamiento del petróleo, permite al alumnado el aprendizaje de los conocimientos de química orgánica, esto se ve reflejado en el 83% de las respuestas codificadas, es decir 20 de un total de 24 presentan esta subcategoría.

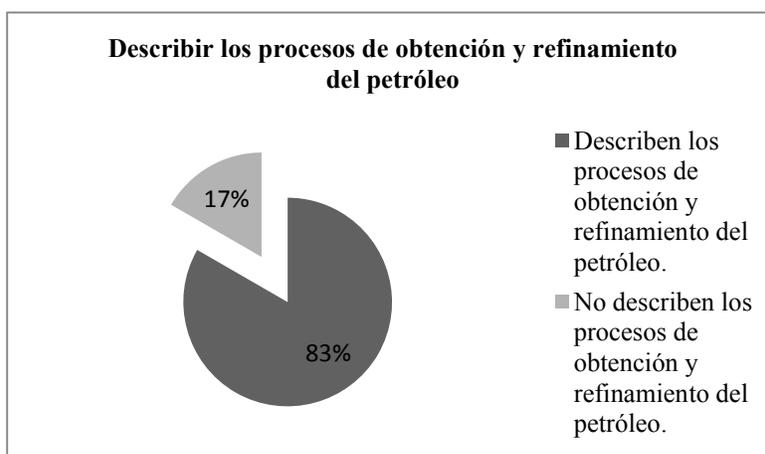


Figura 11. Gráfico subcategoría 1.2. . Describir los procesos de obtención y refinamiento del petróleo

Al comparar los resultados obtenidos en del KPSI podemos ver como el número de estudiantes que no logra alcanzar los objetivos de aprendizaje de la unidad se mantiene relativamente constante, sin presentar diferencias significativas durante esta fase del ciclo de aprendizaje.

Análisis categoría 2. Distinguir las propiedades de moléculas orgánicas derivadas del petróleo

Uno de los objetivos de las actividades de aprendizaje es distinguir las propiedades de moléculas orgánicas derivadas del petróleo. Para analizar los datos, se codificaron 80 preguntas en total, de las cuales 49 de ellas se distinguen las propiedades de las moléculas orgánicas derivadas del petróleo y en 31 de ellas presentan una ausencia de esta categoría, correspondiendo al 61% y un 39% respectivamente.

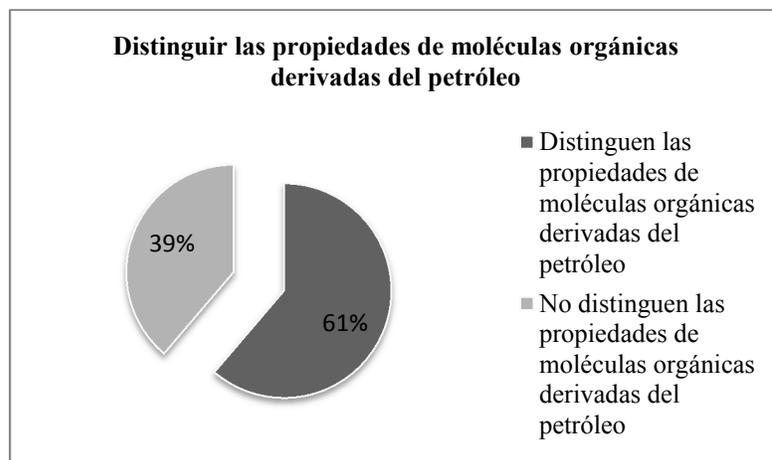


Figura 12. Gráfico categoría 2. Distinguir las propiedades de moléculas orgánicas derivadas del petróleo

Subcategoría 2.1. Establecer relación entre estructura interna y propiedades físico químicas

De un total de 16 respuestas codificadas, en 6 de ellas, es decir un 37%, se identifica que los alumnos logran establecer la relación entre la estructura interna de las moléculas orgánicas y las propiedades físico químicas que están poseen; versus un 63% que no logra establecer esta relación, correspondiendo a 10 preguntas codificadas.

El número de estudiantes que no logra el objetivo de aprendizaje en esta fase crece desde un 20% a un 40 %, mostrando que los objetivos que tienen mayor relación con la disciplina científica presenta mayores desafíos a los estudiantes que los objetivos socio-científicos.

