

# Desarrollo de argumentación científica en estudiantes de pedagogía en ciencias a través de una secuencia de enseñanza y aprendizaje en torno a controversia socio-científica

**Andrea Arias Padilla**

Universidad de La Frontera

[andrea.arias@ufrontera.cl](mailto:andrea.arias@ufrontera.cl)

## Resumen

En este trabajo se presenta una secuencia didáctica para la enseñanza y apropiación de la noción Contaminación Atmosférica. Las actividades que se proponen tienen como principal objetivo que los estudiantes en formación de la carrera de Pedagogía en Ciencias puedan adquirir nuevas herramientas metodológicas para la enseñanza y aprendizaje de la ciencia, esto es, desarrollando habilidades argumentativas a través de problemáticas socio-científicas de su entorno más cercano. Mediante el desarrollo de las actividades se espera que los profesores de ciencia en formación puedan promover competencias de pensamiento científico en relación a los saberes, capacidades y disposiciones frente a los fenómenos a abordar. Esta investigación educativa se sustenta en el paradigma cualitativo y para el diseño de la secuencia de enseñanza y aprendizaje (SEA) se utiliza la metodología de investigación basada en el diseño, en donde, como etapa inicial se realiza una revisión de las concepciones alternativas, análisis de textos y revisión del currículo. Luego la planificación de las actividades se estructura siguiendo el ciclo de aprendizaje indagatorio, considerando distintas habilidades argumentativas. Por otra parte, para el análisis de los datos de la implementación se utiliza una metodología de carácter no experimental descriptiva y como método principal un estudio de caso. En la implementación de las ocho actividades, los estudiantes demuestran ir incorporando progresivamente distintos componentes del Patrón de Argumentación de Toulmin (TAP) y un avance en los niveles argumentativos, además se logra una progresión en los dominios conceptuales de la noción.

**Palabras clave:** Argumentación, Controversia socio-científica, Secuencia de enseñanza y aprendizaje, Contaminación atmosférica.

## Introducción

La química, es una ciencia con características propias, con métodos basados en el análisis y la síntesis, que debe ser razonada y no aprendida de memoria. Entonces, la actividad docente debe orientarse en la incorporación de nuevas metodologías en el proceso de enseñanza y aprendizaje, para así estimular la participación activa, mejorar los rendimientos, desarrollar habilidades y destrezas en el aprendizaje de los estudiantes (Antezana, 2009; Acevedo et al., 2015).

En este contexto, el docente debe reconocer a la ciencia como una forma cultural en constante evolución, al contrario de la enseñanza tradicional basada en la enseñanza de conocimientos muy consensuados a lo largo del tiempo y no de los actuales, es decir, debe plantearse la enseñanza de contenidos relevantes para comprender fenómenos reales, problemas cotidianos y actuales (ambientales, salud, tecnológicos, etc.), además de actuar coherentemente identificando múltiples variables y sus interrelaciones. Para ello, se sugiere organizar los contenidos en problemas transversales (problemas relevantes socialmente) y desde allí generar las interrelaciones entre los

contenidos programados (mapas conceptuales, tramas de contenidos, esquemas) (Sanmartí, 2005).

Entonces, ampliar el conocimiento sobre temas científicos o relacionados con la ciencia para que los estudiantes desarrollen de manera paulatina el pensamiento crítico, según Solbes (2013) es una capacidad de formar una opinión independiente, la cual permita reflexionar sobre hechos o situaciones de la sociedad y a la vez participar en ella, y así abordar temas con implicancias sociales y científicas, teniendo una opinión fundamentada. En este punto la educación en ciencias juega un papel crucial, debido a que como nos señalan Gil y Vilches (2006) es un factor esencial del desarrollo de las personas y de los pueblos para que así puedan participar informadamente en la toma de decisiones, es decir, alfabetizadas científicamente. Los autores Lupión y Prieto (2014) por su parte, mencionan que temas como la Contaminación pueden favorecer al desarrollo de habilidades, destrezas, competencias y capacidades, permitiendo contribuir a una formación ciudadana en los términos que la sociedad actual demanda.

En este sentido, tal como lo indican García et al. (2015), preocupa que actualmente la grave problemática social y ambiental de nuestro mundo apenas esté presente en el desarrollo cotidiano de la enseñanza, y su aparición en los libros de texto escolares y universitarios sea muy tangencial o complementaria. No obstante, en general los documentos curriculares declaran como meta fundamental la educación de los estudiantes para ser futuros ciudadanos activos y responsables. Múltiples estudios muestran que los profesores de ciencias no están bien formados para afrontar este reto educativo ya que los modelos de formación universitaria suelen ser academicistas, basados en la transmisión de saberes fragmentados y mantienen una visible separación entre teoría y práctica, enfocándose en la adquisición de contenidos conceptuales dejando de lado el desarrollo de habilidades de pensamiento científico. Entonces, las nuevas formas de poder abordar la ciencia se deben incorporar primero en los profesores en formación inicial y de esta manera favorecer que en sus prácticas implementen estrategias a favor de desarrollar, por ejemplo, ciencia para la ciudadanía y el desarrollo de competencias como la argumentación en estudiantes (Archila, 2012; Ruíz et al., 2015; Elgueta et al., 2018; Montaña y Padilla, 2020).

Por lo anterior, esta propuesta de enseñanza y aprendizaje se centra en torno a la noción de Contaminación Atmosférica para el desarrollo de la argumentación en estudiantes de tercer año de la carrera de Pedagogía en Ciencias.

### **Marco de referencia**

En los nuevos desafíos educativos y así lo reportan autores como Couso (2012), se debe considerar el contexto de aplicación del contenido, sus implicancias sociales y éticas y su relación con otros contenidos, además de la perspectiva de los estudiantes (concepciones e intereses) y sus formas de aprender. Lo anterior, nos lleva a pensar una enseñanza de la ciencia para todos. Entonces, para esta propuesta de progresión dirigida a estudiantes en formación docente en ciencias se selecciona como noción a enseñar: Contaminación Atmosférica. Donde la idea fundamental a enseñar es: “que la presencia en el aire de sustancias y formas de energías distintas a su composición natural, puede representar una fuente de riesgos y daños para la vida y el medio ambiente”.

La Contaminación Atmosférica, al ser un problema del "mundo real", puede reforzar el interés de los estudiantes en la ciencia y otras materias relacionadas de los planes de estudio tradicionales, y así convertirse en un medio para abrir las aulas a la vida real, problemas complejos y

multidisciplinarios, así como de integrar diferentes disciplinas en enfoques temáticos coherentes (Dimitriou & Christidou, 2011). Es importante enseñar esta noción a los profesores en formación, ya que les permitirá disponer de herramientas para enseñar la ciencia asociada a situaciones más reales a través de problemáticas socio-científicas y desarrollar habilidades argumentativas que le permitan tener una opinión fundamentada y crítica del tema, además de ser capaces de contribuir a la disminución de los efectos en el medio ambiente y salud de la población.

### **Currículo y contaminación atmosférica**

Al revisar el currículo actual de 7° básico a 2° medio, se observa que no se incluye directamente la noción Contaminación Atmosférica. Principalmente, se consideran aspectos específicos respecto a las propiedades físicas y químicas de los gases, además del desarrollo de habilidades como la argumentación. Por otra parte, desde el año 2019 se han aprobado las nuevas Bases Curriculares para 3° y 4° medio, que consideran un plan común que incluye una formación general y electiva, un plan diferenciado y horas de libre disposición. Esto significa, menos asignaturas y más horas en las asignaturas del plan de formación diferenciado, lo que permitirá la profundización de los conceptos y el mejor desarrollo de competencias y habilidades para el siglo XXI, como ciudadanía, responsabilidad, colaboración, pensamiento crítico y comunicación (Mineduc, 2019). Estas nuevas bases incluyen algunas temáticas socio-científicas y el desarrollo de habilidades científicas (ver Anexo 1).

A nivel universitario al revisar el plan de estudio de formación de los estudiantes de la carrera de Pedagogía en Ciencias, estos cursan tres asignaturas previas de *química general* antes de llegar al tercer año. En general, en los programas de asignaturas no se aborda explícitamente la noción Contaminación Atmosférica y al igual que el currículo escolar, se centran principalmente en conocimiento disciplinar asociado a las propiedades de los gases y no se observa el desarrollo de la argumentación. Por lo anterior, esta SEA busca propiciar en los estudiantes de la carrera de Pedagogía en Ciencias nuevas herramientas didácticas para potenciar su formación inicial y así contribuir al perfil de egreso de la carrera (ver Anexo 1).

### **Contaminación atmosférica en textos universitarios**

En el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, los textos son los principales recursos educativos utilizados por los profesores, pues imponen una determinada distribución y jerarquización de ideas, a partir de una transformación y recreación del conocimiento epistémico. Constituyen herramientas mediadoras que traducen y concretan aquellos significados incluidos en el currículo determinado por los organismos gubernamentales y que lo hacen a través de una presentación didáctica. El texto se constituye así, en un elemento de poder que contribuye a la uniformización lingüística de una disciplina, a la nivelación cultural y a la propagación de las ideas dominantes (Occeci & Valeiras, 2013). Entonces, el análisis adecuado de textos por parte del profesor debe ser una base fundamental que le permita diseñar secuencias didácticas más adecuadas según el tipo de aprendizaje de sus estudiantes o realizar adaptaciones necesarias.

La caracterización de un texto exige disponer de métodos de análisis que sean objetivos, por ejemplo, el propuesto por Jiménez y Perales (2001) que señala que el análisis secuencial integra dos enfoques: el sintáctico (secuencias de contenidos) y el curricular (metodología didáctica subyacente). El procedimiento consiste en fragmentar el texto en unidades y clasificarlas según la

función que desempeñan de acuerdo a las categorías establecidas en la taxonomía: Evocación, Definición, Aplicación, Descripción, Interpretación y Problematización (ver Anexo 1). En este sentido, para la SEA propuesta se realizó el análisis de tres textos universitarios, seleccionados de acuerdo al uso más frecuente como referencias bibliográficas en distintas asignaturas (Tabla 1), y revisar cómo cada uno de ellos aborda la contaminación atmosférica. Lo anterior, permitirá tomar decisiones respecto a qué y cómo abordar el contenido, a través de nuevas propuestas de enseñanza y aprendizaje.

**Tabla 1.** *Revisión de textos universitario (Fuente: elaboración propia).*

ID	Autores	Título	Año	Editorial	Páginas
T1	Raymond Chang	Química	2002	Mc Graw Hill	722-727
T2	Martín Silberberg	Química: La Naturaleza Molecular del Cambio y la Materia	2000	Mc Graw Hill	210 y 715
T3	Manahan Stanley	Introducción a la Química Ambiental	2007	Reverté	401-443

Los textos universitarios seleccionados fueron analizados según la categorización utilizada por los autores Jiménez y Perales (2001) (Tabla 2).

