



**UMCE**

FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS  
MAGÍSTER EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS NATURALES Y LAS MATEMÁTICAS

**COMPETENCIAS DE PENSAMIENTO CIENTÍFICO EN LA FORMACIÓN  
INICIAL DOCENTE: REPRESENTACIONES EPISTEMOLÓGICAS Y SU  
RELACIÓN CON LA REALIDAD COMPLEJA DE UNA CONTROVERSIA  
SOCIOCIENTÍFICA**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS NATURALES Y LAS  
MATEMÁTICAS**

AUTOR

**BERNARDO MADARIAGA**

DIRECTORA

**DRA. CARLA OLIVARES PETIT**

CO-DIRECTOR

**DR. MARIO QUINTANILLA GATICA**

REVISIÓN

**DR. DAVID REYES GONZÁLEZ**

**SANTIAGO DE CHILE, DICIEMBRE DE 2024**

Autorizado para

**Sibumce Digital**

# AUTORIZACIÓN

2025, Bernardo Madariaga

Se autoriza la reproducción total o parcial de este material, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, siempre que se haga referencia bibliográfica que acredite el presente trabajo y su autor.

***A mi hija Eva y mi hijo Emilio, por alegrar todos los momentos de cada día.***

***A mi madre María, por enseñarme a darlo todo siempre.***

***A mis hermanos Robinson y Martín, por su apoyo incondicional.***

***Y a mi esposa y compañera de vida Nicole, por estar a mi lado y brindarme la energía que a***

***veces no fui capaz de encontrar.***

***Sos el Sol y también podés ser la Luna.***

*Nuestra lealtad es para las especies y el planeta.*

*Nuestra obligación de sobrevivir  
no es solo para nosotros mismos  
sino también para ese cosmos, antiguo y vasto,  
del cual derivamos.*

Carl Sagan (1934-1996)

## AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de este trabajo ha sido posible gracias a la beca de estudios otorgada por el programa de Magíster en Didáctica de las Ciencias Naturales y las Matemáticas, a través de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.

Además, esta investigación sigue las orientaciones teóricas y metodológicas del proyecto FONDECYT-ANID 1231325 que lleva por título: “Identificación y caracterización de competencias argumentativas y explicativas en profesorado de química y biología en formación inicial. Su contribución al desarrollo profesional docente desde una perspectiva sociocientífica”, y que, a través de su director, Dr. Mario Quintanilla Gatica, fue posible contar con los recursos necesarios para la ejecución de este trabajo.

También agradecer al Laboratorio Semillero CATIÓN “Ciencias, didáctica e innovación”, adscrito a la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, el cual, a través de su Directora, Dra. Carla Olivares Petit, apoyó constantemente la realización de este trabajo.

No puedo dejar de mencionar al Dr. Cristián Cortés, director del departamento de Física de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, así como al Mg. Rodrigo Sepúlveda, académico de la Universidad de Santiago de Chile, por su colaboración en el desarrollo de este trabajo.

Por último, agradecer al Dr. Waldo Quiroz de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, por las valiosas aportaciones en las orientaciones y ejecuciones del plan de análisis de esta investigación, así como al Dr. David Reyes González por su contribución en la revisión de este trabajo.

# ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b>	<b>7</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO I: ANTECEDENTES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>11</b>
1.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	11
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.2.1. Pregunta de investigación	15
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN APLICADA	15
1.3.1. Objetivo general	15
1.3.2. Objetivos específicos	15
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO/REFERENCIAL</b>	<b>16</b>
2.1. REPRESENTACIONES EPISTEMOLÓGICAS	16
2.1.1. Representación epistemológica como constructo	16
2.1.2. Paradigmas epistemológicos racionalistas	17
2.1.3. Representaciones epistemológicas en la Educación	20
2.2. COMPETENCIAS DE PENSAMIENTO CIENTÍFICO	21
2.2.1. Dimensiones de una Competencia de Pensamiento Científico	21
2.4. CONTROVERSIAS SOCIOCIENTÍFICAS	23
2.4.1. Antecedentes en torno a las CSC	23
2.4.2. Fundamentos epistemológicos y pensamiento complejo	25
2.4.2. Implicancias de las CSC en la formación inicial docente en ciencias	26
2.4.3. La Astrominería como Controversia Sociocientífica	28
<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO</b>	<b>30</b>
3.1. ANTECEDENTES GENERALES	30
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	33
3.2.1. Paradigma de la investigación	33
3.2.2. Métodos de la investigación y sus características	34
3.2.3. Otros antecedentes	39
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	40
3.3.1. Población	42
3.3.2. Muestra	42
3.4. VARIABLES	43
3.5. INSTRUMENTOS Y FASES DE LA INVESTIGACIÓN	45

3.5.1. Fase 1 - Aplicación Pre Test	45
3.5.1. Fase 2 - Diseño y validación de instrumentos	49
3.5.1. Fase 3 - Implementación de la intervención didáctica	61
3.5.1. Fase 4 - Aplicación Post Test	63
3.6. PLAN DE ANÁLISIS DE LOS DATOS	63
3.6.2. Guías de Actividades - Dispositivos D2.1 y D2.2	65
3.6.4. Análisis de relaciones entre resultados	68
3.6.5. Codificación de las respuestas	68
<b>CAPITULO IV: RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN</b>	<b>70</b>
4.1. RESULTADOS DE CUESTIONARIO - PRETEST	70
4.2. RESULTADOS DE VALIDACIÓN DISPOSITIVOS 1 Y 2	74
4.3. RESULTADOS DE DISPOSITIVO 2 - GUÍAS DE ACTIVIDADES	76
4.3.1. Dispositivo 2.1 “Geoquímica de los minerales”	76
4.3.2. Dispositivo 2.2 “Astrominería”	79
4.4. RESULTADOS DE CUESTIONARIO - POSTEST	83
4.5. RELACIÓN ENTRE RESULTADOS DE PRETEST Y POSTEST	85
4.6. ANÁLISIS DE CATEGORÍAS DE COMPLEJIDAD Y NIVELES DE REALIDAD	88
4.6.1. Respuestas a Dispositivo 2.1	88
4.6.2. Respuestas a Dispositivos 2.2	98
4.6.3. Relaciones entre RE y dimensiones argumentativas	108
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES</b>	<b>112</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>128</b>
● <b>ANEXO 1:</b> CUESTIONARIO DE REPRESENTACIONES SOBRE ASPECTOS RELEVANTES PARA LA FORMACIÓN PROFESIONAL - PROYECTO FONDECYT 1231325	<b>129</b>
● <b>ANEXO 2:</b> FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO - PROYECTO FONDECYT 1231325	<b>137</b>
● <b>ANEXO 3:</b> CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA ESTUDIANTES MAYORES DE EDAD	<b>140</b>
● <b>ANEXO 4:</b> D1 - PLANIFICACIÓN DE TALLERES DE INTERVENCIÓN	<b>141</b>
● <b>ANEXO 5:</b> DISPOSITIVO D2.1 - GEOQUÍMICA DE LOS MINERALES	<b>146</b>
● <b>ANEXO 6:</b> DISPOSITIVO D2.2 – ASTROMINERÍA	<b>149</b>
● <b>ANEXO 7:</b> VALIDACIÓN PARA EL DISEÑO DE INSTRUMENTOS	<b>153</b>
● <b>ANEXO 8:</b> RESPUESTAS A DISPOSITIVO D2.1 - GEOQUÍMICA DE LOS MINERALES	<b>156</b>
● <b>ANEXO 9:</b> RESPUESTAS A DISPOSITIVO D2.2 - ASTROMINERÍA	<b>158</b>
● <b>ANEXO 10:</b> TRABAJOS ASOCIADOS AL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	<b>162</b>
● <b>ANEXO 11:</b> AUTORIZACIÓN PARA USO DE MATERIALES EN SIBUMCE	<b>164</b>

## RESUMEN

La presente investigación aplicada se centra en la necesidad de desarrollar competencias de pensamiento científico en la formación de futuros docentes de ciencias. Se justifica en la creciente relevancia de las Controversias Sociocientíficas en la educación, donde el profesorado debe estar preparado para guiar a sus estudiantes en la comprensión y análisis de temas complejos que afectan a la sociedad.

En el primer capítulo, se establece el contexto y la justificación del problema, destacando que la educación científica debe ir más allá de la mera transmisión de conocimientos. Se plantea que las y los docentes deben desarrollar habilidades críticas y analíticas que les permitan abordar controversias y dilemas éticos en la ciencia.

El marco teórico, presentado en el segundo capítulo, explora las representaciones epistemológicas y su impacto en la enseñanza de las ciencias. Se argumenta que la comprensión de la naturaleza del conocimiento científico es fundamental para que las y los futuros docentes puedan enseñar de manera efectiva y contextualizada.