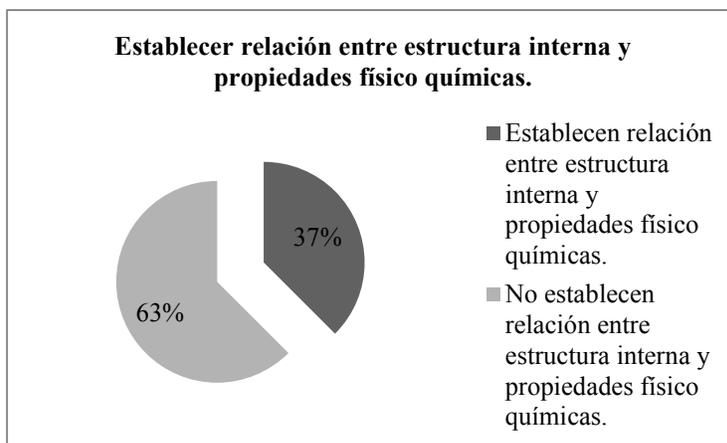


Figura 13. Gráfico subcategoría 2.1. Relación entre estructura interna y propiedades físico químicas

Subcategoría 2.2. Representar estructuras internas de hidrocarburos

De un total de 32 respuestas codificadas, en 23 de ellas, es decir un 72%, se identifica que los alumnos logran representar estructuras internas de hidrocarburos; versus un 28% que no logra establecer esta relación, correspondiendo a 9 preguntas codificadas.

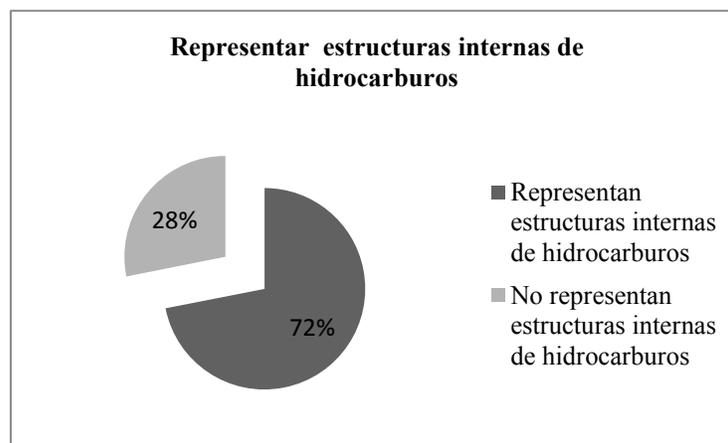


Figura 14. Gráfico categoría 2.2. Representar estructuras internas de hidrocarburos

Subcategoría 2.3. Distinguir las propiedades del carbono en la formación de diversas estructuras (ángulos y distancia de enlace)

Al considerar el segundo objetivo de aprendizaje “distinguir las propiedades del carbono en la formación de diversas estructuras (ángulos y distancia de enlace)”, se obtuvo que de un total de 32 respuestas codificadas, en 20 de ellas, es decir un 62%, se identifica que los alumnos logran identificar las propiedades del carbono en la formación de diversas estructuras, específicamente logren identificar los ángulos y distancias de enlace que este

establece; versus un 38% que no logra establecer esta relación, correspondiendo a 12 preguntas codificadas.