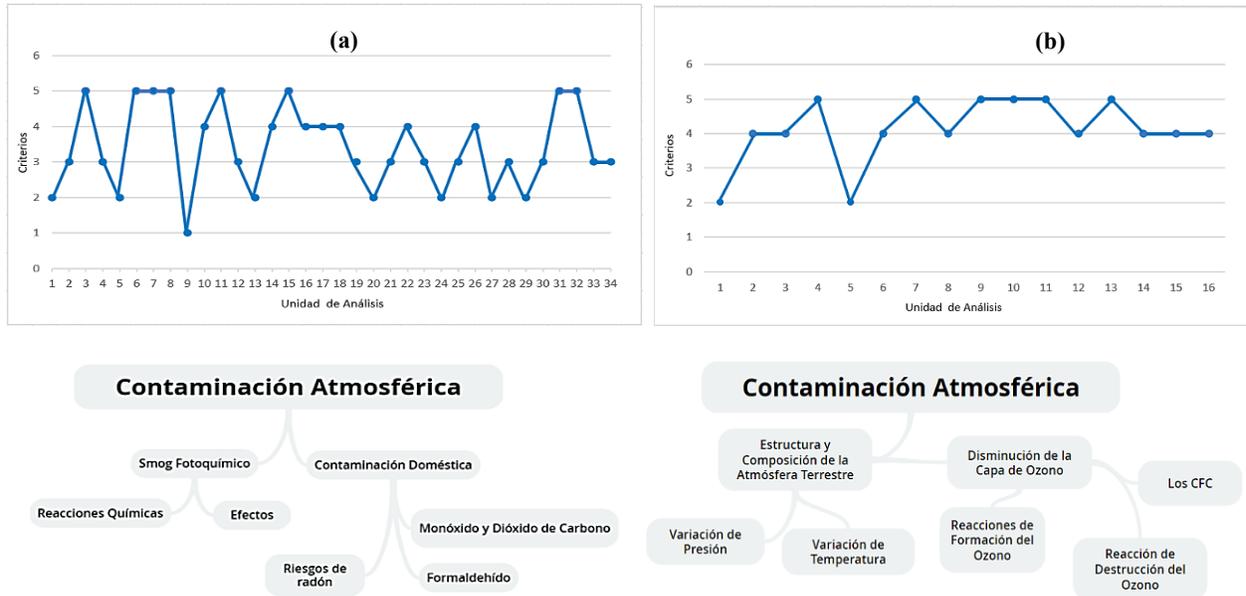
**Tabla 2.**

*Categorización de secuencias didácticas en textos, según Jiménez y Perales (2001).*

Función	Descripción	Textos					
		T1	Frecuencia	T2	Frecuencia	T3	Frecuencia
<b>1. Evocación</b>	Se hace referencia a un hecho de la experiencia cotidiana o concepto que se supone conocido por el alumno.	1	3%	0	0%	0	0%
<b>2. Definición</b>	Se establece el significado de un término nuevo en su contexto teórico.	6	18%	2	13%	1	1%
<b>3. Aplicación</b>	Es un ejemplo que extiende o consolida una definición.	10	29%	4	25%	6	6%
<b>4. Descripción</b>	Se refiere a hechos o sucesos no cotidianos que se suponen desconocidos por el lector y que permiten aportar un contexto necesario. También se incluyen en esta categoría conceptos necesarios para el discurso principal pero que no pertenecen al núcleo conceptual.	9	26%	5	31%	54	58%
<b>5. Interpretación</b>	Son pasajes explicativos en los que se utilizan los conceptos teóricos para describir las relaciones entre acontecimientos experimentales.	8	24%	5	31%	32	34%
<b>6. Problematización</b>	Se plantean interrogantes no retóricos que no pueden resolverse con los conceptos ya definidos. Su finalidad es incitar a los alumnos a poner a prueba sus ideas o estimular el interés por el tema presentando problemas que posteriormente justifican una interpretación o un nuevo enfoque.	0	0%	0	0%	0	0%
<b>Nº Total de Eventos</b>		34		16		93	

En la Figura 1a se puede observar la secuencia didáctica que presenta el Texto 1, que principalmente incluye los criterios de: aplicación, descripción e interpretación. Solo en una instancia se utiliza la evocación y en ninguna etapa de la secuencia se considera la problematización, que permitiría al estudiante situarse en otros escenarios. Además, este texto

inicia directamente con una definición y descripciones para terminar con aplicaciones. No incluye problematización que permitiría asociar el contenido con alguna situación o fenómeno distintos a los abordado en la clase. También, incluye una mayor cantidad de imágenes y/o fotografías de apoyo, posiblemente para cautivar al lector.



**Figura 1.** Mapa distribución y Mapa conceptual de la secuencia didáctica en: (a) Texto 1 y (b) Texto 2 (Fuente: elaboración propia).

Por otra parte, en el Texto 1 no se aborda directamente la noción “Contaminación Atmosférica”, se enfoca en algunos fenómenos en particular: smog fotoquímico y contaminación domiciliaria (Figura 1a).

Al analizar el Texto 2 (Figura 1b), éste muestra que su secuencia se centra principalmente en descripciones, interpretaciones y aplicaciones, se excluyen la evocación que permitiría conectar el concepto con situaciones cotidianas del estudiante y tampoco considera problematización. Toca muy tangencialmente el tema “Contaminación Atmosférica” y se mencionan algunos fenómenos asociados a la noción: Composición de la atmósfera terrestre y disminución de la capa de ozono (Figura 1b).

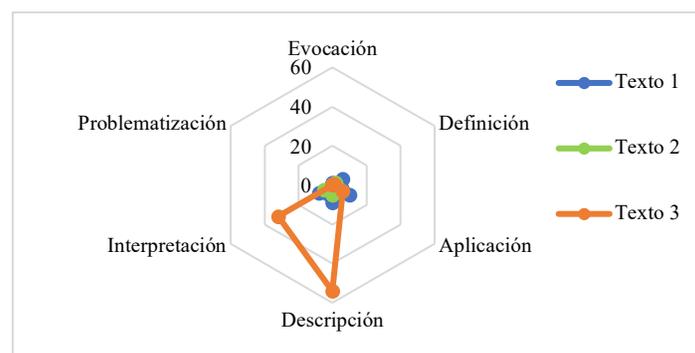
Finalmente el Texto 3, muestra que su secuencia se centra principalmente en descripciones e interpretaciones, lo que podría asociarse a un patrón expositivo (Figura 2). Se observa, que al inicio de la secuencia predominan las descripciones y nunca se incluye evocación y problematización.

A diferencia de los otros dos textos universitarios, el Texto 3 se relaciona directamente con la noción “Contaminación Atmosférica”, por lo tanto su secuencia es más extensa y aborda varios aspectos más específicos de la temática como se muestra en el mapa conceptual de la Figura 2.



**Figura 2.** Mapa de distribución y Mapa conceptual del la secuencia didáctica del Texto 3 (Fuente: elaboración propia).

Al comparar los tres Textos (Figura 3), ninguno de ellos incluye problematización en su secuencia. Es decir, en general se visualiza un patrón explicativo donde se privilegia en contenido disciplinar más que la participación activa de los estudiantes. Se observa que en todos los textos no se identifican las subcategorías de: *Problematización y Evocación*. Esto significa, que en las distintas secuencias para abordar la noción no se recurre al conocimiento cotidiano que el estudiante tiene respecto al tema y que tampoco se aplica el contenido a situaciones y problemas que van más allá de lo visto en los libros y en la clase. Esto resulta en secuencias de enseñanza desconectadas con situaciones cotidianas que el estudiante conozca y alejada de problemáticas actuales de la sociedad. El Texto 3, principalmente se centra en descripciones e interpretaciones, a pesar que el texto se asocia más directamente la noción de Contaminación Atmosférica.



**Figura 3.** Mapa distribución de secuencias didácticas en Texto 1, Texto 2 y Texto 3 (Fuente: elaboración propia).

### Concepciones alternativas sobre contaminación atmosférica

Las ideas alternativas suponen un obstáculo importante para el aprendizaje de los conocimientos científicos con ellas relacionados, así como en la resolución de problemas. Teniéndolas en cuenta,

se debe producir un choque cognitivo, para posteriormente con estrategias y metodologías constructivistas, elaborar el conocimiento científico (Núñez et al., 2013).

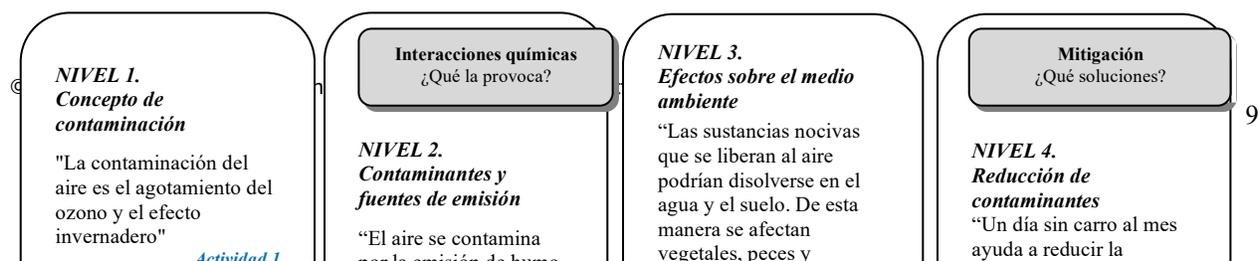
Los estudiantes tienen en distintos niveles educativos ideas alternativas sobre cuestiones ambientales básicas, pues en general adquieren información ambiental principalmente a través de fuentes informales como los medios de comunicación, lo que conduce a una conceptualización poco sistemática, superficial e inadecuada. Por lo tanto, sería apropiado y factible diseñar estrategias de enseñanza para la contaminación atmosférica a condición de que se conozcan las concepciones relevantes de los estudiantes, de modo que puedan tenerse en cuenta en actividades de enseñanza más significativas (Dimitriou & Christidou, 2011).

En la revisión bibliográfica realizada sobre las concepciones alternativas de los estudiantes en relación a la *Contaminación Atmosférica*, no se encuentra una clasificación definida para la noción, por lo tanto, se propone la siguiente clasificación (Tabla 3):

**Tabla 3.** Clasificación de las concepciones alternativas sobre Contaminación Atmosférica (Fuente: elaboración propia).

NIVEL DOMINIO	DESCRIPCIÓN
NIVEL 1. Concepto de contaminación	-Los estudiantes no describen el concepto de contaminación adecuadamente y no diferencian los distintos tipos. <b>Ejemplo:</b> 1. "La contaminación del aire es el agotamiento del ozono y el efecto invernadero" (Dimitriou & Christidou, 2007). 2. "La contaminación son los vertidos, la basura y los humos producidos por los vehículos y las fábricas" (Moreno-Fernández, 2017).
NIVEL 2. Contaminantes y fuentes de emisión	-Los estudiantes no identifican los distintos tipos de contaminantes atmosféricos según su fuente de emisión y los confunden con otros fenómenos. <b>Ejemplo:</b> 1. "El aire se contamina por la emisión de humo, emisión de aerosoles, malos olores, radiación atómica" (González, 2017). 2. "Las centrales nucleares son las principales responsables del aumento de gases de efecto invernadero" (Núñez et al. 2013).
NIVEL 3. Efectos sobre el medio ambiente	-Los estudiantes no tienen claridad de los efectos de los contaminantes atmosféricos sobre los distintos niveles del ecosistema y sobre la salud humana. <b>Ejemplo:</b> 1. "Un aumento en el efecto invernadero provocará más terremotos" (Çelikler & Kara, 2011). 2. "Las sustancias nocivas que se liberan en el aire podrían disolverse en el agua y el suelo. De esta manera de afectan vegetales, peces y animales" (Dimitriou & Christidou, 2007).
NIVEL 4. Reducción de contaminantes	-Los estudiantes no conocen la política pública ambiental y los avances científicos-tecnológicos para frenar los efectos de la contaminación del aire. -Los estudiantes no proponen alternativas para la reducción eficiente de contaminantes atmosféricos en su entorno. <b>Ejemplo:</b> 1. "Un día sin carro al mes ayuda a reducir la contaminación del aire" (González, 2017). 2. "... Deberíamos cuidar más las zonas verdes..." (Lupión, y Prieto, 2014).

Recientemente, se ha introducido la idea de "progresiones de aprendizaje" como guías en el diseño y planeación curricular que buscan integrar el análisis del contenido disciplinar con los resultados de la investigación educativa. Las progresiones de aprendizaje son modelos educativos sobre cómo se espera que evolucionen las ideas y formas de pensar de los estudiantes sobre un concepto o tema determinado a medida que avanzan en sus estudios. Estos modelos pueden referirse a cambios en el conocimiento declarativo o procedimental de los estudiantes (Talanquer, 2013). En la Figura 4, se propone una progresión de los niveles de dominios asociados a las concepciones alternativas de los estudiantes.