La metodología utilizada en la investigación se detalla en el tercer capítulo, donde se describe el diseño de un taller de intervención didáctica centrado en una Controversia Sociocientífica. Se emplean instrumentos de evaluación validados por expertos para garantizar la calidad del proceso investigativo.

En el cuarto capítulo, se presentan los principales hallazgos de la investigación. Se observa que las y los futuros docentes que participaron en el taller mostraron un progreso significativo en sus competencias de pensamiento científico. Los resultados indican que la reflexión sobre Controversias Sociocientíficas no solo mejora la comprensión de los conceptos científicos, sino que también fomenta habilidades argumentativas y de toma de decisiones. Además, se destaca que los participantes desarrollaron una mayor conciencia sobre la

interconexión entre la ciencia y la sociedad, lo que les permite abordar temas relevantes desde una perspectiva crítica.

El quinto capítulo se centra en la discusión de los resultados, donde se enfatiza la importancia de integrar las controversias socio-científicas en la formación docente. Se concluye que este enfoque no solo enriquece el aprendizaje, sino que también prepara al profesorado para enfrentar los desafíos contemporáneos en la enseñanza de las ciencias. Se sugiere que la formación debe incluir un enfoque interdisciplinario que permita a los docentes abordar las controversias desde múltiples perspectivas, promoviendo un aprendizaje significativo y contextualizado.

En resumen, la investigación resalta la necesidad de preparar a las y los docentes no solo en el contenido científico, sino también en las habilidades necesarias para enfrentar y discutir las controversias que surgen en la intersección entre la ciencia y la sociedad. Los hallazgos sugieren que la formación en competencias de pensamiento científico es crucial para formar educadores que puedan inspirar a las futuras generaciones a convertirse en pensadores críticos y ciudadanos informados.

**Palabras clave:** Representaciones epistemológicas, competencias de pensamiento científico, intervención didáctica, controversias sociocientíficas, pensamiento complejo

## INTRODUCCIÓN

Luego de la pandemia del COVID-19 la sociedad en general, ha llegado a un punto de inflexión respecto de la manera en que los individuos se relacionan con su entorno, subrayando la importancia de la comprensión y uso de la información científica para la toma de decisiones informadas sobre salud, medio ambiente y tecnología. En este contexto, la enseñanza de las ciencias debe conducir al desarrollo de competencias de pensamiento científico que permitan a las y los estudiantes enfrentar variados problemas sociocientíficos de manera creativa y autónoma. Estos problemas, que integren aspectos éticos, morales y de impacto social, son cruciales en la formación del profesorado en ciencias, ya que promueven la implementación de estrategias de enseñanza que desarrollen habilidades argumentativas y de toma de decisiones individuales y colectivas (Quintanilla, 2024), con base en el pensamiento complejo (Morin, 1999) y de los niveles de la realidad en los cuales ocurre la interpretación de las situaciones en estudio (Bunge, 2007).

La siguiente investigación busca evaluar la relación entre las representaciones epistemológicas y la puesta en práctica de competencias de pensamiento científico por parte del profesorado en formación en Química, al participar de un taller de intervención didáctica centrado en una controversia sociocientífica. Estas actividades de intervención considerarán la implementación de una secuencia de talleres guiados por especialistas invitados, de acuerdo a la temática correspondiente a la Astrominería.

Debido a la naturaleza de la investigación, la metodología es de carácter mixto, considerando que se recogen tanto datos de tipo cuantitativos a través de dispositivos de respuestas cerradas, así como de preguntas abiertas según los instrumentos que se utilizan, con el fin de recoger hallazgos que permitan un análisis más profundo e integrativo. Respecto del enfoque de análisis, la investigación recurre a los paradigmas interpretativo y de complejidad, dado que son compatibles respecto de la profundidad de interpretación de los resultados que se persigue.

Para la implementación de la propuesta, se ha propuesto un proceso de cuatro fases las cuales apuntan al cumplimiento de los objetivos indicados anteriormente. La primera y la última responden a la aplicación de un cuestionario de valoración profesional que ha sido previamente validado y ajustado para esta investigación, en el marco del Proyecto Fondecyt 1231325.

La segunda fase corresponde al diseño, elaboración y validación de los instrumentos que permitan la implementación de los talleres de intervención didáctica a llevarse a cabo en un grupo de estudiantes en formación inicial docente en Química. En esta fase se contempla el diseño de dos dispositivos centrales para el resto de la investigación: la planificación de la secuencia de intervención didáctica y las guías de actividades que serán desarrolladas por la muestra de estudio en cada taller de intervención didáctica, a fin de identificar la coherencia entre los aspectos semánticos-ontológicos del conocimiento científico relevante para la temática tratada, en relación a los argumentos que justifiquen sus respuestas a cada pregunta propuesta.

La tercera fase del plan metodológico contempla la implementación de los talleres, los cuales han sido diseñados según el Ciclo de Aprendizaje Constructivista (Jorbas y Sanmartí, 1996). Cada taller será acompañado por un especialista en la controversia sociocientífica escogida, con el fin de aportar antecedentes científicamente sólidos que permitan idear argumentos que pongan en contexto la discusión de la temática, considerando dimensiones de impacto social, cultural, científico, económico, político, entre otras (Díaz-Moreno et al., 2019).

La investigación buscará responder a la pregunta: *¿Cuál es la relación entre las representaciones epistemológicas y la puesta en práctica de competencias de pensamiento científico por parte del profesorado en formación en Química, al participar de un taller de intervención didáctica centrado en una controversia sociocientífica?*

# CAPÍTULO I:

## ANTECEDENTES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Una competencia de pensamiento científico es aquella capacidad de responder eficazmente a exigencias personales y sociales que se dan en un contexto determinado y que requiere de habilidades, actitudes, valores y responsabilidades para ser aplicada (Quintanilla *et al.*, 2020). Para que puedan desarrollarse dentro de un proceso de enseñanza, se mezclan con las ideas previas que permiten al estudiantado aproximarse a la comprensión de leyes, teorías y modelos que describen la ciencia y su relación con la sociedad (Orellana *et al.*, 2018).

Sin embargo, parece evidente que la manera en que las temáticas sociocientíficas son abordadas por cada docente dependerá de su propia formación didáctica, experiencias, creencias e interpretaciones de la realidad. De esta manera, es de interés identificar las representaciones epistemológicas acerca del desarrollo de competencias de pensamiento científico y su comportamiento bajo un proceso de intervención didáctica que involucre la reflexión en torno a controversias sociocientíficas y la exploración de contextos diversos desde los cuales surjan dichas controversias.

Expuesto lo anterior, esta investigación se encuentra enmarcada en un proyecto mayor de investigación, se justifica en sí misma, como un catalizador de mejoras en los procesos formativos de los futuros profesores de ciencia, como promotores de respuestas competentes a los dilemas y desafíos sociocientíficos del mundo que los rodea.

### 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Como un ejemplo de contextualización en relación con la presente investigación y la relevancia de las competencias científicas frente a una sociedad demandante en diversos

aspectos, tan claves como la salud, la pandemia del COVID-19 es un punto de inflexión y de urgencia sobre lo puntualizado anteriormente.

En la forma en que nos relacionamos como sociedad y con el medio ambiente, en las decisiones que toman ciudadanos en el día a día, sobre sí mismos y su entorno, se observa de forma empírica, la expresión de las competencias sociocientíficas, en el sentido del despliegue de conocimientos científicos, habilidades propias de las ciencias y una actitud sobre el fenómeno al que se responde (Quiroz, 2023).

En perspectiva, la pandemia y posterior confinamiento, representó una crisis sin precedentes, que explicita una oportunidad y una urgencia única, para reflexionar acerca de las formas de pensar y actuar competentemente y buscando una mayor coherencia con el mundo natural y su cuidado (Maturana y Dávila, 2021). En este sentido, la capacidad de comprender y utilizar información científica es fundamental para tomar decisiones informadas sobre nuestra salud, el medio ambiente y otros temas relevantes de tipo sociocientíficos.

Las decisiones anteriores, y en mayor medida frente a una emergencia, están estrechamente relacionadas con las competencias de los ciudadanos, provenientes de su formación científica.

La enseñanza de las ciencias en la actualidad requiere de la promoción y desarrollo de dichas competencias de pensamiento científico, tanto para promover como para permitir a las y los estudiantes comprender el mundo en el que habitan y cómo enfrentarse a los problemas sociocientíficos que se les presentan día a día (Quintanilla-Gatica y Adúriz-Bravo, 2022); lo anterior, considerando su capacidad innata para explorar los problemas que atraviesan el mundo que les rodea para buscar aproximaciones al funcionamiento del entorno natural y encontrar maneras de abordarlas de manera autónoma (Furman et al., 2019).