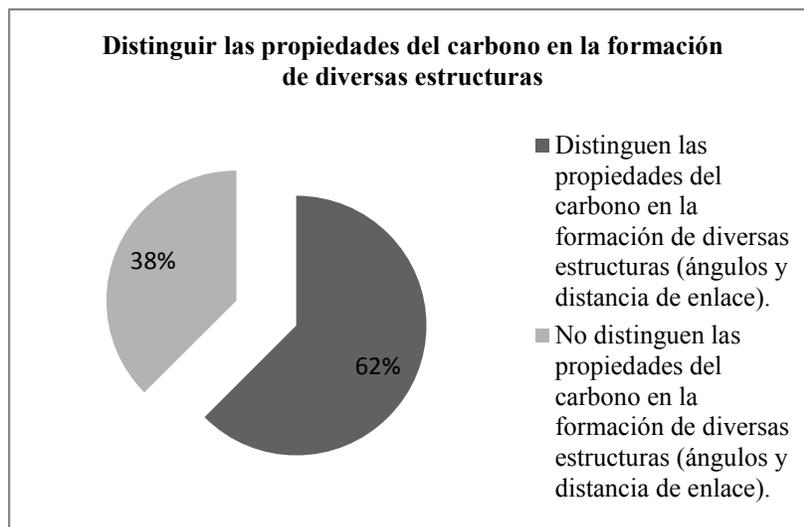


Figura 15. Gráfico categoría 2.3. Propiedades del carbono en la formación de diversas estructuras

Con la finalidad de reconocer el nivel de logro de la SEA se aplica como instrumento final el cuestionario KPSI aplicado al inicio, donde se obtuvieron los resultados señalados en la figura 16, donde se puede observar una tendencia significativa en los resultados finales.

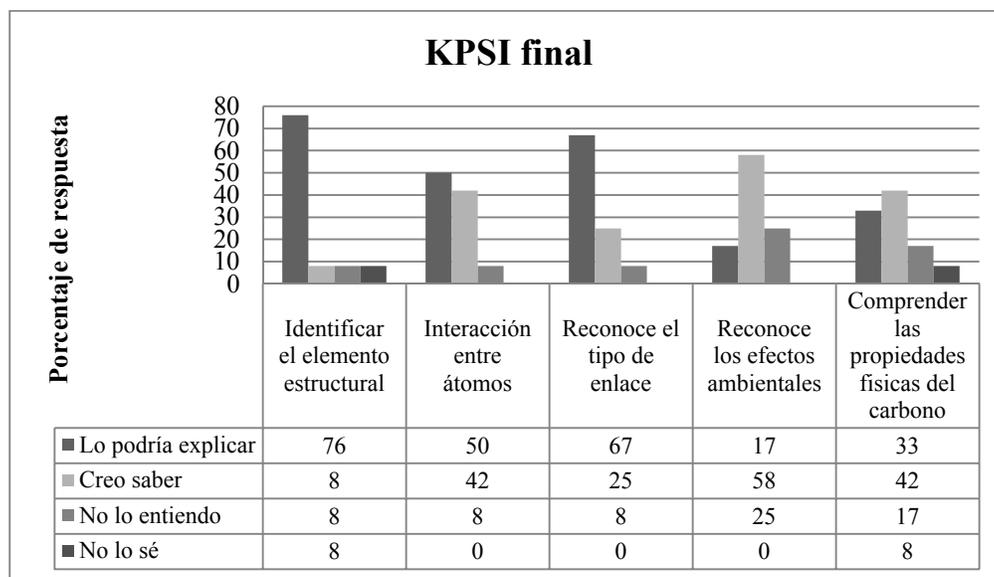


Figura 16. Gráfico de resultados KPSI final (adaptado, Cabello, 2014)

Dimensión: Nivel de argumentación alcanzado por los estudiantes

El análisis de las habilidades argumentativas de los estudiantes se ha realizado según lo descrito en la metodología, en cinco niveles. Se analizaron cinco preguntas, detalladas en el anexo 6. Dentro del ciclo de aprendizaje los estudiantes debían argumentar sobre los

beneficios o perjuicios de la instalación de una planta de refinamiento de petróleo cercana a sus domicilios.

Los resultados obtenidos permiten apreciar que la implementación de la SEA, en las actividades de aprendizaje enfocadas en Argumentación, se logró un aumento del nivel en que se encontraban los estudiantes, señalados en la figura 16.