**Figura 4.** Niveles de progresión de los dominios asociados a las concepciones de los estudiantes sobre Contaminación Atmosférica (Fuente: elaboración propia).

### **Justificación de foco/énfasis**

#### *Ciclo de aprendizaje*

Dentro de las didácticas constructivistas para la enseñanza de las ciencias, encontramos la metodología indagatoria, método indagatorio, indagación científica o ciclo indagatorio, que es similar al trabajo de los científicos, conduce al conocimiento y la comprensión del mundo natural y artificial a través de la interacción directa con el mundo y a través de la generación y recolección de datos para su uso como evidencia en el proceso de someter a prueba las explicaciones de fenómenos y eventos (Harlen, 2013).

Según lo planteado por Vergara y Cofré (2012), la indagación científica se puede definir como un producto (lo que los estudiantes deben aprender) y como un proceso (como se debería enseñar). En relación al producto, se debe desarrollar tanto la comprensión del cómo se hace ciencia, así como las habilidades para hacer ciencia. En relación, al proceso, esta estrategia de enseñanza da buenos resultados de aprendizaje cuando se realiza alejada del “método científico” o las actividades prácticas tipo cookbook.

La indagación se considera fundamental en el proceso de aprendizaje en ciencias: se formulan preguntas, describen objetos y procesos, plantean explicaciones, se usa el pensamiento crítico/lógico, se consideran las explicaciones alternativas, se contrastan explicaciones con el conocimiento científico y se comunican las ideas a los demás. De esta manera desarrollan activamente su comprensión, combinando el conocimiento científico con el razonamiento y habilidades de pensamiento (Harlen, 2013). La enseñanza de las ciencias basada en la indagación privilegia la experiencia y conocimientos previos, además las clases de ciencias en torno a un ciclo de aprendizaje indagatorio pueden organizarse básicamente en base a cuatro etapas, cuidando que cada ciclo sea generador del siguiente (ECBI Chile, 2019; Cristóbal y García, 2013):

#### *a) Fase de focalización*

Se trata de presentar un problema cuya temática a abordar se relacione con el objetivo de la actividad. Esto se hace habitualmente a través de una discusión en clase provocada por una pregunta focalizadora en la cual los estudiantes comparten lo que saben del tema y sus posibles respuestas a la interrogante planteada. Se recogen todas las ideas de los estudiantes sin emitir

juicios, esta etapa permite entender el conocimiento actual de los estudiantes, sus posibles ideas erróneas y considerar cómo incorporar la nueva información.

#### *b) Fase exploratoria*

Los estudiantes organizados en grupos colaborativos desarrollarán la investigación por medio de una experiencia práctica que les demostrará el tema de estudio. Esta experimentación estará guiada por un material que se les entrega antes de desarrollar esta etapa, aquí los estudiantes desarrollan experiencias que les permitan conseguir resultados. En esta etapa el profesor realiza pocas intervenciones, ya que el desarrollo de ella depende en gran parte de los estudiantes, los cuales, están distribuidos en pequeños grupos de trabajo para incentivar la participación de cada uno de sus integrantes.

#### *c) Fase de reflexión*

Está centrada en el profesor. En esta etapa se “pone nombre” a cosas, eventos, procesos. La función del docente es ordenar la información recopilada en la fase exploratoria. El docente guía a los estudiantes para que éstos desarrollen un vocabulario pertinente y los estimula a que formulen definiciones y expliquen conceptos con sus propias palabras, siempre basados en la evidencia lograda por los estudiantes en la etapa exploratoria, a la vez formaliza definiciones, explicaciones y nuevos conceptos, utilizando las explicaciones de los estudiantes como base.

#### *d) Fase de aplicación*

Esta fase está centrada en los estudiantes. En esta fase está la verificación si el objetivo que se había propuesto para la actividad ha sido logrado con éxito. Es una fase donde se transfiere lo aprendido a otras situaciones que no necesariamente se han planteado en la actividad hasta el momento, o los estudiantes proponen nuevas preguntas o situaciones y diseñan nuevos experimentos o formas para resolverlas.

Con respecto a las maneras de llevar a cabo la indagación científica como herramienta pedagógica, se distinguen cuatro alternativas (Martin-Hansen, 2002):

1. Indagación abierta: el aprendiz es quien dirige la investigación de comienzo a fin, desde la pregunta hacia los resultados.
2. Indagación guiada: el profesor propone la pregunta, el/ estudiante define la metodología y conduce la elaboración de resultados.
3. Indagación estructurada: es el docente quien lidera la formulación de preguntas, definición de la metodología y la elaboración de resultados.
4. Indagación acoplada: mezcla de las modalidades abierta y guiada.

Aunque la metodología indagatoria es usada principalmente en enseñanza básica y en educación media, existe evidencia (Justice et al., 2007) que demuestran que su implementación en educación superior tiene resultados positivos en cuanto al aprendizaje, empoderamiento y autonomía de los estudiantes, ampliando el espectro clásico con el que se asocia este método de enseñanza.

Por lo anterior, esta propuesta considera la Enseñanza basada en Indagación, donde se privilegiará que los estudiantes piensen en forma sistemática o investiguen para llegar a soluciones razonables a un problema, la enseñanza se centra en el estudiante, no en el profesor; se basa en problemas, no en soluciones y promueve la colaboración entre los estudiantes, todo lo anterior, en una atmósfera de aprendizaje físico, intelectual y social (Hernández, 2012).

### *Controversia socio-científica*

La educación científica debe avanzar para adecuarse a las actuales demandas y requerimientos de la sociedad, para asegurar no solamente el dominio de los contenidos y habilidades específicas de la ciencia de interés, sino también con las dimensiones formativas y culturales del conocimiento que se produce. El énfasis de la enseñanza debe centrarse en relacionar la ciencia, la vida cotidiana y los aspectos sociales con el fin de aportar a la formación de ciudadanos capaces de tomar decisiones fundamentadas en los debates de problemas socio-científico y sobre las consecuencias de las actuaciones del ser humano en el medio. Entonces, el desafío está en incorporar la contextualización, es decir, es el uso de situaciones reales, cotidianas y próximas al estudiante para construir significado y sentido a los conceptos científicos aprendidos (Moreno et al., 2019; Parga-Lozano y Piñeros-Carranza, 2018; Strieder y Quílez, 2017; Vásquez et al., 2016; Meroni y Paredes, 2015; Caamaño, 2011; De Freitas y Alves, 2010).

Las situaciones como las controversias científicas permiten crear interés en los estudiantes mejorando actitudes y aptitudes crítico-argumentativas en pro de ciudadanos reflexivos en diferentes situaciones, lo cual es importante en los formadores de niños, adolescentes, jóvenes y adultos, al innovar metodológica y actitudinalmente en el desempeño en el aula. Lo esencial de la argumentación es que la evidencia sustenta el razonamiento y en su conjunto construyen los argumentos (junto con el análisis de la problemática y los datos) que ayudan a los estudiantes a recordar y traer a la mente situaciones, experiencias o datos conocidos que posiblemente les permiten entender (De la Chaussée, 2009; Pabón et al., 2015). Los resultados derivados del análisis de información presentados por Sánchez-Castaño et al. (2015) permitió, a manera de conclusión, caracterizar tres tendencias en la expresión de la argumentación metacognitiva: (a) a partir del sentir-pensar-actuar, (b) las centradas en el conocimiento y (c) las centradas en la perspectiva ética de los estudiantes.

Considerar problemáticas socio-científicas relacionadas con la naturaleza, permitirá potenciar en los estudiantes la *alfabetización ambiental*, es decir, adquirir habilidades que les permitan tener un comportamiento ambientalmente responsable (Fettahlioğlu & Aydoğdu, 2020). En este sentido, diversas ciudades del sur de Chile en las últimas décadas han sido afectadas por la *Contaminación Atmosférica*, por ejemplo, Temuco y Padre Las Casas en la Región de La Araucanía constituyen un caso muy preocupante. Solo en la primera mitad del 2016 se registraron 70 días con niveles de contaminación por encima de la norma ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), de los cuales, 54, llegaron a ser declarados como preemergencia o emergencia ambiental. En este caso, la *Contaminación Atmosférica* resulta de la quema de leña y es la responsable de numerosas enfermedades, que van desde afecciones leves, como dificultades al respirar o irritación en los ojos, hasta problemas de salud más graves, como el desarrollo de disritmia, infartos, bronquitis crónica o cáncer. Estudios epidemiológicos señalan que los problemas de salud derivados de la quema de leña no se distribuyen de manera homogénea en la población, son los grupos vulnerables los más afectados, quienes, además en numerosas ocasiones sufren situaciones de privación de los servicios de energía o pobreza energética (Boso, 2017).

Entonces, no se pueden buscar soluciones a la Contaminación del Aire en Chile sin vincular salud, medioambiente y justicia social. Es quizás esta una de las razones por la cual no se han obtenido progresos significativos en las últimas décadas. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la contaminación es responsable del 16% de todas las muertes del planeta. Más que el sida, tuberculosis y malaria. Provoca cuatro veces más muertes que estas tres enfermedades juntas:

nueve millones al año, casi tantas como todos los cánceres. El aire que inspiran nueve de cada diez humanos está contaminado (Hurtubia, 2019).

### *La argumentación*

Es importante tener claridad que un argumento se refiere a los discursos o conjunto de razones que un estudiante o un grupo de estudiantes dan a favor o en contra para justificar sus conclusiones o explicaciones, mientras que la argumentación alude al proceso de elaboración de esos discursos (Pinochet, 2015; Chamizo, 2007). La argumentación es parte de la Naturaleza de la Ciencia, ya que engloba características del conocimiento científico y su desarrollo tales como: la discusión, la confrontación de hipótesis y su aceptación o refutación con evidencias experimentales, que permiten darle sustento a modelos creados, y sirve para discutir con las ideas de los pares sobre un mismo fenómeno (Montaño y Padilla, 2020).

La argumentación en ciencias se ha convertido en una prioridad para el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo, por su promoción de la interacción social y por su contribución al desarrollo de procesos metacognitivos en los estudiantes y profesores; y uno de los modelos que más ha tenido impacto en la enseñanza de las ciencias ha sido el modelo argumentativo desarrollado por el filósofo británico Stephen Toulmin (1958) (Sánchez et al., 2013; Sousa y Batista, 2015; Pinochet, 2015).

La capacidad de construir y evaluar argumentos es importante, ya que la argumentación es un componente del pensamiento crítico, un aspecto fundamental del esfuerzo científico humano, y tiene el potencial de mejorar el entendimiento de conceptos científicos de los estudiantes desde una perspectiva teórica y desde una perspectiva práctica. El uso de la argumentación en el contexto de problemas socio-científicos es apropiado, ya que la argumentación es la “actividad en que los sujetos participan en la discusión de temas controversiales” y puede ser desarrollada individualmente o en grupos. Un argumento (escrito, oral o pensado) es el producto y comprende una afirmación con datos o evidencia (Dawson & Carson, 2020; Stanford et al., 2016).