Ahora bien, se consideran problemas sociocientíficos aquellos temas que generan controversia en la sociedad y que se sustentan en estudios científicos relevantes de la actualidad, además de integrar aspectos éticos, morales, de interés público y de impacto local, nacional y/o mundial (Martínez y Gallo, 2021).

Integrar el análisis de estos problemas dentro de los procesos de formación del profesorado en ciencias puede aportar en la práctica docente, estrategias de enseñanza que desarrollen tanto procesos argumentativos, como habilidades de toma de decisiones en su futuro quehacer profesional (Cortés y Rodríguez, 2021; Martínez, 2014), más aún, cuando hay evidencia del bajo nivel de habilidades argumentativas por parte del estudiantado al momento de abordar problemas sociocientíficos, lo que a su vez es responsabilidad de la falta de ejercicio argumentativo propuesto por el profesorado durante las clases de ciencias (Martín-Gómez y Erduran, 2018).

La integración de un enfoque sociocientífico en la educación también implica preparar a las y los estudiantes para enfrentar desafíos globales que promuevan la cercanía del conocimiento científico con las necesidades de la sociedad actual (Díaz-Moreno et al., 2019). Esto requiere de un modelo educativo que no solo transmita conocimientos teóricos, sino que desarrolle habilidades prácticas y valores éticos que promuevan la formación de ciudadanas y ciudadanos responsables y con compromiso en el bienestar de su entorno social y natural (Domènech-Casal, 2018).

Así, se hace necesario proponer actividades de aprendizaje científico que tomen en cuenta tanto las experiencias como las expectativas de las y los estudiantes, contextualizando las temáticas que se aborden en las clases con las problemáticas a las cuales le toque enfrentar en su cotidiano, o bien, a aquellas controversias sociales que requieren de una población alfabetizada científicamente (Arias y Navarro, 2017). Es por esto que la formación inicial docente debe relacionar tanto las expectativas del aprendizaje científico como también la manera en que

este aprendizaje es significativo para comprender, participar e incluso tomar decisiones en torno a las próximas temáticas que se tomarán la agenda local, nacional e internacional.

En este sentido, la formación inicial del profesorado en ciencias es fundamental en cuanto promueva la importancia de integrar la ciencia y la tecnología con la responsabilidad social, así como la conciencia ecológica y el compromiso cívico, incluso desde las primeras etapas educativas y desde un sólido proceso epistemológico de las ciencias (Quintanilla-Gatica et al., 2022). Esta preparación permitirá al profesorado de ciencias no sólo transmitir conocimientos, sino también desarrollar competencias de pensamiento científico, a partir del análisis de controversias en las clases de ciencias que promuevan el pensamiento crítico y que sean coherente con la realidad y los contextos en los cuales surgen. Por lo mismo, es crucial que desarrolle una perspectiva amplia acerca de las dimensiones que se encuentran integradas en temáticas sociocientíficas relevantes, como lo son la salud y el desarrollo sustentable de la población, integrando el pensamiento complejo para identificar sus relaciones interdisciplinarias (Morin, 2021), así como describiendo los niveles de realidad en las cuales ocurren (Bunge, 2006).

No obstante, la capacidad de las y los docentes para decidir cómo abordar ciertas temáticas científicas en contexto con la realidad actual de la sociedad, estará estrechamente relacionada con sus concepciones acerca de cómo, cuándo y para qué se aprende acerca de las ciencias, es decir, con sus representaciones epistemológicas acerca del desarrollo de lo que significa ser científicamente competente (Quintanilla y Adúriz-Bravo, 2022), lo cual permeará tanto su desarrollo profesional como su quehacer docente.

Identificar estas representaciones durante los procesos de formación como profesionales de la educación contribuirá a detectar en qué medida las y los docentes de la próxima generación pretenden promover la enseñanza de las ciencias, y la manera en que se contribuirá hacia un proceso racionalista positivista (enfocado en el saber) o racionalista moderado (enfocado en el hacer) (Izquierdo, 2007)

### **1.2.1. Pregunta de investigación**

Considerando los antecedentes mencionados, se plantea la siguiente pregunta de investigación: *¿Cuál es la relación entre las representaciones epistemológicas y la puesta en práctica de competencias de pensamiento científico por parte del profesorado en formación en Química, al participar de un taller de intervención didáctica centrado en una controversia sociocientífica?*

## **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN APLICADA**

### **1.3.1. Objetivo general**

Evaluar la relación entre las representaciones epistemológicas y la puesta en práctica de competencias de pensamiento científico por parte del profesorado en formación en Química, al participar de un taller de intervención didáctica centrado en una controversia sociocientífica.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

OE1: Identificar las representaciones epistemológicas acerca de las competencias de pensamiento científico en docentes en formación inicial en Química

OE2: Implementar una secuencia de intervención didáctica basada en el análisis de controversias sociocientíficas de interés para el profesorado en formación en Química.

OE3: Analizar el grado de complejidad de los argumentos desarrollados por el profesorado en formación acerca de las temáticas abordadas en una intervención didáctica, así como el nivel de realidad al cual responden.

OE4: Relacionar las representaciones epistemológicas acerca de las competencias de pensamiento científico, con las dimensiones de complejidad y niveles de realidad incluidas en los argumentos desarrollados en los instrumentos de análisis utilizados.

## CAPÍTULO II:

### MARCO TEÓRICO/REFERENCIAL

#### 2.1. REPRESENTACIONES EPISTEMOLÓGICAS

##### 2.1.1. Representación epistemológica como constructo

Observar y describir el mundo que nos rodea no es una tarea trivial. Primero, porque existen innumerables perspectivas distintas, así como principios o referencias, desde las cuales comenzar a observar; y segundo, porque la observación natural de cualquier situación responderá a una intención o propósito inicial (Ávila, 2004) según ciertos parámetros previamente concebidos.

Luego, para describir lo observado, es necesario contar con un conjunto de códigos comunes que permitan comunicar sin ambigüedades las características observadas (Bunge, 2007), es decir, un lenguaje común que permita dar a conocer los detalles de la situación observada (Quiroz, 2023).

La manera en que se relacionan las observaciones del mundo exterior con los parámetros que permiten describirlas y los códigos del lenguaje que permiten traducir los pensamientos y reflexiones en una opinión fundada en la evidencia obtenida, se denomina Representación (Ramírez, 2017). En ese camino, las diferentes perspectivas desde las cuales se realiza una representación del mundo dependen de los paradigmas desde los cuales se generan (Kuhn, 2012).

En el campo científico, aunque pareciera que las representaciones del mundo natural son equivalentes para toda la comunidad, las diversas experiencias personales de cada individuo hace que éstas se permeen por sus creencias y concepciones, tanto personales, como colectivas, desde donde se desprenden diferentes representaciones que buscan dar explicación acerca de fenómenos, situaciones y teorías que expliquen la causalidad del mundo material y sus consecuencias para la humanidad (Furman et al., 2019).

En el plano de la enseñanza de las ciencias, estas representaciones están íntimamente relacionadas con la manera en que el profesorado estima que aprenden las y los estudiantes, y en general, con las creencias de cómo se aprende acerca del mundo material, sus propiedades y teorías de estudio. Así, una representación epistemológica guarda relación con los paradigmas propios de cada individuo acerca de cómo se aprende y cómo se debe enseñar el conocimiento científico (Ramírez, 2017).

Identificar representaciones epistemológicas (en adelante RE) en el profesorado en formación, es crucial a la hora de promover transformaciones en su práctica docente, así como en la manera en que transmite conocimientos a las y los estudiantes (Izquierdo, 2007). De igual manera, permite comprender los propósitos formativos de su práctica docente, así como la intencionalidad de ciertas estrategias didácticas y evaluativas por sobre otras, en la medida en que se revisen en un proceso reflexivo continuo en el tiempo (Izquierdo, 2007). En general, las RE responden a las características del docente, de su contexto, sus experiencias y su formación profesional (Quintanilla-Gatica et al., 2022).