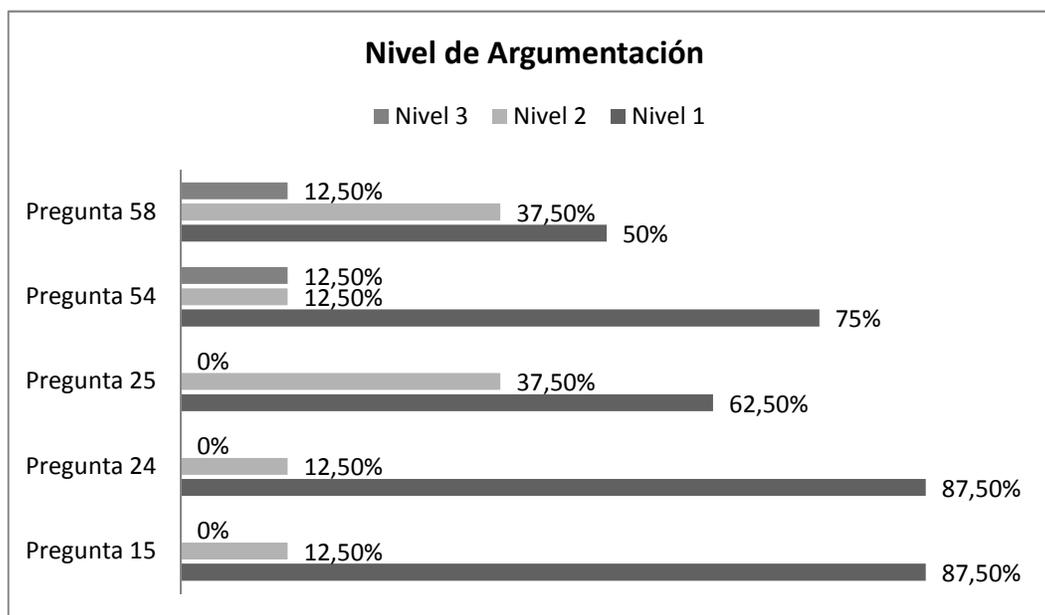


Figura 17. Gráfico dimensión de argumentación por pregunta

El nivel de argumentación en los estudiantes fue incrementando a medida que se implementa la SEA, ya que en las preguntas 15, 24 y 25 se presenta un alto porcentaje de estudiantes en nivel 1, es decir, solo entregan conclusiones simples, y una nula presencia de nivel 3, es decir, no se presentan repuestas con argumentaciones con una serie de enunciados con datos y refutaciones. Sin embargo, en las preguntas 54 y 58 se identifican repuestas en nivel argumentativo 3.

Conclusiones y limitaciones

Los resultados obtenidos muestran que la aplicación de la SEA fue efectiva en términos de aprendizaje de conceptos de química orgánica. Esto se ve reflejado en los resultados son satisfactorios para el aprendizaje de contenidos de química orgánica, ya que como muestran los resultados de KPSI inicial y final, las dos dimensiones temáticas: Comprender las implicancias del petróleo y Distinguir las propiedades de moléculas orgánicas derivadas del petróleo, presentan un aumento; sin embargo las áreas de mayor dificultad para los estudiantes es establecer la relación entre la estructura interna y las propiedades físico química que los compuestos presentan y la representación tridimensional de las moléculas orgánicas.

Los resultados obtenidos en el desarrollo de la competencia argumentativa de los estudiantes presentan un leve aumento en el nivel de esta competencia según lo propuesto

por Osborne y colaboradores en 2004, sin embargo cabe destacar que este aumento es logrado por más del 40 % del estudiantado.

Los estudiantes que presentan una mayor mejora en sus niveles de argumentación son aquellos que presentan los mejores rendimientos académicos en el grupo de estudio.

Al trabajar respetando las concepciones alternativas que fueron expuestas en esta investigación, se aprecia una mejora significativa en los aprendizajes que presentan los estudiantes basados en los resultados obtenidos al comparar los cuestionarios KPSI inicial y final.

Los resultados obtenidos al implementar la SEA nos invitan a continuar en la senda de la secuenciación de todos los aprendizajes correspondiente a la educación científica, con el fin de contribuir al desarrollo de la argumentación científica en los estudiantes de educación secundaria.

Existen resultados que abren muchas nuevas interrogantes como por ejemplo ¿Qué sucedería si secuenciamos de esta forma todas las unidades propuestas para segundo año de educación media por el Ministerio de Educación? ¿El tiempo de ejecución de la SEA contribuiría a una mejora sustancial del nivel de argumentación? ¿La secuenciación de aprendizajes basado en argumentación de temas socio-científicos permitiría desarrollar un mayor nivel de argumentación que la basada en temas científicos? Todas estas interrogantes pueden tener respuesta en futuras investigaciones.