En la actualidad, argumentar es un proceso que necesita ser explícitamente enseñado a través de proporcionar una actividad apropiada, apoyo y modelación. Investigaciones señalan que la argumentación se ve favorecida con aspectos más relacionados con lo que los estudiantes tienen que enfrentar en su vida, más allá de las paredes de la escuela, como por ejemplo el fenómeno de la contaminación atmosférica o biodiversidad (Lupón y Prieto, 2014; Martínez et al., 2019). La argumentación transforma el discurso monológico común del salón de clase de ciencia escolar porque demanda el uso de pequeños grupos de trabajo, la consideración de alternativas plurales y posibilita un discurso que genera en los estudiantes preguntas y contra-argumentos. De esta manera, no sólo los estudiantes llegarán a una comprensión más profunda de los conceptos de la ciencia, sino también adquirirán un sentido de por qué sabemos lo que sabemos y de la lucha necesaria para su producción (Cuellar y López, 2017; Osborne, 2009).

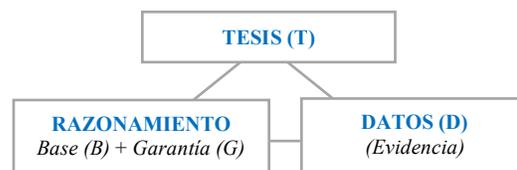
Como lo señalan los autores Sardà y Sanmartí (2000) los grandes objetivos que se pretenden asumir con la enseñanza-aprendizaje de la argumentación o razonamiento científico son: (1) ayuda a desarrollar la comprensión de los conceptos científicos, (2) puede ofrecer una visión que entienda mejor la propia racionalidad de la ciencia, analizando su proceso de construcción y (3) formar un alumnado crítico y capaz de optar entre los diferentes argumentos que se le presenten, de manera que pueda tomar decisiones en su vida como ciudadanos.

Implementar en el aula el ejercicio de la argumentación no es fácil; sin embargo, existen herramientas que permiten hacerlo de manera más simple. En este sentido, la propuesta de Stephen Toulmin (1979) ha sido una de las más utilizadas para este fin, debido a que presenta un esquema “sencillo” que guía al individuo para la construcción de un argumento. La propuesta de Toulmin se denomina Patrón de Argumentación de Toulmin o TAP por sus siglas en inglés (Toulmin’s Argumentation Pattern, 1979) y señala que: para generar una **Conclusión (C)**, se parte de una **Tesis (T)** que es el punto de vista u opinión en torno a un tema y se parte del supuesto que esta idea es verdadera y su validez se demostrarán en el desarrollo de la argumentación. Luego, a partir de evidencias o **Datos (D)** se puede llegar a dicha conclusión. Sin embargo, para que C tenga un mayor valor argumentativo debe estar sustentada en una serie de conocimientos previos, los cuales son las **Garantías (G)** del argumento. Si la garantía, a su vez, está respaldada por una teoría, ley o conocimiento científicamente aceptado (**Base, B**), el argumento adquiere mayor relevancia (Tabla 4) (Stanford et. al, 2016; Montaña y Padilla, 2020).

**Tabla 4.** Componentes del modelo argumentativo (Fuente: Adaptado de Stanford et. al, 2016; Sardà y Sanmartí, 2000; Montaña y Padilla, 2020).

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
<b>Tesis (T)</b>	Hipótesis. Afirmación inicial respecto a un tema. Su validez se demuestra en el desarrollo de la argumentación.
<b>Base (B)</b>	Conocimiento básico que permite asegurar la tesis. Fundamento base que explica el fenómeno. Primer refuerzo a la tesis.
<b>Garantía (G)</b>	Son razones (reglas, principios...) que se proponen para relacionar lógicamente las conexiones entre la base y la tesis. Fundamentación teórica. Responde el porqué de la tesis.
<b>Datos (D)</b>	Hechos o informaciones factuales que apoyan la garantía. Evidencia que se utiliza para justificar y validar la tesis.
<b>Conclusión (C)</b>	Se reformula o reafirma la tesis. Resumen de la argumentación.

En la Figura 5, se presenta una adaptación del modelo de Toulmin para la construcción de argumentos que se utilizará en la SEA, en donde se considerará tres elementos fundamentales: Tesis, Razonamiento y Evidencia.



**Figura 5.** Propuesta para la construcción de un argumento según patrón TAP (Fuente: Adaptado de Chamizo, 2007; Posada, 2015; Montaña y Padilla, 2020).

Según señalan Sousa y Batista (2015), el modelo de Toulmin es considerado como una herramienta poderosa para la comprensión de la argumentación en el pensamiento científico porque: (1) relaciona datos y conclusiones mediante justificaciones con carácter hipotético; (2) muestra así el papel de las evidencias en la elaboración de afirmaciones; (3) destaca las limitaciones de tal teoría; (4) realza la sustentación de dicha teoría en otras teorías; (5) los calificadores y refutaciones ponen en evidencia la capacidad de ponderar frente a diferentes teorías con base en la evidencia presentada por cada una de ellas; y (6) ayuda a relacionar características del discurso con aspectos de la argumentación científica. Sin embargo, el modelo de Toulmin presenta algunas debilidades como: las perspectivas del investigador o del educador pueden determinar los resultados derivados de la

aplicación del modelo argumentativo.

El desarrollo de habilidades argumentativas requiere de estrategias pedagógicas que las promuevan mediante un trabajo sistemático y la evaluación de la calidad de un argumento en términos de los componentes del modelo de Toulmin que están presentes (o ausentes) en el discurso. Para ello, se ha definido una escala que permite cuantificar la argumentación según cuatro niveles, que van desde la más básica (A1), hasta una argumentación más avanzada (A4) (Tabla 5) (Pinochet, 2015; Chamizo, 2007).

**Tabla 5.** Niveles de argumentación según modelo de Toulmin (Fuente: Adaptado de Pinochet, 2015; Posada, 2015; Tamayo, 2014; Chamizo, 2007).

NIVELES ARGUMENTACIÓN	DESCRIPCIÓN
NA1	Los argumentos son simplemente una tesis contra otra tesis. Descripción simple de la vivencia.
NA2	Argumentos que contienen un fundamento base y garantía, pero no explican completamente la tesis.
NA3	Argumentos que contienen una base, garantía y datos, pero no presentan una conexión clara entre ellos y/o con la tesis o afirmación inicial.
NA4	Argumentos que consisten en una tesis que contiene evidencias, base y garantía, son bien fundamentadas y se relacionan lógicamente permitiendo llegar a una conclusión del tema.

Desarrollar procesos argumentativos en el aula requiere entre otras cosas aceptar la argumentación como: (a) proceso dialógico, donde toma relevancia el debate, la crítica, la toma de decisiones, la escucha y el respeto por el saber propio y del otro; (b) proceso que promueve en los estudiantes la capacidad para justificar, de manera comprensible, la relación entre datos y afirmaciones y, (c) proceso que promueve la capacidad para proponer criterios que ayuden a evaluar las explicaciones y puntos de vista de los sujetos implicados en los debates. Esto invita a que en el aula se trabaje, desde la conformación de grupos de discusión, contenidos que sirvan de pretexto para exteriorizar el razonamiento argumentativo de los estudiantes y, con ello, mostrar que la ciencia, en el aula, es factible de ser co-construida (Ruíz et al., 2015).

El promover la argumentación en el aula, permite desarrollar una serie de habilidades, según lo señalado por Justi (2015) el uso de habilidades relacionadas con la argumentación favorece la enseñanza basadas en modelos, cuestión que puede ser muy útil en el área de la química. De acuerdo a lo anterior, para esta propuesta de SEA se trabajarán cuatro habilidades, seleccionadas según lo propuesto por Justi (2015):

Habilidad 1: Identificar hechos, observaciones o datos que pueden usarse como evidencia en un contexto dado.

Habilidad 2: Diferenciar datos y/o pruebas de causas.

Habilidad 3: Proponer justificaciones a partir de relaciones claras entre la evidencia y la afirmación.

Habilidad 4: Usar un lenguaje científico apropiado (verbal o no) en la expresión del argumento.

### Metodología del diseño didáctico

Esta investigación educativa se sustenta en el paradigma cualitativo, ya que su diseño es abierto, flexible y comprensivo, pues se intenta comprender desde la experiencia del sujeto (estudiante-

profesor) el fenómeno educativo. De acuerdo a los objetivos de este trabajo, se utilizará la Metodología Basada en el Diseño (IBD) ó “Design-Based Research”, que constituye un proceso que integra el diseño y los métodos científicos para permitir a los investigadores generar productos útiles y una teoría efectiva para resolver problemas individuales y colectivos de la educación. Tiene como objetivo principal promover la sostenibilidad de la innovación, y por ello no está estructurada en función de una metodología específica seleccionada, sino en función de sus objetivos. Este marco presenta una visión transformadora de la investigación educativa, donde los resultados obtenidos durante el proceso permiten evaluar y refinar los propios diseños y resulta altamente útil en los procesos de reflexión acerca de la investigación (Marín et al., 2019).

La IBD se centra en el diseño y exploración de todo tipo de innovaciones educativas, a nivel didáctico y organizativo, considerando también posibles artefactos como núcleos de esas innovaciones, y contribuyendo, consecuentemente, a una mejor comprensión de la naturaleza y condiciones del aprendizaje (Gibelli, 2014).

### **Diseño de la secuencia de enseñanza y aprendizaje**

De acuerdo al análisis de texto realizado, se observa que los libros que incluyen la temática de contaminantes atmosféricos no presentan secuencias didácticas contextualizadas, que permitan a los estudiantes participar activamente del proceso de enseñanza y aprendizaje y el desarrollo de habilidades científicas. Lo anterior, también se observa al revisar el plan de estudio en la formación de profesores de ciencia. Entonces, como docentes debemos tomar el desafío de proponer SEA asociadas a problemáticas actuales que permitan desarrollar en los estudiantes distintas habilidades científicas y más aún en la formación de futuros profesores de ciencias.

En una SEA los criterios para la selección y secuenciación de actividades, la idea clave es que no es solo una actividad concreta la que posibilita aprender, es decir, el conjunto de actividades organizadas y secuenciadas, posibilitan un flujo de interacciones entre estudiante y profesor. Se deben plantear situaciones propicias para que los estudiantes actúen y sus ideas evolucionen en función de su situación personal (puntos de partida, actitudes, estilos, etc.). Entonces, las innovaciones en los diseños didácticos para enseñar ciencias, implican revisar a fondo cuales son los protagonistas de las actividades, y pasar de una enseñanza centrada en los profesores a otra centrada en los que aprenden, es decir, provocar la actividad mental del alumnado y ellos construyan su conocimiento (Sanmartí, 2005).

Por lo anterior, esta propuesta considera los siguientes elementos señalados por Couso (2012): (i) La visión socioconstructivista del aprendizaje, es decir, se aprende interaccionando con otros mediante el lenguaje o el discurso, es decir, los estudiantes necesitan interacción social para adquirir el discurso y las formas de pensar, de conocer y hacer ciencia. Entonces, si se quiere que los estudiantes aprendan los conceptos científicos escolares el profesor debe planificar situaciones discursivas que promuevan su aprendizaje, además de monitorear y regular este proceso de internalización. (ii) No solo se debe incluir la lógica de la ciencia, sino que también se debe considerar el contexto de aplicación del contenido, sus implicancias sociales y éticas y su relación con otros contenidos, además de la perspectiva de los estudiantes (concepciones e intereses) y sus formas de aprender. Lo anterior nos lleva a pensar una enseñanza de la ciencia para todos.

Los procesos de enseñanza y aprendizaje en el siglo XXI requieren de alternativas para que los

docentes logren impactar en la vida de los estudiantes de manera significativa, buscando que lo que aprenden en las aulas lo puedan aplicar en su vida cotidiana (Cuellar y López, 2017). Entonces, el diseño de esta propuesta de SEA se fundamenta en el Ciclo de Enseñanza por Indagación y considera la problemática socio-científica “Contaminación Atmosférica de la ciudad de Temuco” para desarrollar habilidades argumentativas en estudiantes de la carrera de Pedagogía en Ciencias (ver Anexo 2).