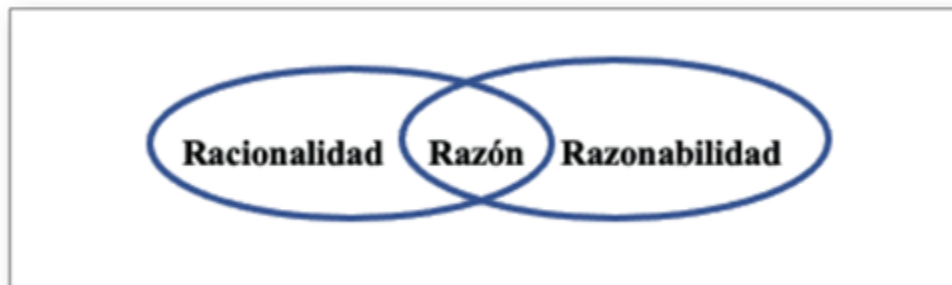
### **2.1.2. Paradigmas epistemológicos racionalistas**

Si bien no es fácil identificar las concepciones de un docente acerca de la manera en que se debe aprender sobre alguna situación en particular (Pozo et al., 2006), existen modelos teóricos que permiten aproximarse a éstas, aun cuando ni el propio docente las ha identificado de manera explícita o cuando no existe un posicionamiento teórico fijo respecto de ellas (Ramírez, 2017). Estos modelos tienen estrecha relación con los principales paradigmas científicos surgidos desde corrientes filosóficas de las ciencias y su enseñanza. En particular, estos modelos surgen desde la Racionalidad, el cual se diferencia de la Razonabilidad entendiendo que la primera tiene que ver con las explicaciones del mundo natural a través de leyes establecidas que no responden a temporalidades ni contextos, mientras que la segunda guarda relación con las descripciones del entorno según la diversidad de contextos en los cuales ocurre la vida real, lo cual a su vez le aporta una dimensión de tipo cognitiva al conocimiento

científico (Toulmin, 1977 en Quintanilla et al., 2022). Así, comprendiendo que el desarrollo científico es dinámico y depende de las situaciones que ocurren en un mundo cambiante, es que la Racionalidad se puede relativizar si se adopta desde una mirada constructivista del conocimiento científico (Izquierdo y Aliberas, 2004). La relación entre racionalidad y razonabilidad se puede apreciar en la Figura 1.

**Figura 1**

*Relaciones entre racionalidad y razonabilidad*

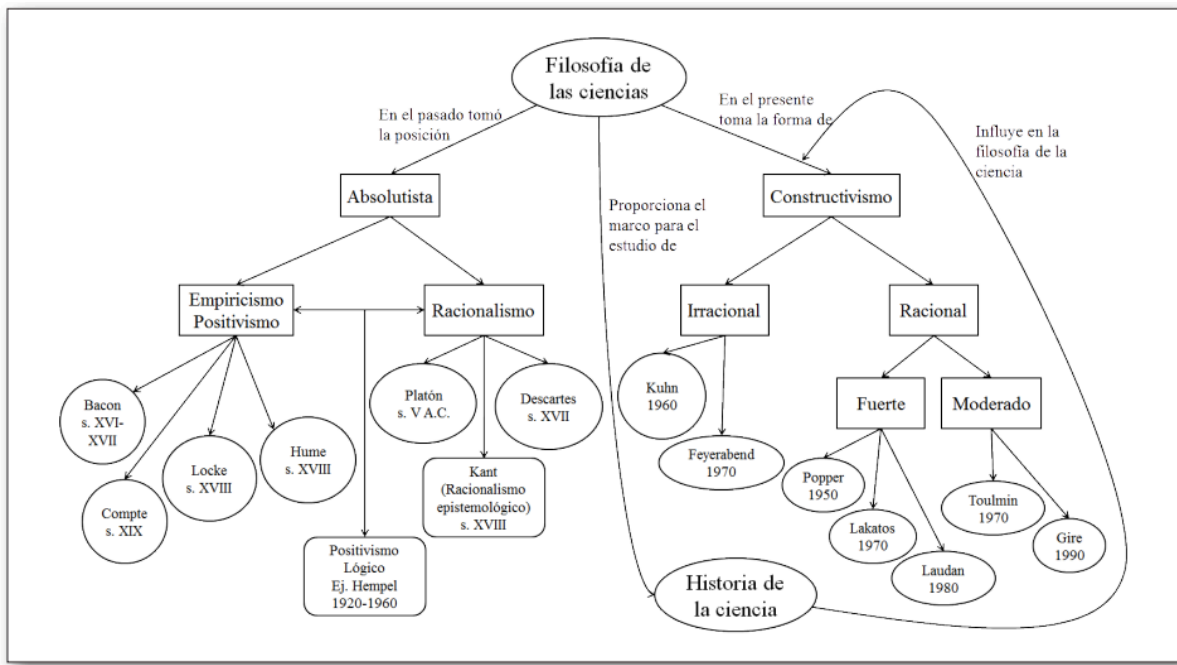


*Nota: Extraído de Izquierdo y Aliberas, 2004, en Quintanilla, 2022, p.34*

Los enfoques estrictamente empiristas que datan de la tradición del círculo de Viena respecto de la racionalidad de los fenómenos científicos o *Racionalismo Positivista* (RP en adelante), responden a modelos intransigentes que descontextualizan la enseñanza de las ciencias en relación a las experiencias de quien las aprende (Hanfling, 2004). Mientras que, si se considera que la ciencia está en constante transformación a propósito de las diferentes situaciones que experimenta la sociedad en su continua dinámica la cual integra elementos de tipo cultural a su comprensión (Izquierdo, 2007), entonces es necesaria una mirada cognitiva racionalista contextualizada para su descripción o bien, de un *Racionalismo Moderado* (RM en adelante), donde para comprender la manera en que surge un conocimiento científico, será necesario conocer el ambiente y condiciones bajo las cuales surge y cómo la concibe la comunidad científica (Giere, 1992 en Quintanilla 2020). En general, se pueden identificar la postura teórica racionalista, así como sus principales aportes en la Figura 2, donde se trazan las conexiones de las dos corrientes principales de paradigmas, es decir, Racionalismo Positivista y Racionalismo Moderado.

**Figura 2**

*Relaciones entre la filosofía de las ciencias y las corrientes racionalistas*



*Nota: Conexiones teóricas y epistemológicas acerca de la evolución conceptual de la ciencia racionalista. Extraído de Quintanilla, 2020, p.50*

El RP defiende la justificación del conocimiento científico, separando términos experimentales y teóricos. El Círculo de Viena promovió el empirismo lógico, combinando empirismo y racionalismo. En este sentido, para los racionalistas positivistas la ciencia se basa en decisiones racionales (Hanfling, 2004). Mientras que el RM, basado en el modelo cognitivo de Giere (1992), analiza cómo la comunidad científica usa teorías en contextos específicos. Este autor propone un realismo naturalista, explicando que las decisiones científicas surgen desde criterios de quienes se encuentran en actividad científica y no en base a principios racionales. Este enfoque respalda una enseñanza de las ciencias centrada en la actividad cognitiva y en la interpretación del mundo con sentido humano (Izquierdo, 2007).

### **2.1.3. Representaciones epistemológicas en la Educación**

Si bien estos paradigmas cambian en conjunto con las adecuaciones propias del sistema educativo en el cual se desarrolla la práctica docente, también tienen influencias desde las transformaciones sociales, políticas y económicas, tanto a nivel local como nacional e internacional. Más aún, la ambigüedad con la cual se utiliza el lenguaje para referirse a las propiedades del mundo material y sus causalidades impacta de manera directa en las concepciones alternativas que las y los estudiantes, y en general, que la sociedad, tienen acerca del conocimiento científico (Guajardo y Quiroz, 2020).

El significado de una representación epistemológica respecto de la enseñanza y aprendizaje en el ámbito educativo de las ciencias, no equivale necesariamente a una visión profunda y contextualizada de la realidad (Fourez, 2008). Esto conlleva necesariamente a un posicionamiento en un paradigma determinado, el cual sirva como explicación de la manera en que se desarrolla el mundo (Kuhn, 2012). A su vez, las diferentes visiones son producto de una diversidad de situaciones y contextos en los cuales convive el profesorado, por lo que las representaciones epistemológicas son dinámicas y pueden variar dependiendo del ámbito de la enseñanza en la cual se sitúen (Guzmán, 2017).

En este sentido, es menester situar la exploración de las RE en concordancia con las diferentes dimensiones epistemológicas sobre aspectos relevantes para la formación profesional docente en el ámbito de las ciencias, las cuales han sido definidas en trabajos anteriores basados en las competencias científicas y argumentativas del profesorado en formación (Quintanilla et al., 2020; 2022). Estas competencias se relacionan con la interpretación del conocimiento científico disciplinar y su contextualización en atención a las emergencias educativas propias del desarrollo de la sociedad (Izquierdo, 2007).

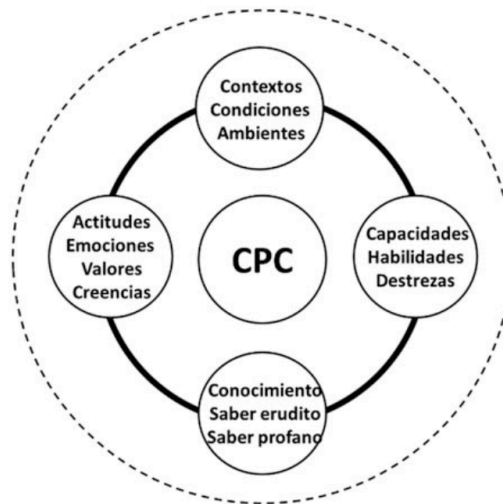
## 2.2. COMPETENCIAS DE PENSAMIENTO CIENTÍFICO

### 2.2.1. Dimensiones de una Competencia de Pensamiento Científico

Se puede entender una competencia de pensamiento científico, como aquella capacidad de responder eficazmente a exigencias personales y sociales, que se dan en un contexto determinado y que requiere de habilidades, actitudes, valores y responsabilidades para ser aplicada (Quintanilla y Adúriz, 2024).