Agradecimientos: Producto científico derivado del proyecto FONDECYT 1150659 patrocinado por CONICYT – CHILE.

Bibliografía

- Aleixandre, M. P. J. (2010). *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas* (Vol. 12). Graó.
- Alonso, Á. V., Díaz, J. A. A., & Mas, M. A. M. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 2(2), 1.
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., & Bloom, B. S. (2001). A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. Allyn & Bacon. (citado: 28 Mayo 2015). Recuperado: <http://www.eduteka.org/TaxonomiaBloomCuadro.php3>
- Asarnow, H. (2005). «Sir Francis Bacon: Empiricism». An Image-Oriented Introduction to Backgrounds for English Renaissance Literature. University of Portland. Consultado el 7 de octubre de 2015.
- Bachelard, G. (2000). *La formación del espíritu científico*. Siglo XXI.
- Bennett, J. & J. Holman (2002). Context-based approach to the teaching of chemistry are they and what are their effects? en *Chemical Education: Towards Research-based Practice*; Gilbert JK; De Jong, O; Justi, R; Treagust, DF and Van Driel, JH editores; Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Campanario, J & Moya, A. (1999) ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. En: *Revista Enseñanza de las ciencias* [en línea]. Volumen 17. Número 2. Consultado: [17 de septiembre de 2015]. Disponible en: <<http://www2.uah.es/jmc/an11.pdf>>
- Cárdenas, S. F. A., & González, M. F. (2006). Dificultades de Aprendizaje en Química: Caracterización y Búsqueda de Alternativas para Superarlas: Ampliación y continuación. *Informe final de investigación. Oficina de Investigaciones. Universidad de La salle. Bogotá.*
- Chion, A. F. R., Meinardi, E., & Bravo, A. A. (2014). La argumentación científica escolar: contribución a la comprensión de un modelo complejo de salud y enfermedad. *Ciência & Educação* (Bauru), 20(4), 987-1001.
- Cofre, H. (2010). *Cómo mejorar la enseñanza de las ciencias en Chile*. Santiago de Chile: Ediciones Universidad Cardenal Silva Henríquez.
- Couso, D. (2011) *Las secuencias didácticas en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias: modelos para su diseño y validación*. Didáctica de la física y química A. Caamaño (Coord.). Madrid: Graó.