En la Tabla 6, se resume la ruta de progresión para la secuencia de aprendizaje propuesta. Se considera nivel de dominio conceptual, nivel argumentativo, concepciones alternativas, actividades según ciclo de aprendizaje y finalidad.

**Tabla 6.** Ruta de progresión de la secuencia, propuesta de actividades (Fuente: elaboración propia).

NIVEL DOMINIO	CONCEPCIÓN	NIVEL ARGUMENTO	PREGUNTA	ACTIVIDADES	FINALIDAD
NIVEL 1 Concepto de contaminación	"La contaminación del aire es el agotamiento del ozono y el efecto invernadero"	NA1	¿Por qué algunas ciudades presentan mayor contaminación atmosférica?	<b>FOCALIZACIÓN</b> <b>Actividad 1:</b> ¿Temuco ciudad contaminada?  <b>Actividad 2:</b> Semáforo	-Reconocer las concepciones sobre contaminación atmosférica. -Identificar el nivel argumentativo frente a una situación dada.
NIVEL 2 Contaminantes y emisión	"El aire se contamina por la emisión de humo, emisión de aerosoles, malos olores, radiación atómica"	NA2	¿Qué es el material particulado y cuales sus fuentes de emisión?	<b>EXPLORACIÓN</b> <b>Actividad 3:</b> Ola de frío  <b>Actividad 4:</b> ¿Qué combustible?	-Identificar el material particulado como principal contaminante atmosférico de la ciudad de Temuco. -Evaluar la importancia de la fundamentación teórica (garantía) en el proceso de razonamiento. -Reconoce los datos como parte importante de la argumentación.
NIVEL 3 Efectos sobre el medio ambiente	"Las sustancias nocivas que se liberan al aire podrían disolverse en el agua y el suelo. De esta manera de afectan vegetales, peces y animales"	NA3	¿Cómo afectan los contaminantes atmosféricos a la salud humana?	<b>REFLEXIÓN</b> <b>Actividad 5:</b> Temuco caso de estudio  <b>Actividad 6:</b> ¿Covid19 y contaminación?	-Identificar los efectos de los distintos contaminantes sobre la salud humana y el ecosistema. -Identificar la importancia de la evidencia en la argumentación y su relación con la garantía.
NIVEL 4 Reducción de contaminantes	"Un día sin carro al mes ayuda a reducir la contaminación del aire"	NA4	¿Qué medidas serían efectivas para reducir los contaminantes atmosféricos?	<b>APLICACIÓN</b> <b>Actividad 7:</b> Políticas públicas  <b>Actividad 8:</b> ¿Camino a una solución?	-Proponer soluciones para reducir las emisiones identificadas en su entorno o comunidad. -Desarrollar una opinión crítica propia con argumentos sólidos y un lenguaje científico apropiado.

### Metodología de la investigación

La pregunta que orienta la presente investigación es: ¿Cómo el diseño de una secuencia de enseñanza y aprendizaje en torno a controversia socio-científica favorece el desarrollo de los niveles argumentativos en estudiantes de Pedagogía en Ciencias de Temuco? Para complementar la metodología de diseño, se utiliza para analizar la implementación de la SEA una metodología de carácter no experimental descriptiva. Como método principal se considera un estudio de caso, ya que se considera un caso único de estudiantes de tercer año en formación de Pedagogía en Ciencias

de una institución pública. El estudio de caso, permite considerar un número limitado de hechos y situaciones para poder abordarlos de manera profunda y en su contexto, lo que permite una mayor comprensión de su complejidad y, por lo tanto, el mayor aprendizaje del caso particular. Entonces, el acento se ubica en la profundización y el conocimiento global del caso y no en la generalización de los resultados (De Gialdino, 2019; Stake, 1998; Durán, 2012). Es así, que esta investigación intenta interpretar y comprender el proceso de construcción de conocimiento del grupo, a través de estrategias que buscan involucrar activamente a los estudiantes en temáticas contextualizadas que requieren el desarrollo del pensamiento crítico y argumentación.

### Muestra

No probabilística por conveniencia. Los participantes corresponden a estudiantes de tercer año de la carrera de Pedagogía en Ciencias (2) de una institución de educación superior pública y estatal ubicada en la Región de La Araucanía de Chile, que cursan la asignatura ICQ091 durante el 1° semestre académico 2020.

### Recolección de datos

La recolección de datos en esta investigación se realiza a través de las respuestas (producciones de textos) que los estudiantes completan en cada una de las actividades de la SEA, las que se realizan de manera asincrónica. Además, se analizarán las transcripciones de los audios de sesiones sincrónicas que se realizan posteriormente a que los estudiantes completan las guías de aprendizaje de cada actividad (ver Anexo 5).

### Análisis de datos

El análisis de los datos se realiza, considerando 2 dimensiones:

#### (1) Dimensión argumentativa:

Los datos obtenidos de las transcripciones de texto y de audio se analizan en primera instancia determinando la presencia o ausencia de los elementos de una argumentación según componentes del TAP (Tabla 4) y luego se clasifican según nivel argumentativo (Tabla 5).

#### (2) Dimensión conceptual:

Los textos escritos provenientes de las guías de aprendizaje y las transcripciones de audio, se estudian realizando un análisis de contenido considerando los niveles de dominio conceptuales definidos a partir de la revisión bibliográfica de las concepciones alternativas (Tabla 7) y posteriormente se determina su grado de logro (Tabla 8).

**Tabla 7.** Clasificación del dominio conceptual asociado a la noción (Fuente: elaboración propia).

NIVELES CONCEPTUAL	DOMINIO	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO
1	Concepto de contaminación	Los estudiantes describen el concepto de contaminación adecuadamente y diferencian los distintos tipos.	NC1
2	Contaminantes y emisión	Los estudiantes identifican los distintos tipos de contaminantes atmosféricos (primarios, secundarios y criterio) según su fuente de emisión e identifican distintos factores que la favorecen.	NC2
3	Efectos sobre el medio ambiente	Los estudiantes identifican los efectos de los contaminantes atmosféricos sobre los distintos niveles del ecosistema y sobre la salud humana. Y los relacionan con niveles de calidad del aire.	NC3

4	Reducción de contaminantes	Los estudiantes conocen la política pública ambiental y avances científicos-tecnológicos para frenar los efectos de la contaminación del aire. Proponen alternativas para la reducción eficiente de contaminantes atmosféricos en su entorno.	NC4
---	----------------------------	---	-----

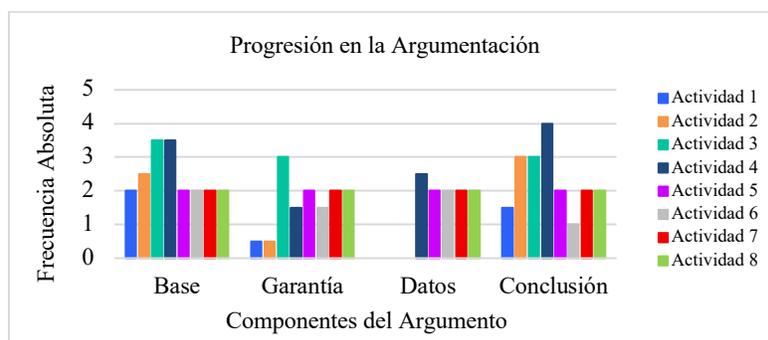
**Tabla 8.** Matriz de análisis del nivel logro en el dominio conceptual (Fuente: elaboración propia).

NIVEL CONCEPTUAL	Nivel de logro		
	Por lograr (PL)	Medianamente logrado (ML)	Logrado (L)
NC1	La información se basa en aspectos muy generales sobre contaminación.	La información se basa en la descripción de características sobre contaminación y la diferenciación parcial de los tipos de contaminación.	La información se basa en la descripción de características sobre contaminación y se relaciona coherentemente con distintos tipos de contaminación.
NC2	La información se basa en la diferenciación parcial de tipos de contaminantes atmosféricos.	La información se basa en la diferenciación de tipos de contaminantes atmosféricos y la identificación parcial de sus fuentes de emisión.	La información se basa en la diferenciación de tipos de contaminantes atmosféricos, sus fuentes de emisión y su relación con diversos factores que la favorecen.
NC3	La información se basa en la identificación parcial de algún efecto de la contaminación.	La información se basa en la identificación de los efectos de la contaminación, sobre el ecosistema y salud humana.	La información se basa en la identificación de los efectos de la contaminación, sobre ecosistemas y salud humana, y se relaciona con el tipo de contaminante y su fuente de emisión.
NC4	La información se basa parcialmente en algún aspecto muy general de la política pública.	La información se basa en diversos aspectos de la política pública, el conocimiento de avances científico-tecnológicos para la disminución de la contaminación.	La información se basa en diversos aspectos de la política pública, avances científico-tecnológicos y éticos. Se presentan propuestas para disminuir la contaminación atmosférica.

## Resultados y discusión

### Dimensión argumentativa

En la Figura 7, se presenta la presencia o ausencia de los elementos de una argumentación según componentes del TAP, para visualizar la progresión en la argumentación de los estudiantes al implementar la SEA. Se observa, que a lo largo de las ocho actividades los estudiantes van incorporando progresivamente distintos componentes argumentativos (base, garantía, datos y conclusión).

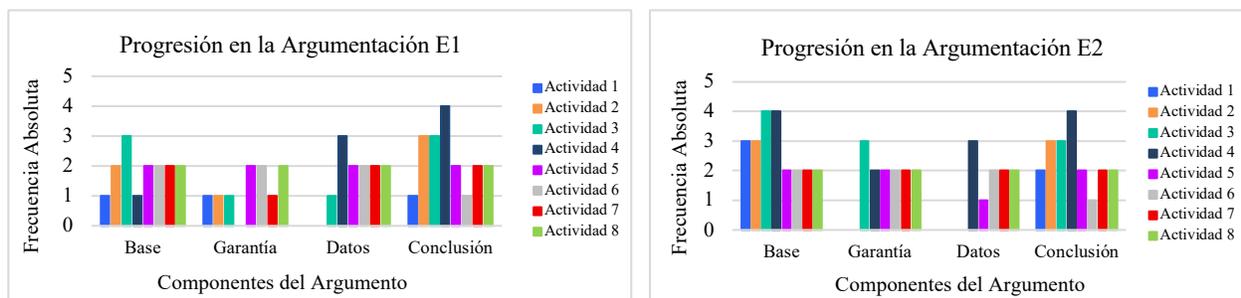


**Figura 7.** Progresión argumentativa según componentes del TAP, (Fuente: elaboración propia).

Así, a partir de la actividad 2 los estudiantes logran en un 33% incorporar elementos de la garantía (fundamentación teórica). Por otra parte, los datos necesarios para sustentar el argumento se comienzan a incorporar desde la actividad 4 (63%), lo que es coherente, pues en esta etapa del ciclo

de aprendizaje considerado para la SEA (Exploración) se tiene como objetivo reconocer los datos como parte importante de la argumentación, para avanzar en las actividades 5 y 6 (Etapa de Reflexión) en identificar la importancia de la evidencia en la argumentación y su relación con la garantía. En el transcurso de la SEA los estudiantes comienzan a desarrollar y potenciar distintas habilidades argumentativas, como identificar hechos, observaciones o datos que pueden usarse como evidencia en un contexto dado y proponer justificaciones a partir de relaciones entre la evidencia y la afirmación (Justi, 2015). En la actividad 8 el 100% de los estudiantes logra incluir todos los componentes argumentativos del TAP (base, garantía, datos y conclusión) en sus respuestas.