**Figura 3**

*Dimensiones de una competencia de pensamiento científico*



*Nota: Extraído de Quintanilla y Adúriz, 2024, p. 12*

Las dimensiones definidas en la Figura 3, responden a los aspectos necesarios para poner en práctica el conocimiento científico, identificar situaciones científicas relevantes para la sociedad y la capacidad de comprender y encontrar soluciones en relación al mundo natural y sus impactos en el desarrollo de la sociedad (PISA, 2007):

- **Contexto:** Se relaciona con el reconocimiento de situaciones que ocurren en la realidad, correspondientes con el conocimiento científico y tecnológico.

- **Conocimientos:** Responde a la comprensión del mundo natural por medio del conocimiento científico, considerando tanto la naturaleza del mundo como el propio conocimiento acerca de la ciencia.
- **Actitudes:** Considera el interés por la ciencia, la importancia del respaldo de una investigación científica y la motivación a la responsabilidad con el ambiente y los recursos disponibles.
- **Capacidades:** Involucra las diferentes destrezas y habilidades referidas a la identificación de fenómenos de la ciencias, sus fundamentos y la evidencia científica que los respalda.

Así, las Competencias de Pensamiento Científico (en adelante, CPC) corresponden a la formulación y contrastación de hipótesis, la explicación y argumentación científica, el uso del pensamiento analógico, los métodos de inferencia y la narrativa (Quintanilla et al., 2020). Estas competencias guardan relación con la contextualización del conocimiento científico y su uso intencionado para dar respuestas a situaciones y contextos que emerjan tanto de las discusiones que se propongan en el aula, como aquellas que son inherentes al desarrollo humano, éstas últimas relacionadas directamente con Controversias Sociocientíficas, las cuales serán explicadas más adelante.

Para que estas competencias puedan ser desarrolladas durante la formación inicial docente es necesario que se le dé espacio a la comunicación teórica, así como a la interacción social de manera que exista una regulación de aprendizajes que fomente la reflexión (Izquierdo, 2007). En este sentido, el presente trabajo busca mediar acciones hacia el profesorado en formación de pedagogía en Química para desentrañar sus concepciones acerca de la enseñanza de las ciencias y sus representaciones epistemológicas, con el fin de desarrollar competencias de pensamiento científico que permitan la promoción de una enseñanza de la química desde una perspectiva ciudadana, esperando que esta ciencia deje de ser percibida como una disciplina poco útil y poco motivadora para las y los estudiantes del sistema escolar (Izquierdo, 2013).

## **2.4. CONTROVERSIAS SOCIOCIENTÍFICAS**

Las Controversias Sociocientíficas (en adelante CSC) son problemáticas que emergen en la intersección de la ciencia y la sociedad, caracterizadas por debates donde convergen aspectos científicos, éticos, sociales y políticos (Amyadani et al., 2022). Su análisis y discusión son fundamentales para comprender cómo los avances tecno-científicos influyen en el mundo contemporáneo y cómo la sociedad responde a los desafíos que estos plantean, aun cuando no exista consenso acerca de las decisiones que conlleven una solución definitiva (Zeidler y Nichols, 2009).

### **2.4.1. Antecedentes en torno a las CSC**

El concepto de Controversias Sociocientíficas surge a partir de la necesidad de abordar los conflictos generados por el impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad. Si bien el término adquiere formalidad en las décadas finales del siglo XX, sus raíces epistemológicas se encuentran en debates anteriores sobre la naturaleza de la ciencia y su relación con el cambio social (Solbes, 2019). Entre los primeros estudiosos que reflexionaron sobre el impacto de la ciencia en la sociedad se encuentra Robert K. Merton (1973), quien destacó el carácter normativo de la ciencia como institución social. Esta perspectiva inicial sentó las bases para el análisis de cómo la ciencia interactúa con valores y normas sociales. Estas ideas a su vez generaron revuelo al considerar que su abordaje tenía relación con la justificación de avances tecnológicos que podrían eventualmente causar efectos nocivos en la sociedad, como es el caso del auge de la producción energética en base a la energía nuclear, la intervención de los territorios para la actividad minera extractivista, entre otras (Díaz-Moreno y Jiménez-Liso, 2014; Suparman et al., 2022)

Desde perspectivas de pensamiento complejo, autores como Edgar Morin, han enfatizado la necesidad de comprender la ciencia no solo como un conjunto de conocimientos

técnicos, sino también como una actividad humana influida por factores culturales, éticos y políticos. El pensamiento complejo permite analizar las CSC considerando la interconexión entre diversos sistemas y factores, promoviendo una visión integradora que trasciende las disciplinas tradicionales (Morin, 1999).

Las CSC también están influenciadas por el giro epistemológico que replanteó el papel de la ciencia en la sociedad, especialmente tras eventos históricos como la crisis ambiental y las guerras del siglo XX, que cuestionaron el uso ético del conocimiento científico (Solbes, 2019). Este contexto llevó a la emergencia de enfoques interdisciplinarios que buscan integrar la comprensión científica con valores democráticos y participativos (Nowotny et al., 2001). Asimismo, Latour (1987), en su obra *Science in Action*, analiza cómo las controversias científicas se desarrollan en contextos sociales y políticos, subrayando su carácter intrínsecamente colectivo. Autores contemporáneos como Zeidler y Nichols (2009), han destacado la relevancia de integrar las CSC en contextos educativos, enfatizando su papel en la formación de ciudadanos críticos y comprometidos, con el fin de promover una visión de mundo compleja y enriquecedora.

Estudios recientes han ampliado el alcance de las CSC al vincularlas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Figura 4) declarados por la ONU en la XXI Conferencia sobre Cambio Climático de París (COP21, 2015), destacando su pertinencia en temas como el cambio climático, la justicia social y la bioética (Hadjichambis et al., 2020). Estos trabajos subrayan la necesidad de fomentar una educación científica que aborde la complejidad de las problemáticas globales desde una perspectiva integral y participativa.

**Figura 4**

*Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos por la ONU*



*Nota: Objetivos propuestos en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, firmado en la COP21 de París 2015 y ratificado por Chile en 2017 (COP21, 2015)*

#### **2.4.2. Fundamentos epistemológicos y pensamiento complejo**

Desde una perspectiva epistemológica, las CSC se sustentan en la concepción de la ciencia como un proceso dinámico, no exento de incertidumbres y disputas. Kuhn (1962; 2012) destaca que el conocimiento científico no es lineal, ni acumulativo, sino que se desarrolla mediante rupturas paradigmáticas que reflejan tensiones y debates. Las CSC ejemplifican este enfoque, ya que exponen cómo los conflictos sobre la interpretación y aplicación del conocimiento científico generan controversias.

El pensamiento complejo, por su parte, permite abordar las CSC desde una perspectiva holística que considera la interrelación entre los sistemas naturales, sociales y culturales. Morin (1999), propone que el conocimiento no debe fragmentarse, sino integrarse en un enfoque que reconozca las incertidumbres y ambigüedades inherentes a las problemáticas contemporáneas.

## 2.4.2. Implicancias de las CSC en la formación inicial docente en ciencias

La incorporación de las CSC en la formación inicial docente en ciencias, es esencial para preparar a la futura generación de docentes capaces de abordar temas complejos y relevantes en el aula, que a su vez sean desafiantes y enriquecedores para su proceso formativo. Esta integración permite:

- **Promover la alfabetización científica crítica:** Las CSC favorecen una comprensión democratizadora de la ciencia, donde la ciudadanía participa en debates informados sobre asuntos científicos. Esto es especialmente relevante en un mundo donde la desinformación científica puede tener graves consecuencias sociales y ambientales (Hodson, 2021; Levinson y Pérez, 2022).
- **Desarrollar habilidades argumentativas y críticas:** Enfrentar a las y los futuros docentes con dilemas sociocientíficos estimula su capacidad de analizar, evaluar y construir argumentos sólidos. Estas habilidades son esenciales para guiar a los estudiantes en la evaluación de evidencias y en la toma de decisiones fundamentadas (Sadler & Foulk, 2020; Nielsen, 2021).
- **Contextualizar el aprendizaje científico:** Situar la enseñanza en contextos reales y actuales hace que el aprendizaje sea más significativo para las y los estudiantes. Las CSC permiten conectar los contenidos científicos con problemas cotidianos y globales, favoreciendo una comprensión integrada de los fenómenos naturales y sociales (Aikenhead, 2018; Zeidler, 2021).
- **Fomentar la gestión de debates en el aula:** La formación en CSC capacita a las y los docentes para liderar discusiones respetuosas y críticas sobre temas controvertidos. Esto contribuye al desarrollo de una cultura de diálogo y participación activa en las y los

estudiantes, promoviendo su empoderamiento como ciudadanos críticos y responsables (Hadjichambis et al., 2020; Levinson y Pérez, 2022).