- Duis, J. M. (2011). Organic chemistry educators' perspectives on fundamental concepts and misconceptions: An exploratory study. *Journal of Chemical Education*, 88(3), 346-350.
- Echeverría, J. (1995). *Filosofía de la ciencia*. Madrid: Akal Ediciones.
- Elliott, J. (1990). *La investigación-acción en educación*. Madrid: Ediciones Morata.
- Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2008). Argumentation in science education. Perspectives from classroom-Based Research. Dordrecht: Springer
- Furió, C., & Furió, C. (2000). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación química*, 11(3), 300-308.
- Galagovsky, L. R. (2003) ¿Por qué es difícil aprender Química en la escuela? Taller. *Semana de la Química*, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA, 13 al 15 de Agosto.
- Galagovsky, L. R. (2007). Enseñar química vs. aprender química: una ecuación que no está balanceada. *Revista Química Viva*, 6.
- Galbarte, J. C. G., & Gordillo, M. M. (2002). Reflexiones sobre la educación tecnológica desde el enfoque CTS. *Revista Iberoamericana de educación*, (28), 17-60.
- Garzón, M. A., Neusa, D & Hernández, Y. (2010). El lenguaje de la nomenclatura química inorgánica en los textos escolares En: Memorias, II congreso Nacional de investigación en educación en ciencias y tecnología [en línea]. Consultado: [13 de noviembre de 2011]. Disponible en <http://www.educyt.org/portal/images/stories/ponencias/sala_5/el_lenguaje_de_la_nomenclatura_quimica_inorganica_en_los_textos_escolares.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación. Editorial Mac Graw Hill. Quinta Edición.
- Hernández Sánchez, G. E., Sabogal, T., Edith, M. D., Rojas, N., & Maritza, J. (2013). Conciencia una propuesta para la enseñanza de los hidrocarburos, desde la perspectiva multidisciplinar de las ciencias naturales y bajo el contexto de la pedagogía Ignaciana. *Revista Virtual educyt*, 15.
- Jiménez Aleixandre M (2010). 10 ideas clave competencias en argumentación y uso de pruebas. Madrid: GRAO.
- Jorba, J., & Sanmartí, N. (1996). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua: Propuestas didácticas para las áreas de Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas*. Ministerio de Educación.
- Massarini, A. (2011). El enfoque CTS para la enseñanza de las ciencias: una clave para la democratización del conocimiento científico y tecnológico. *La Revista del Plan Fénix*, 2(8), 14-18.
- Ministerio de Educación (2011). Planes y Programas de Química, Programa de Estudio, Segundo Año Medio. Chile
- Ministerio de Educación. (2015). *Química programa de estudio segundo medio*. Santiago de Chile: Santiago de Chile.
- Ministerio de Educación. (2015). *Nuevas bases curriculares y Programas de estudio 7º y 8º año de Educación Básica / 1º y 2º año de Educación Media*. Santiago de Chile: Santiago de Chile.
- Perales Palacios, F. J., & Dios Jiménez, J. D. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. In *Enseñanza de las Ciencias* (Vol. 20, pp. 369-386).
- Puig, N. S., & Sardà, A. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 18(3), 405-422.
- Quintero Cano, C. A. (2010). Enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS): perspectivas educativas para Colombia. *Zona Próxima*, (12).
- Radivojević, M., Rehren, T., Pernicka, E., Šljivar, D., Brauns, M., & Borić, D. (2010). On the origins of extractive metallurgy: new evidence from Europe. *Journal of Archaeological Science*, 37(11), 2775-2787.
- Ribelles, R., Solbes, J., & Vilches, A. (1995). Las interacciones CTS en la enseñanza de las ciencias. Análisis comparativo de la situación para la Física y Química y la Biología y Geología. *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 7(4), 135-143.
- Rubiano Galvis, J. E. (2013). *¿Para qué enseñar nomenclatura orgánica en la secundaria? Conocimiento y propuesta de enseñanza* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).
- Rushton, G. T., Hardy, R. C., Gwaltney, K. P., & Lewis, S. E. (2008). Alternative conceptions of organic chemistry topics among fourth year chemistry students. *Chemistry Education Research and Practice*, 9(2), 122-130.
- Sabariego, J., & Manzanares, M. (2006). Alfabetización científica. In *I Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*.

- Sampieri, R., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2010). Metodología de la Investigación. Editorial Mc Graw Hill. Quinta edición.
- Sanmartí, N. (2002). Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria. Madrid: Ed. Síntesis.
- Stephanou, Georgia. (2011). Emociones de los alumnos en la clase escolar: antecedentes socio-cognitivos y rendimiento escolar. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, Sin mes, 5-47
- Toro Arévalo, Sergio. (2010). Neurociencias y aprendizaje... texto en construcción. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 36(2), 313-331.
- Treagust, D. F., Chittleborough, G. D., & Mamiala, T. L. (2004). Students' understanding of the descriptive and predictive nature of teaching models in organic chemistry. *Research in Science Education*, 34(1), 1-20.
- Villaseñor-Díaz, E., Canchola-Martínez, E., Méndez, A. S., Ramírez-Chavarín, N. L., Cruz-Sosa, F., & Haro-Castellanos, J. A. (2013). Evaluación del aprendizaje en las representaciones moleculares “enlace-línea” de los compuestos orgánicos. Un estudio de caso. *Educación Química*, 24(1 ext)
- Wobbe De Vos, A. y Pilot A. (2002). Chemical Education: Towards Reseach – bases Practice. Gilbert KJ, De Jong, O, Justi R, Treagust DF y Van Drien JH editores. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Zapata, M. (2005, Febrero). Secuenciación de contenidos y objetos de aprendizaje. RED. Revista de Educación a Distancia, número monográfico II. Consultado el 9 de Febrero, 2005, en <http://www.um.es/ead/red/M2/zapata47.pdf>
- Zoller, U. (1990). Students' misunderstandings and misconceptions in college freshman chemistry (general and organic). *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 1053-1065.