Además, al analizar la progresión argumentativa de cada estudiante (Figura 8) se puede reconocer que ambos van incluyendo gradualmente elementos argumentativos en sus sustentos, es decir, incorporan inicialmente en mayor proporción motivos que explican el fenómeno (base), paulatinamente van incorporando la garantía (fundamento teórico) y datos para sustentar sus justificaciones y reformular o reafirmar la tesis (conclusión). Ambos estudiantes muestran que el uso de datos y evidencias les resulta más complejo, pues se presenta este componente argumentativo en menor proporción (E1-56,25%, E2-53,13%). En términos generales y analizando la SEA completa, también se observa que presentan progresiones similares en la utilización de los elementos argumentativos del TAP (E1-73,94%, E2-76,07%).



**Figura 8.** Progresión argumentativa según componentes del TAP, por cada estudiante (Fuente: elaboración propia).

A continuación, en la Tabla 9 se presenta un ejemplo de transcripción de texto (guía de aprendizaje), donde se puede observar la progresión argumentativa de los estudiantes al comparar respuestas de las actividades 1 y 4.

**Tabla 9.** Ejemplificación de progresión en niveles argumentativos (Fuente: elaboración propia).

ESTUDIANTE 1	ESTUDIANTE 2
[E1A1P2. L 5-6] Por otra parte, no sabía que Temuco estuviera tan contaminado como zonas tan complicadas como Quintero.	[E2A1P1. L 3] No me había situado a analizar el nivel de contaminación de mi ciudad.
[E1A4P2c. L 1-3] Deduzco que la emisión aumentaría. En especial la de material particulado aumentaría, por una combustión incompleta y el uso de leña húmeda (>25%), donde se liberan otros gases y hollín.	[E2A4P1. L 1-4] No tengo estufa a pellet por lo que mi opción es más factible es comprar leña ojalá lo más seca posible, ya que con las bajas temperaturas y el uso de calefacción lenta con leña húmeda produce muchos contaminantes innecesarios (material particulado 2,5) que aumentan la mala calidad de aire.

Lo anterior, concuerda con la progresión de los estudiantes respecto a los niveles argumentativos (Figura 9), en donde se observa que en el transcurso de las ocho actividades avanzan de un nivel 2 a un nivel 4. Es decir, comienzan a reconocer los datos y la fundamentación teórica (garantía) como parte importante en el proceso de razonamiento para reafirmar o refutar la tesis planteada. Así, en la actividad 3 el estudiante E1 avanza al nivel 3 para llegar en la actividad 8 al nivel 4, por

su parte el estudiante E2 en la actividad 4 logra el nivel 3 para alcanzar el máximo en la última actividad.

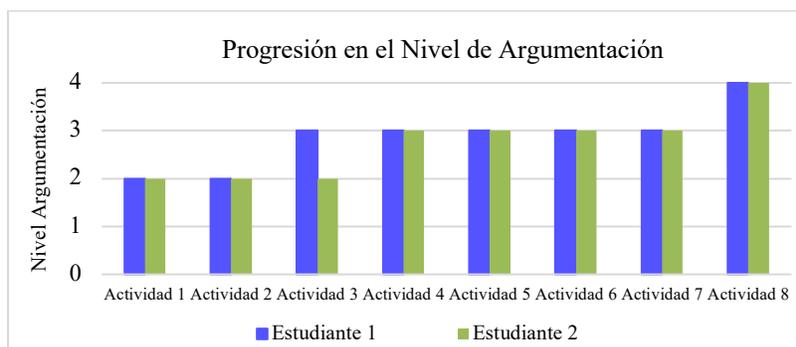


Figura 9. Progresión en los niveles argumentativos (Fuente: elaboración propia).

Según lo planteado por los autores De la Chaussée (2009) y Pabón et al. (2015), las situaciones como las controversias científicas permiten crear interés en los estudiantes mejorando actitudes y aptitudes crítico-argumentativas en pro de ciudadanos reflexivos en diferentes situaciones, lo cual es importante en los formadores de niños, adolescentes, jóvenes y adultos, al innovar metodológica y actitudinalmente en el desempeño en el aula.

En la Tabla 10, se ejemplifica el avance en el nivel argumentativo del estudiante E1 al comparar sus respuestas en las actividades 2 y 8 (texto escrito), en donde es capaz de incorporar los distintos elementos argumentativos para sustentar su justificación.

Tabla 10. Ejemplificación de niveles argumentativos de texto escrito (Fuente: elaboración propia).

<b>NIVEL 2</b>	<i>¿A qué se debe que un día hubo <b>preemergencia</b> y otro día <b>alerta</b>? ¿Por qué?</i> [E1A2P3. L 5-6] Se debe a que un día hubo mayor concentración de partículas que otro. Se desconoce, los afiches no entregan esa información.
<b>NIVEL 4</b>	<b>ARGUMENTA</b> , <i>¿cómo se podría combatir la contaminación atmosférica en la ciudad de Temuco, desde una ética responsable e inclusiva con toda la comunidad?</i> [E1A8P2. L 1-20] Educación, es lo primero que se me viene a la mente, a lo largo de estas sesiones he podido dimensionar las características de los contaminantes (primarios, secundarios, criterio) y efectos de estos en la población de una forma que no conocía ni dominaba, de una forma significativa. Por lo cual considero que políticas de educación en corto y largo plazo en todos los niveles debe ser visto como una inversión y no como un gasto, las escuelas, liceos, juntas de vecinos, todos deben estar incluidos y este conocimiento significativo base y fundamental debe ser de dominio social. Conocer las fuentes de contaminación de la Ciudad (PM2,5), sus características y fuentes de emisión (combustión de leña húmeda) y que produce problemas a la salud, es fundamental. Al incluir ese primer paso de conocimiento consciente, la responsabilidad cae sobre nosotros y todos aquellos ciudadanos ya empoderados, por ejemplo, hay familias que se dedican y viven del trabajo de la leña, no las estoy juzgando porque entiendo que deben sobrevivir de algún modo, pero si algo se espera de ellos es que sean conscientes y apliquen conocimientos que tengan, con un manejo responsable de su trabajo es de esperar que produzcan leña de modo que pase la mayor cantidad de tiempo al sol, vale decir que no la produzcan en marzo sino más bien desde diciembre, incluso noviembre para que pase por un secado apropiado. Entonces, el aspecto social es muy relevante para solucionar el problema de contaminación de la comunidad.

Esto también se refleja en las discusiones dadas en las sesiones sincrónicas realizadas durante la implementación, donde emergen espontáneamente reflexiones de los estudiantes en relación a la importancia de fundamentar una respuesta y desarrollar habilidades argumentativas:

- [110, C2] E1: *profe | es que yo | no tenía idea de todos estos datos e información |*  
 [111, C2] *| que nos presentó en estas actividades*  
 [112, C2] E2: *=... =sí | yo veía el tema más simple | y realmente manejar y conocer*  
 [113, C2] *| datos y evidencias nos permitirían tomar mejores decisiones <...>*

[114, C2] E1: =...= y fundamentarlas;

Entonces, el uso de la argumentación en el contexto de problemas socio-científicos permite que los estudiantes participen en la discusión y comiencen a desarrollar distintas habilidades, como por ejemplo reconocer la evidencia como parte fundamental para sustentar un fundamento (Dawson & Carson, 2020). De igual forma, la contextualización ofrece atractivas posibilidades, frente a la progresión en el uso de los componentes de la argumentación y, además, se convierte en la puerta de entrada a la incorporación de la alfabetización científica al aula (Ibacache y Merino, 2021).

### Dimensión conceptual

En las actividades 1 y 2 enmarcadas dentro de la primera etapa del ciclo de aprendizaje indagatorio (focalización), se detectan concepciones alternativas de los estudiantes y que concuerdan con la revisión bibliográfica realizada previamente, en donde autores señalan que los estudiantes: (1) no identifican los distintos tipos de contaminantes atmosféricos según su fuente de emisión y los confunden con otros fenómenos (González, 2017; Núñez et al., 2013) y (2) no tienen claridad de los efectos de los contaminantes atmosféricos sobre los distintos niveles del ecosistema y sobre la salud humana (Çelikler & Kara, 2011; Dimitriou & Christidou, 2007).

Particularmente, en la implementación de esta SEA se detecta la concepción alternativa asociada a la identificación del contaminante causante del problema ambiental en la ciudad de Temuco, donde los estudiantes creen que es un gas el responsable de la contaminación atmosférica local. En consecuencia, que es el material particulado (PM<sub>2,5</sub>) proveniente del uso de leña húmeda para la calefacción el responsable del problema ambiental.

[88, C1] D: entonces | que tipo de contaminante atmosférico | causa el problema ambiental en Temuco?

[89, C1] E1: es un gas; | yo creo el CO<...>

[90, C1] E2: yo me voy por el CO<sub>2</sub> y CO<sub>j</sub>

También, se pudo detectar que estas temáticas son nuevas para los estudiantes, ya que en los planes de estudio (secundarios y universitarios) en general no se abordan contenidos medio ambientales y resultan ser desconocidas para los estudiantes de todos los niveles educativos, como lo señalan distintos autores (García et al., 2015, Archila, 2012; Ruíz et al., 2015; Elgueta et al., 2018; Montañó y Padilla, 2020).

[E2AIP1. L 4] No me había situado a analizar el nivel de contaminación de mi ciudad.

Sin embargo y a pesar de estas ideas iniciales de los estudiantes, como se muestra en la Figura 10, se observa que en el transcurso de las ocho actividades alcanzan una progresión en los niveles conceptuales. Al igual que en la progresión del nivel argumentativo (Figura 9), se advierte que desde la actividad 4 se avanza paulatinamente hacia el nivel conceptual NC4.

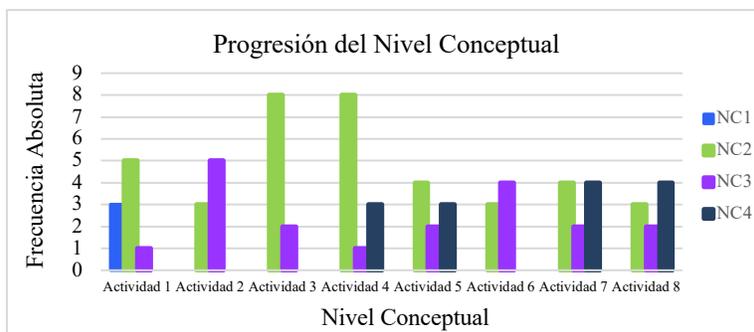


Figura 10. Progresión conceptual (Fuente: elaboración propia).

Por otra parte, en la Figura 11 se puede observar que ambos estudiantes logran pasar al nivel conceptual NC4 en la actividad 4. Sin embargo, la progresión no es constante ya que en la actividad 6 solo se logra llegar a un nivel 3, esto podría atribuirse ya que esta actividad se centró principalmente en reconocer los efectos de los contaminantes atmosféricos sobre los distintos ecosistemas, más que en abordar las posibles soluciones al problema medio ambiental.

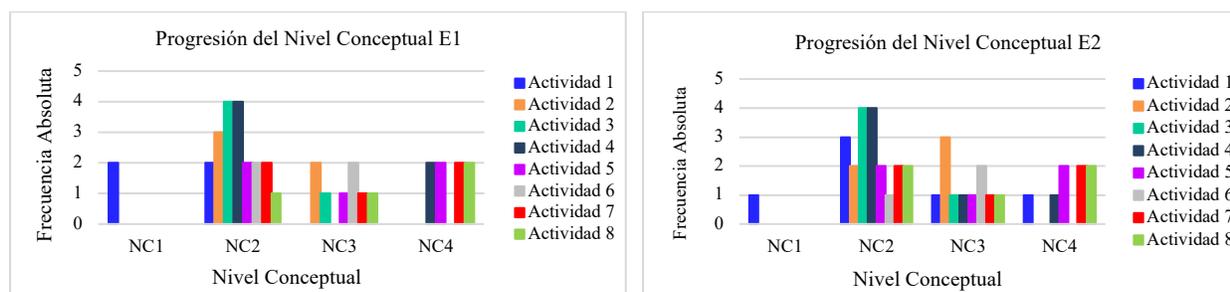


Figura 11. Progresión conceptual por estudiante (Fuente: elaboración propia).