- **Alinear la enseñanza con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):** Las CSC permiten abordar temas vinculados a los ODS, como el cambio climático, la energía renovable y la justicia social, fomentando una educación para la sostenibilidad (UNESCO, 2020).

Todo lo anterior, se justifica considerando que al hacer una revisión al marco legal y de las Bases Curriculares del sistema educativo chileno en todas sus modalidades, es difícil encontrar directrices que establezcan de qué manera las clases de ciencias pueden hacerse cargo de la falta de innovación en la implementación de actividades que permitan abordar de manera contextualizada los contenidos científicos propuestos a nivel curricular (Aragón y Cabarcas, 2023). Vale decir que los cambios vertiginosos que ha experimentado la humanidad son en sí mismos, situaciones científicas que resultan ser interesantes de abordar tanto desde una mirada sociocientífica (Quintanilla et al., 2022) como de una practicidad comunicativa.

De esta manera, se hace necesario identificar qué controversias pueden contribuir al desarrollo de competencias de pensamiento científico, y que sean de interés tanto para el profesorado en formación, como para las y los estudiantes del sistema educativo, sobre todo cuando se ha reportado la existencia de una actitud negativa hacia las clases de ciencias por parte de las y los estudiantes, lo cual contribuye a la desmotivación, aburrimiento y falta de conexión con el conocimiento científico y su valor para comprender la realidad (Gollerizo-Fernández y Clemente-Gallardo, 2019; Zúñiga et al., 2020).

### **2.4.3. La Astrominería como Controversia Sociocientífica**

La crisis climática, impulsada por la emisión descontrolada de gases de efecto invernadero y el uso intensivo de combustibles fósiles, ha llevado a la humanidad a un punto de inflexión. Este desafío global no solo requiere soluciones inmediatas, sino también innovaciones que transformen el paradigma energético. En este contexto, la astrominería, entendida como la extracción de recursos minerales en el espacio, se presenta como una Controversia Sociocientífica de gran relevancia para el aprendizaje de las Ciencias Naturales, particularmente de la Química. Su estudio integra dimensiones científicas, éticas y sociales, permitiendo un abordaje crítico que conecta a los estudiantes con problemáticas contemporáneas y sus posibles soluciones.

El agotamiento de los combustibles fósiles y sus efectos adversos en el clima global han impulsado la búsqueda de fuentes de energía más sostenibles. Las energías renovables, como la solar, eólica e hidráulica, han surgido como alternativas prometedoras. Sin embargo, estas tecnologías requieren materiales críticos para su fabricación y operación, entre los cuales destacan elementos como el litio, el cobalto y el platino (Marinho y Reis, 2019). La extracción y procesamiento de estos minerales en la Tierra han generado problemas ambientales y sociales significativos, incluyendo la contaminación de suelos y aguas, y la vulneración de derechos de comunidades locales (Kubota, 2024). Un ejemplo emblemático es el litio, esencial para las baterías de almacenamiento de energía. Su extracción en salares de Sudamérica, particularmente en Chile, Bolivia y Argentina, plantea tensiones entre la demanda global y la sostenibilidad local. Este caso ofrece una oportunidad educativa para abordar temas de química inorgánica, como las propiedades de los compuestos de litio, su extracción y purificación, y su impacto en los ecosistemas.

Lo mismo ocurre en el caso del hidrógeno verde, el cual es producido mediante la electrólisis del agua utilizando electricidad proveniente de fuentes renovables y se perfila como un vector energético clave para la descarbonización del país. No obstante, la eficiencia de esta tecnología depende de electrolizadores que incorporan catalizadores basados en metales

preciosos, como el platino e iridio. Desde una perspectiva química, estos elementos poseen propiedades únicas, como alta actividad catalítica y resistencia a la corrosión, que los hacen indispensables para las reacciones de electrólisis (Ministerio de Energía, 2020).

La escasez de estos materiales y su concentración geológica limitada generan desafíos técnicos y económicos. Este aspecto permite explorar conceptos como la estructura electrónica de los elementos, su reactividad y las características de los procesos electroquímicos, conectando la química con problemas reales y fomentando el aprendizaje contextualizado (Quintanilla et al., 2022).

Frente a la creciente demanda de minerales estratégicos, la astrominería surge como una opción para acceder a recursos fuera de la Tierra. Asteroides y cuerpos celestes contienen grandes cantidades de metales preciosos y tierras raras, lo que podría aliviar la presión sobre los ecosistemas terrestres. Sin embargo, esta alternativa plantea interrogantes éticas, económicas y políticas. ¿Quién tiene derecho a explotar estos recursos? ¿Cómo se evitarán los impactos negativos en el espacio y en la Tierra? (Marinho y Reis, 2019; James et al., 2022)

Abordar la astrominería como una controversia sociocientífica en la enseñanza de las ciencias naturales, especialmente la química, ofrece múltiples beneficios. Este enfoque no solo permite desarrollar competencias científicas, como la formulación de preguntas, la argumentación basada en evidencia y la toma de decisiones informadas, sino también competencias transversales, como el pensamiento crítico y la conciencia ética.

La conexión entre la crisis climática, la transición energética y la astrominería ilustra cómo la química desempeña un papel central en los desafíos del siglo XXI. Al integrar estas temáticas en el Currículo, se prepara a las y los estudiantes para enfrentar un mundo en constante cambio, promoviendo una educación científica comprometida con el desarrollo sostenible y la equidad social.

## CAPITULO III:

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. ANTECEDENTES GENERALES

Este capítulo describe las diferentes acciones y propuestas metodológicas para la implementación de la investigación considerando tanto el diseño como la manera en que se realizará el análisis de la información recopilada. Además, da cuenta de las fases necesarias para dar cumplimiento a los objetivos establecidos.

Debido a la naturaleza del estudio, los métodos de investigación son de carácter mixto, considerando que se recogen tanto datos de tipo cuantitativos a través de dispositivos de respuestas cerradas, así como de preguntas abiertas de tipo cualitativo según los instrumentos que se utilizan, para recoger hallazgos que permitan un análisis más profundo e integrativo (Creswell, 2021).

Además, un enfoque mixto da la posibilidad de conjugar la información estadística con las narrativas y experiencias que los individuos puedan proveer durante el desarrollo del estudio, con el fin de identificar la manera en que ocurre el fenómeno más que relativizar numéricamente una situación, en relación a lo propuesto por Hernández y Mendoza (2018):

Los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación, e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (meta-inferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio (p. 612).

En línea con lo anterior, la problemática declarada en esta investigación aplicada atiende a un enfoque metodológico de tipo mixto, utilizando estrategias de integración de datos y

análisis de resultados analíticos meta-referenciales (Hernández y Mendoza, 2018; Ortega y Castellví, 2023). Su principal fundamento se posiciona desde las orientaciones metodológicas sustentadas por el marco propuesto por Creswell (2021) y comprenden las siguientes aclaraciones:

1. “Los métodos mixtos no consisten en la simple compilación de datos cuantitativos y cualitativos” (Ortega, 2023 en Creswell, 2021, p.198). En este sentido la investigación aplicada relaciona variables de medidas sobre las representaciones epistemológicas, de orden cuantitativo, y las dimensiones argumentativas utilizadas para describir una controversia sociocientífica, de orden cualitativo-cuantitativo, que son complementadas con los datos cualitativos de los diferentes argumentos desarrollados por los sujetos participantes del estudio.
2. “La investigación con métodos mixtos desarrolla distintos enfoques en sus diseños y procedimientos, basados en la integración de datos para la extracción de conclusiones o inferencias” (Ortega, 2023 en Creswell, 2021, p.199). En esta investigación se llevaron a cabo principalmente dos enfoques de análisis para conducir al cumplimiento del objetivo general planteado, a lo largo de cuatro instancias de recolección de datos propuestas para el aporte de resultados que permitan inferir y establecer relaciones entre las representaciones epistemológicas acerca de las competencias de pensamiento científico y su puesta en práctica en el desarrollo argumentativo acerca de una CSC.
3. “Los métodos mixtos no deben confundirse con la investigación con modelos mixtos, un enfoque cuantitativo en el que los investigadores/as realizan análisis estadísticos de efectos fijos y aleatorios en una base de datos” (Ortega, 2023 en Creswell, 2021, p.199). Esta idea permite sostener que los resultados de esta investigación no están centrados en un estricto proceso estadístico, sino que se

basa en un enfoque de integración moderado de variables estadísticas en conjunto a las respuestas obtenidas a través de preguntas abiertas, en los procesos implementados en las diferentes instancias de recolección de datos.

4. La implementación de una estrategia mixta no es la suma de datos cualitativos y cuantitativos. Existe una coherencia entre las intervenciones didácticas, los resultados obtenidos y las relaciones que se puedan establecer. Las hipótesis se pueden estimar a partir de la integración de los datos obtenidos y no de manera exclusivamente estadística (Ortega, 2023). Esta consideración es crucial para los dos focos de análisis que se desarrollarán en el transcurso de la investigación aplicada.
5. Al emplear un método mixto, los análisis de contenido no son datos que se recogen para cuantificar necesariamente, sino que pretenden ser coherentes a una perspectiva conjunta de las diferentes dimensiones de los datos recolectados (Ortega, 2023). En este sentido la investigación, estandariza los datos de las representaciones epistemológicas racionalistas y los relaciona con los análisis de los argumentos acerca del desarrollo de la astrominería como CSC, por parte de las y los participantes de la muestra, emergiendo incluso nuevas perspectivas de estudio para futuras investigaciones.

Por otra parte, es importante mencionar que el desarrollo metodológico de esta investigación fue co-construido en conjunto con un equipo de investigación compuesto por la directora de este trabajo y un par investigador, con quien se comparte la participación en el proyecto Fondecyt 1231325 que lleva por nombre “Identificación y caracterización de competencias argumentativas y explicativas en profesorado de química y biología en formación inicial. Su contribución al desarrollo profesional docente desde una perspectiva sociocientífica”, del cual, el codirector de este trabajo de investigación aplicada, es el investigador responsable.

Todas las decisiones de implementación se han llevado a cabo en conjunto, lo cual ha permitido nutrir desde diferentes perspectivas las acciones realizadas.

## **3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.2.1. Paradigma de la investigación**

La determinación de un paradigma pertinente para el proceso investigativo que se propone, debe estar relacionado con la naturaleza del sistema de hipótesis declarado, así como con los objetivos que se persiguen y las características de la población y muestra que son parte del estudio.

Al considerar que la investigación se desarrolla en el ámbito de un proceso formativo docente, pasa a relacionarse profundamente con la manera en que se aborda la realidad desde su epistemología y contexto, influyendo a su vez, en la perspectiva de interpretación de quienes llevan a cabo la investigación (Miranda y Ortiz, 2020). Lo anterior es crucial para comprender la manera en que surgen los resultados y la manera en que se establece una interpretación pertinente con el contexto desde el cual emergen.

Además, dado que explora un enfoque holístico que considera la interacción de múltiples categorías de complejidad y niveles de análisis, la investigación permite reconocer fenómenos sociales y naturales como sistemas interconectados entre diferentes ámbitos, los cuales surgen de manera dinámica y no lineal (Morin, 2007)

Teniendo en cuenta además, que las representaciones epistemológicas respecto de las competencias de pensamiento científico habitan en el contexto epistemológico de las ciencias naturales, será importante delimitar los márgenes de análisis de las circunstancias en las cuales se desarrollan, determinado por las variables metodológicas que guían este proceso, que corresponden al posicionamiento epistemológico racionalista positivista o moderado, así como a

las dimensiones de complejidad y niveles de realidad que se identifiquen, cuyo conjunto de resultados define las suposiciones investigativas respecto de los alcances que pretende abordar.

Con todo lo anteriormente expuesto, la presente investigación aplicada se posiciona desde una combinación de los paradigmas interpretativo, el cual se ha asumido como el resultado de una construcción social surgida de las subjetividades y experiencias de las y los participantes (Miranda y Ortiz, 2020) y el paradigma de la complejidad, el cual aborda la comprensión del mundo como un sistema integrado por múltiples dimensiones articuladas entre sí (Morin, 1999). Este posicionamiento es coherente con el uso de métodos cualitativos y mixtos, lo cual permitirá evaluar los resultados a partir de las respuestas de las y los participantes a las diferentes guías de actividades que se presentarán, a fin de establecer respuesta a la problemática planteada desde las perspectivas epistemológicas sus alcances ontológicos (Miranda y Ortiz, 2020).

En síntesis, la presente investigación aplicada se plantea bajo la existencia de una mixtura entre los paradigmas interpretativo y de complejidad, los cuales orientarán el desarrollo de las actividades y del análisis de los resultados que emerjan en el transcurso de ésta, según corresponda para el tipo de datos que se recoja en cada instancia dispuesta a lo largo de los talleres de intervención didáctica. De igual manera, los aspectos ontológicos referidos a los niveles de realidad o pluralismo en los cuales se puedan clasificar las dimensiones de complejidad que se exploren, serán de apoyo para establecer una dimensión adicional de análisis respecto de cómo las y los docentes en formación inicial en Química desarrollan la CPC de argumentación, en cuanto permitirán describir la manera en que sitúan el conocimiento científico en contexto con la realidad (Bunge, 2007).

### **3.2.2. Métodos de la investigación y sus características**

Considerando tanto los paradigmas desde los cuales se plantea la investigación, como el enfoque de estudio mixto declarado para este trabajo, los resultados y su posterior análisis

siguen la línea de investigación basados en la pregunta principal a la cual se busca dar respuesta: *¿Cuál es la relación entre las representaciones epistemológicas y la puesta en práctica de competencias de pensamiento científico por parte del profesorado en formación en Química, al participar de un taller de intervención didáctica centrado en una controversia sociocientífica?*

La pregunta planteada abre paso a un conjunto de hipótesis sobre la situación de estudio, de la manera en que sigue:

- Hipótesis nula  $H_0$ : No existe una relación entre las representaciones epistemológicas y la puesta en práctica de competencias de pensamiento científico por parte del profesorado en formación en Química, al participar de un taller de intervención didáctica centrado en una controversia sociocientífica.
- Hipótesis alternativa  $H_1$ : Existe una relación entre las representaciones epistemológicas y la puesta en práctica de competencias de pensamiento científico por parte del profesorado en formación en Química, al participar de un taller de intervención didáctica centrado en una controversia sociocientífica.

La pregunta de investigación, así como el conjunto de hipótesis dan paso a la formulación del objetivo general del estudio, el cual busca describir las etapas necesarias que respondan el “¿qué?”, “¿cómo?” y “¿para qué?” de la investigación (Quiroz, 2023). En este caso, el objetivo que se ha establecido es: “Evaluar la relación entre las representaciones epistemológicas y la puesta en práctica de competencias de pensamiento científico por parte del profesorado en formación en Química, al participar de un taller de intervención didáctica centrado en una controversia sociocientífica”.

Para responder al objetivo general, la investigación se ha propuesto en un proceso de cuatro fases las cuales apuntan al cumplimiento de los objetivos específicos indicados en la

sección de problematización. Cada fase es coherente con una pregunta guía y a los diferentes aspectos metodológicos que se irán describiendo a continuación:

- Fase 1: Se enfoca en base a la pregunta: ¿Cuáles son las representaciones epistemológicas de las y los docentes en formación inicial acerca de las competencias de pensamiento científico?

El desarrollo de la primera fase de la investigación se basa en el objetivo específico OE1: “Identificar las representaciones epistemológicas acerca de las competencias de pensamiento científico en docentes en formación inicial en Química”.

El procedimiento metodológico asociado a esta fase considera la aplicación de un instrumento tipo Cuestionario que ha sido diseñado y validado previamente en el marco del proyecto Fondecyt 1231325, ya mencionado anteriormente. Además, se considera la aplicación de documentos de consentimiento de participación tanto del proyecto como del propio estudio.

- Fase 2: Corresponde al diseño, elaboración y validación de los instrumentos que permitan la implementación de una intervención didáctica, implementada con un grupo de estudiantes en formación inicial docente en química de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.

Las acciones metodológicas que se llevan a cabo apuntan al cumplimiento del objetivo específico OE2: “Implementar una intervención didáctica basada en el análisis de Controversias Sociocientíficas de interés para el profesorado en formación en Química”.

En esta fase se contemplan tres acciones principales. La primera de ellas corresponde al diseño de dos dispositivos centrales para la investigación: la planificación de los dos talleres de la intervención didáctica y las guías de actividades que desarrollará el profesorado en formación en cada uno de los

talleres, los cuales han sido elaborados respecto de la revisión documental de la CSC escogida.

La segunda acción depende de la validación del diseño de los instrumentos mencionados, a través de un grupo de pares expertos que identifiquen su coherencia, pertinencia, claridad y suficiencia (Reyes y Hernández, 2021). Los resultados de esta validación darán paso a una prueba estadística de la confiabilidad de los instrumentos antes de ser aplicados durante la implementación de la intervención didáctica.