Así, en la implementación de la SEA los estudiantes avanzan desde el concepto de contaminación, a la identificación de distintos tipos de contaminantes, sus fuentes de emisión, factores que favorecen la contaminación en la ciudad de Temuco y comienzan a proponer medidas de mitigación, conociendo la política pública e innovaciones tecnológicas. Como ejemplo de respuesta del nivel conceptual NC4 tenemos:

*[E1A4Pa2. L 1-7] No la cambiaría dado que considero que el costo energético del Pellet es extremadamente alto, a mi juicio existe un movimiento excesivo de recursos naturales durante el proceso para poder calefaccionar un hogar con combustible Pellet... Extraoficialmente se podría solucionar con las nuevas tecnologías de los filtros para los cañones.*

Es importante no solo identificar en términos generales la progresión en los niveles conceptuales de los estudiantes a lo largo de la SEA, sino que es muy relevante también poder diferenciar el nivel de logro en cada uno de estos dominios conceptuales (Tabla 11).

Tabla 11. Matriz de nivel de logro de la dimensión conceptual (Fuente: elaboración propia).

Nivel Conceptual	Nivel de Logro											
	NC1			NC2			NC3			NC4		
	PL	ML	L	PL	ML	L	PL	ML	L	PL	ML	L
Actividad 1	100%			40%	60%							
Actividad 2				100%			80%	20%				
Actividad 3				38%	38%	24%	50%	50%				
Actividad 4				75%	25%		100%			100%		

Actividad 5				25%	75%		50%		50%	25%	50%	25%
Actividad 6					67%	33%	75%		25%			
Actividad 7				25%	50%	25%	100%			75%	25%	
Actividad 8					75%	25%	50%	50%				100%

En la Tabla 11, se puede observar que el nivel de logro en la dimensión conceptual va progresando en el transcurso de las ocho actividades. Vemos que el nivel conceptual mejor logrado es el NC4 en la actividad 8 y también que en esta actividad se incluyen elementos conceptuales NC2 y NC3 en niveles de logro más avanzados (ML-L), lo que es muy coherente pues esta actividad está asociada a la etapa de aplicación del ciclo de aprendizaje.

En términos generales, podemos decir que con la implementación de esta propuesta se logra observar una progresión tanto en el nivel argumentativo como en el nivel conceptual en los estudiantes de Pedagogía en Ciencias. Lo que concuerda con lo planteado por Pinochet (2015) quien señala que la investigación basada en TAP no sólo es relevante porque ha mostrado que la argumentación permite mejorar el aprendizaje de las ciencias, sino que también es relevante porque a través de la argumentación, los estudiantes se introducen en la cultura de la ciencia, pues el conocimiento científico es construido, comunicado y evaluado mediante la argumentación. Además, considerar problemáticas socio-científicas relacionadas con la naturaleza, permitirá potenciar en los estudiantes la *alfabetización ambiental*, es decir, adquirir habilidades que les permitan tener un comportamiento ambientalmente responsable y que le puede dar sentido a los contenidos disciplinares (Fettahlioglu & Aydoğdu, 2020).

Sin embargo, para obtener resultados más profundos y significativos en la formación de profesores de ciencias es importante que dentro del plan de estudio se incorporen transversalmente metodologías didácticas que potencien el desarrollo de habilidades argumentativas en los estudiantes. Esto obviamente conllevaría el perfeccionamiento permanente de los docentes universitarios en estas nuevas propuestas metodológicas de enseñanza y aprendizaje más activas y contextualizadas.

### Dimensión interaccional

Es importante mencionar que en las sesiones sincrónicas realizadas durante la implementación se logró un espacio de discusión, donde los estudiantes espontáneamente compartieron sus ideas y complementaron sus respuestas dadas inicialmente en las guías de aprendizaje (sesiones asincrónicas). La Tabla 12, muestra una ejemplificación al comparar las respuestas de la transcripción de texto y audio para los estudiantes E1 y E2.

**Tabla 12.** Ejemplificación de transcripción de texto y audio (Fuente: elaboración propia).

TRANSCRIPCIÓN TEXTO	TRANSCRIPCIÓN AUDIO
¿A qué se debe que un día hubo preemergencia y otro día alerta?	[56, C1] D: entonces    ¿A qué se debe que un día hubo preemergencia y otro día alerta?
¿Por qué?	[57, C1] E1: de debe   a que un día hubo   mayor concentración   de partículas que otro   <...>
[E1A2P3. L 1-2] Se debe a que un día hubo mayor concentración de partículas que otro. Se desconoce, los afiches no entregan esa información.	[58, C1] E1: = =se desconoce en detalles   los correos no entregan esa información; E2: si   mayor o menor contaminación;
	[59, C1]

[E2A2P3. L 1-2] *La alerta indica un nivel de polución alto en el aire, pero no lo suficiente para declarar una preemergencia ambiental, la alerta sirve para estar atentos y atentas ya que prontamente puede haber un aumento en la polución y declarar la preemergencia.*

[60, C1] *E1: existe restricción \ en el uso de las estufas a leña \ en una preemergencia \ porque la calidad del aire \ hasta ese punto \ resulta dañina para la salud humana \*  
 [61, C1] *humana \*  
 [62, C1] *E1: = =de modo \ que encender las estufas \ produce una emanación extra \ y produce una mayor concentración de hollín \ o partículas de pequeño tamaño \ dañinas para la salud humana; <...>*  
 [63, C1] *E2: la alerta \ indica un nivel de polución alto en el aire \ pero no lo suficiente \ para declarar una*  
 [64, C1] *preemergencia ambiental;*  
 [65, C1] *E2: = =la alerta \ sirve para estar atentos y atentas \ ya que \ prontamente puede haber un aumento en la polución \ y declarar la preemergencia;*

Es interesante como en la interacción con otros surge la complementación de las ideas y fundamentos, además de generar una instancia para compartir experiencias personales pasadas asociadas a la temática propuesta. Esto concuerda con lo mencionado por varios autores, que plantean que lo esencial de la argumentación es que ayuda a los estudiantes a recordar y traer a la mente situaciones, experiencias o datos conocidos que posiblemente les permiten entender situaciones cotidianas (De la Chaussée, 2009; Pabón et al., 2015). Entonces, desarrollar la argumentación en las clases, invita a que en el aula se trabaje desde la conformación de grupos de discusión, contenidos que sirvan de pretexto para exteriorizar el razonamiento argumentativo de los estudiantes y, con ello, mostrar que la ciencia, en el aula, es factible de ser co-construida (Ruíz et al., 2015).

Estas sesiones sincrónicas, fueron particularmente valoradas por los estudiantes dado que en el contexto virtual en el que se implementó esta propuesta de SEA (Covid19), se transformó en un espacio para reflexionar sobre las adecuaciones y desafíos que ellos como futuros profesores deberán enfrentar en situaciones similares. Por lo anterior, es importante mencionar algunas de las reflexiones que los estudiantes expresaron al finalizar las ocho actividades y que sin duda reafirman el aporte inicial de esta investigación en la formación de los futuros profesores de ciencias:

[60, C4] *E1: debo decirlo profej \ es esta \ la primera oportunidad \ que un profesor acá en la U \ realiza actividades \ muy distintas a una clase tradicional \ hasta ahora \ nunca me había enfrentado \ a este tipo de actividades;*  
 [61, C4] *tradicional \ hasta ahora \ nunca me había enfrentado \ a este tipo de actividades;*  
 [62, C4] *actividades;*  
 [63, C4] *E1: = = y sin duda \ nos plantea \ un desafío como futuros profes;*  
 [64, C4] *E2: = ... =si es verdad; \ nos muestra \ una nueva forma \ de poder enseñar ciencias \ y eso es muy bueno y relevante; <...>*  
 [65, C4] *ciencias \ y eso es muy bueno y relevante; <...>*

### Conclusiones

De acuerdo a los objetivos planteados en la investigación se logra diseñar y validar una SEA en torno a la problemática socio-científica de *Contaminación Atmosférica de la ciudad de Temuco*, que permite potenciar el desarrollo de la argumentación en estudiantes de Pedagogía en Ciencias de tercer año, además de aplicar los conceptos y contenidos científicos conocidos.

Si recordamos la pregunta inicial de esta propuesta, ¿cómo el diseño de una secuencia de enseñanza y aprendizaje en torno a controversia socio-científica favorece el desarrollo de los niveles argumentativos en estudiantes de Pedagogía en Ciencias de Temuco? y después de su implementación, los estudiantes muestran un avance en los niveles argumentativos incorporando paulatinamente los distintos componentes argumentativos del TAP (base, garantía, datos y

conclusión) para la fundamentación de sus respuestas. Es así, que los estudiantes desarrollan distintas habilidades argumentativas, como identificar hechos, observaciones o datos que pueden usarse como evidencia en un contexto dado y proponer justificaciones a partir de relaciones entre la evidencia y la afirmación. Por otra parte, se alcanza en los estudiantes una progresión en el dominio conceptual de la noción, es decir, se avanza desde el concepto de contaminación, a la identificación de los distintos tipos de contaminantes, sus fuentes de emisión, factores que favorecen la contaminación en la ciudad de Temuco, política pública y comienzan a proponer medidas de mitigación. Además, en el transcurso de la SEA los estudiantes también avanzan en el nivel de logro alcanzado en los distintos dominios conceptuales.

También, es relevante señalar que según la percepción de los estudiantes la propuesta es una nueva forma de plantear la enseñanza de las ciencias de una manera más contextualizada y en donde ellos son participantes activos de su proceso de enseñanza y aprendizaje. Situación que como universitarios no habían desarrollado hasta ahora en ninguna otra asignatura de su plan de estudio. Sin duda, para lograr un mejor desarrollo de la argumentación se necesita implementar este tipo de actividades de forma más permanente en distintos espacios curriculares del plan de estudio en la formación de los futuros profesores de ciencias. Y así lograr que éstos en sus prácticas pedagógicas logren implementar estas nuevas formas de abordar la ciencia para desarrollar en sus estudiantes habilidades del pensamiento científico.

#### Agradecimientos

Este trabajo se hace parte del Proyecto Fondecyt 1180619, financiado por la Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) del Gobierno de Chile.

#### Bibliografía

- Acevedo, D., Cavadia, S. y Alvis, A. (2015). Estilos de Aprendizaje de los Estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cartagena (Colombia). *Formación Universitaria*, 8(4), 15-22.
- Antezana, V. (2009). La química en la enseñanza de las ingenierías. *Journal Boliviana de Ciencias*, 6(18).
- Archila, P. A. (2012). La investigación en argumentación y sus implicaciones en la formación inicial de profesores de ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(3), 361-375.
- Boso, A., Ariztía, T., y Fonseca, F. (2017). Usos, resistencias y aceptación de tecnologías energéticas emergentes en el hogar. El caso de la política de recambio de estufas en Temuco, Chile. *Revista Internacional de Sociología*, 75(4), 078.
- Camaño, A. (2011). Enseñar química mediante la contextualización, la indagación y la modelización. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (69), 21-34.
- Çelikler, D., & Kara, F. (2011). Determining the misconceptions of pre-service chemistry and biology teachers about the greenhouse effect. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 15, pp. 2463-2470.
- Chamizo, J. (2007). Las aportaciones de Toulmin a la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 25(1), 133-146.
- Chang, R. (2007). Química. México: Mc Graw Hill.
- Chaves, V. (2012). El estudio de caso y su implementación en la investigación. *Revista Internacional de Investigación en Ciencias Sociales*, 8(1), 141-150.
- Couso, D. (2012). Las secuencias didácticas en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias: Modelos para su diseño y validación. *Didáctica de la Física y la Química*, 57-83.
- Cristóbal, C. y García, H. (2013). La indagación científica para la enseñanza de las ciencias. *Horizonte de la Ciencia*, 3(5), 99-104.
- Cuéllar, E., y López, Á. (2017). Situaciones didácticas para el aprendizaje de la argumentación en Química. *Educere*, 21(70), 593-610.
- De Freitas Dias de Souza, K., y Alves, A. (2010). Reflexiones sobre el papel de la contextualización en la enseñanza de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(2), 275-284.
- De Gialdino, I. V. (2019). *Estrategias de investigación cualitativa: Volumen II* (Vol. 240022). Editorial Gedisa.

- De la Chaussée, M. (2009). Las estrategias argumentativas en la enseñanza y el aprendizaje de la química. *Educación Química*, 20(2), 143-155.
- Dimitriou, A., & Christidou, V. (2007). Pupils' understanding of air pollution. *Journal of Biological Education*, 42(1), 24-29.
- Dawson, V. & Carson, K. (2020). Introducing Argumentation About Climate Change Socioscientific Issues in a Disadvantaged School. *Res Sci Educ*, 863–883.
- Durán, M. (2012). El estudio de caso en la investigación cualitativa. *Revista nacional de administración*, 3(1), 121-134.
- ECBI CHILE. (16 de marzo de 2019). *Método Indagatorio*. Obtenido de ECBI Chile: Educación en Ciencias basada en la Indagación: <http://www.ecbichile.cl/home/metodo-indagatorio/>
- Elgueta, M., Reyes, R., Maldonado, A., Carvajal, C., y Guarda, C. (2018). Contexto y desafíos en Formación de profesores, Universidad de Los Lagos, Chile. *Opción*, 34(2018), 450-480.
- Fettahlioğlu, P. & Aydoğdu, M. (2020). Developing Environmentally Responsible Behaviours Through the Implementation of Argumentation and Problem-Based Learning Models. *Res Sci Educ.*, 987–1025.
- García, F., Alba, N., y Navarro, E. (2015). La formación inicial del profesorado para enseñar ciudadanía. Experiencias en los niveles de grado y de máster. *Novi Cives. Cittadini dall'infanzia in poi (pp. 137-148)*. Bologna.
- Gibelli, T. (2014). La investigación basada en diseño para el estudio de una innovación en educación superior que promueve la autorregulación del aprendizaje utilizando TIC. In *Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación Y Educación* (pp. 1-16).
- Gil Pérez, D. y Vilches, A. (2006). Educación ciudadana y alfabetización científica: Mitos y Realidades. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42. <http://www.rieoei.org/rie42a02.htm>
- Gómez, A. (2008). Las concepciones alternativas, el cambio conceptual y los modelos explicativos del alumnado. *Áreas y Estrategias de Investigación en la Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 13-32.
- González Hincapié, A. (2017). La contaminación atmosférica: una mirada sobre los cambios en los modelos de los estudiantes a partir de una secuencia de enseñanza y aprendizaje. [Tesis para optar al título de Licenciado en Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental]. Universidad de Antioquia.
- Guimarães, Y. & Giordan, M. (2013). Elementos para Validação de Sequências Didáticas. Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC Águas de Lindóia, SP – 10 a 14 de Novembro de 2013.
- Harlen, W. (2013). *Evaluación y Educación Basada en la Indagación: Aspectos de la Política y la Práctica*. Trieste: Global Network of Science Academies (IAP).
- Hurtubia, J. (2019). Breve examen al cambio climático, contaminación del aire y salud en Chile. *Cuad Méd Soc (Chile)*, 59(1), 7-16.
- Ibacache M. y Merino C. (2021). Una propuesta de secuencia basada en el contexto, para la promoción de la argumentación científica en el aprendizaje de las reacciones químicas con estudiantes de educación media técnico profesional. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1), 1105. doi: 10.25267/Rev\_Eureka\_ensen\_divulg\_cienc.2021.v18.i1.1105
- Posada, J. L. (2015). La argumentación
- Jiménez, J. y Perales, F. (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 (1), pp. 3-19.
- Justi, R. (2015). Relações entre argumentação e modelagem no contexto da ciência e do ensino de ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 17(SPE), 31-48.
- Justice, C., Rice, J., Warry, W., Inglis, S., Miller, S., & Sammon, S. (2007). Inquiry in higher education: Reflections and directions on course design and teaching methods. *Innovative Higher Education*, 31(4), 201-214.
- Larraín, A., y Freire, P. (2012). El uso de discurso argumentativo en la enseñanza de ciencias: Un estudio exploratorio. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 38(2), 133-155.
- Lupión, T., y Prieto, T. (2014). La contaminación atmosférica: un contexto para el desarrollo de competencias en el aula de secundaria. *Enseñanza de las ciencias*, 32(1), 159-177.
- Marín V., Salinas J. y Aranciaga I. (2019). Investigación basada en diseño en entornos virtuales: rediseño para el apoyo de la tesis de maestría en estudios a distancia. En PUCP Tecnología e innovación para la diversidad y calidad de los aprendizajes. Lima (Perú): PUCP.
- Martin-Hansen, L. (2002). Defining Inquiry. *The Science Teacher*, 69(2), 34-37.
- Martínez Bernat, F. X., García Ferrandis, I. y García Gómez, J. (2019). Competencias para mejorar la argumentación y la toma de decisiones sobre conservación de la biodiversidad. *Enseñanza de las ciencias*, 37(1), 55-70.
- Meroni, G., Copello, M. I., y Paredes, J. (2015). Enseñar química en contexto. Una dimensión de la innovación didáctica en educación secundaria. *Educación química*, 26(4), 275-280.
- Mineduc. (2015). Bases curriculares 7° básico a 2° medio.

- Mineduc. (2016). Estándares Orientadores para Carreras de Pedagogía en Educación Media.
- Mineduc. (2019). Bases curriculares 3° y 4° medio.
- Montaño, J. y Padilla, K. (2020). Implementación y evaluación de la habilidad de argumentación en las clases de química del bachillerato. *Educación Química*, 31(2), 51-68. DOI: 10.22201/fq.18708404e.2020.2.69287
- Moreno-Fernández, O. (2017). ¿Qué sabes de la contaminación? Estudio de las ideas previas en alumnado de Educación Primaria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), pp. 502-515.
- Moreno, N. D., Martín, E. C., y Nieto, J. E. S. (2019). Las controversias sociocientíficas como herramienta didáctica para el desarrollo de la alfabetización científica. *IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation*, (12), 261-281.
- Núñez, M. D. C. C., Manzano, S. S., Cepeda, J. S. S., y Macías, C. R. (2013). Ideas alternativas sobre cambio climático, adelgazamiento de la capa de ozono y lluvia ácida de un grupo de alumnos de centros de enseñanza permanente de adultos. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, (Extra), pp. 796-802.
- Occeli, M. y Valeiras, N. (2013). Los libros de texto de ciencias como objeto de investigación: una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(2), 133-152.
- Osborne, J. (2009). Hacia una pedagogía más social en la educación científica: el papel de la argumentación. *Educación química*, 20(2), 156-165.
- Pabon, T., Muñoz, L., y Vallverdú, J. (2015). La controversia científica, un fundamento conceptual y metodológico en la formación inicial de docentes: una propuesta de enseñanza para la apropiación de habilidades argumentativas. *Educación química*, 26(3), 224-232.
- Parga-Lozano, D. L., y Piñeros-Carranza, G. Y. (2018). Enseñanza de la química desde contenidos contextualizados. *Educación química*, 29(1), 55-64.
- Pinochet, J. (2015). El modelo argumentativo de Toulmin y la educación en ciencias: una revisión argumentada. *Ciência & Educação*, 21(2), 307-327.
- Posada, J. L. (2015). La argumentación y su rol en el aprendizaje de la ciencia. *Revista Tesis Psicológica*, 10(1), 146-160.
- Quintanilla, M., Merino, C., y Cuellar, L. (2012). Análisis del discurso del profesorado de química en ejercicio y su contribución a la evaluación de competencias de pensamiento científico. Un estudio de caso en Chile. *Educación Química*, 23(2), 188-191. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30107-6](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30107-6)
- Ruiz Ortega, F. J., Tamayo Alzate, O. E., y Márquez Bargalló, C. (2015). La argumentación en clase de ciencias, un modelo para su enseñanza. *Educacao e pesquisa*, 41(3), 629-646.
- Sánchez-Castaño, J., Castaño-Mejía, O. y Tamayo-Alzate, O. (2015). La argumentación metacognitiva en el aula de ciencias. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 13(2), pp. 1153-1168.
- Sánchez, E., García, J. R., Rosales, J., de Sixte, R., y Castellano, N. (2008). Elementos para analizar la interacción entre estudiantes y profesores: ¿Qué ocurre cuando se consideran diferentes dimensiones y diferentes unidades de análisis? *Revista de Educación*, 346, 105-136.
- Sanmartí, N. (2005). La unidad didáctica en el paradigma constructivista. En: D. Couso E, Cadillo G, Perafán A, Adúriz-Bravo. *Unidades didácticas en Ciencias Experimentales*. Barcelona: Magisterio, 13-58.
- Sardà i Jorge, A., y Sanmartí, N. (2000). Enseñar a Argumentar Científicamente: Un Reto de las Clases de Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 405-422.
- Silberberg, M. (2002). Química: La naturaleza molecular del cambio y la materia. *Editorial Mc Graw Hill, México, México*, 696.
- Solbes, J. (2013). Contribución de las cuestiones socio-científicas al desarrollo del pensamiento crítico (I): Introducción. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 10(1), pp-1-10. <https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/14993/1-329-Solbes.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
- Sousa, S. y Batista, M. (2015). La argumentación en la enseñanza de ciencia perspectivas más allá del aula, *CIENCIAS*, 30-39.
- Stanford, C., Moon, A., Towns, M. & Cole, R. (2016). Analysis of Instructor Facilitation Strategies and Their Influences on Student Argumentation: A Case Study of a Process Oriented Guided Inquiry Learning Physical Chemistry Classroom. *Journal of Chemical Education*, 93(9), 1501-1513
- Stanley, M. (2007). Introducción a la Química Ambiental. *México: Editorial Reverté*, México, 401-425.
- Stake, R. (1998). *Investigación con estudio de casos*. Ediciones Morata.
- Stake, R. (1983). La evaluación de programas; en especial la evaluación de réplica. En W. B. Dockrell y D. Hamilton (eds.) *Nuevas reflexiones sobre la investigación educativa*. Madrid: Narcea.
- Stake, R. (1967) The countenance of educational evaluation. *Teacher Collegue Record*, 68 (7), 523-540.

- Strieder, R. B., Torija, B. B., y Quílez, M. J. G. (2017). Ciencia-tecnología-sociedad: ¿Qué estamos haciendo en el ámbito de la investigación en educación en ciencias?, *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 35(3), 29-49.
- Talanquer, V. (2013). Progresiones de aprendizaje: promesa y potencial. *Educ. Quím*, 24(4), 362-364.
- Tamayo, O. (2014). Pensamiento crítico dominio-específico en la didáctica de las ciencias. *Tecné Episteme y Didaxis: TED*, (36), 25-46.
- Vázquez-Alonso, A., Aponte, A., Manassero-Mas, M., & Montesano, M. (2016). A teaching-learning sequence on a socio-scientific issue: analysis and evaluation of its implementation in the classroom. *International Journal of Science Education*, 38(11), 1727-1746.
- Vergara, C. y Cofré, H. (2012). La indagación científica: un concepto esquivo, pero necesario. *Rev. Chil. Educ. Cient.*, 11(1), 30-38.