- Fase 3: Se enfoca en la implementación de la intervención didáctica a través de la presentación, discusión y análisis de la CSC propuesta en las sesiones de talleres en que se lleva a cabo.

Las acciones metodológicas que se lleven a cabo también conducirán al cumplimiento del objetivo específico OE2: “Implementar una intervención didáctica basada en el análisis de Controversias Sociocientíficas de interés para el profesorado en formación en Química”.

En esta fase se llevarán a cabo dos sesiones de taller teórico-práctico dirigidas al profesorado en formación en química, donde se discutirá una CSC de interés actual, guiada por investigadores externos especialistas en la temática propuesta, que corresponde a la Minería Espacial o Astrominería. Cada taller seguirá una estructura didáctica basada en el ciclo de aprendizaje constructivista que considera cuatro etapas: exploración, introducción de nuevos conceptos, sistematización y aplicación (Jorba y Sanmartí, 1996).

Los resultados que se obtengan a partir de las respuestas a las guías de actividades, así como su posterior análisis, conducirán a establecer relaciones que permitan dar cumplimiento al objetivo específico OE3: “Analizar el grado de complejidad de los argumentos desarrollados por el profesorado en formación

acerca de las temáticas abordadas en una intervención didáctica, así como el nivel de realidad al cual responden”.

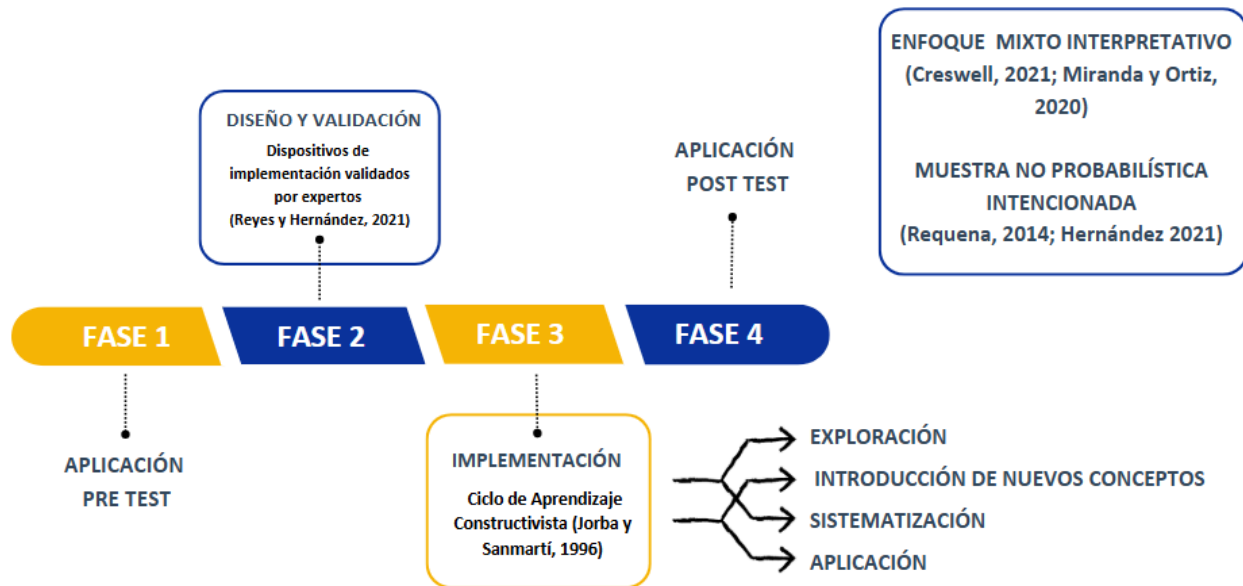
- Fase 4: Corresponde a la aplicación del cuestionario respondido en la fase 1, a modo de medición final luego de la implementación de la intervención didáctica. Las acciones metodológicas que involucra esta fase tienen directa relación con el OE1. Además, los resultados de esta fase junto con los de la anterior permiten aproximarse al cumplimiento del objetivo específico OE4: “Relacionar las representaciones epistemológicas acerca de las competencias de pensamiento científico, con las dimensiones de complejidad y niveles de realidad incluidas en los argumentos desarrollados en los instrumentos de análisis utilizados”.

La ejecución progresiva y sistemática de las acciones de las cuatro fases que contempla la ejecución de la investigación aplicada, permitirá obtener un conjunto de resultados estadísticos y cualitativos, que permitan dar cumplimiento a los objetivos propuestos en la búsqueda de respuestas a la pregunta de investigación establecida. En este sentido, es preponderante la compatibilidad de los paradigmas bajo los cuales se posiciona esta investigación, pues se complementan para interpretar las representaciones epistemológicas acerca de las competencias de pensamiento científico, así como las dimensiones de complejidad y pluralismo en las cuales se desarrollan dichas competencias a través de la argumentación.

A modo de síntesis, la Figura 5 ilustra el plan metodológico descrito, considerando cada una de las fases y acciones de la investigación.

**Figura 5**

*Plan metodológico de la investigación aplicada*



*Nota: Esquema ilustrativo de las fases de la investigación y sus acciones principales involucradas. Elaboración propia.*

### 3.2.3. Otros antecedentes

Cómo se ha mencionado anteriormente, la presente investigación está sujeta a una investigación mayor propuesta en el proyecto Fondecyt 1231325, el cual se ha nombrado en secciones anteriores. Los datos obtenidos aportarán al banco de respuestas de dicha investigación, mientras que para efectos del presente estudio se considera solamente la Dimensión 5 correspondiente a las Competencias de Pensamiento Científico (CPC).

También es importante mencionar que, durante el diseño y planificación de la investigación, se han presentado una serie de situaciones no consideradas en un comienzo, lo cual ha modificado tanto los planteamientos teóricos como la ruta de trabajo para la implementación del estudio. Uno de los factores críticos tiene que ver con la interrupción de las actividades lectivas de la universidad a la cual pertenece la muestra de estudio, lo cual retrasó

los procesos planteados desde un inicio y obligó a cambiar algunos aspectos metodológicos referentes al tipo y duración de los talleres de intervención didáctica.

### **3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA**

Determinar tanto la población como la muestra de una investigación aplicada en el ámbito educativo, permite establecer los focos de estudio que se tomarán en cuenta respecto de los paradigmas interpretativo y de complejidad, definidos anteriormente, considerando que los resultados que se obtengan surgen a partir de las características del grupo de estudio.

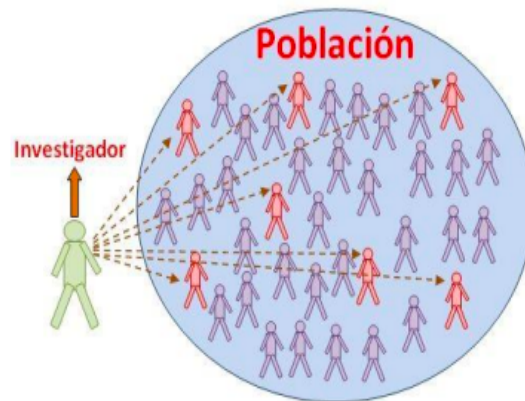
Mientras que la población corresponde al conjunto de todos los sujetos que están involucrados en el contexto de un fenómeno de estudio, la muestra representa a un subconjunto de la población, escogida a partir de criterios que respondan a la representatividad y/o la factibilidad de la investigación (Quiroz, 2023).

Para definir la muestra de esta investigación, se considera un enfoque no probabilístico el cual se ajusta al contexto y las posibilidades de implementación del proceso. Este enfoque que permitirá sistematizar los resultados de la investigación, se ajusta a criterios basados en el muestreo por conveniencia (Otzen y Manterola, 2017), donde las y los participantes que se seleccionan responden a las factibilidades de acceso al grupo y posibilidad de progresión de las actividades propuestas.

La Figura 6 representa la manera en que se ha llevado a cabo la selección, acorde a los criterios de muestreo no probabilístico indicados por Requena (2014).

**Figura 6**

*Muestreo sistemático no probabilístico*



*Nota. Esquema extraído de Requena (2014) en "Manual de temas nodales de la investigación cuantitativa: un abordaje didáctico" (p.97), adaptado por Mercado y Coronado (2021).*

De igual manera, la selección de muestra por conveniencia, al considerarse un método no probabilístico, permite una selección de las y los participantes ajustada a los criterios de factibilidad de implementación del proceso de intervención didáctica, como se ha mencionado anteriormente. Así, la Figura 7 ilustra la manera en que se relaciona la muestra respecto de la población y la presencia del equipo de investigación.

**Figura 7**

*Muestreo sistemático no probabilístico*



*Nota. Esquema extraído de Requena (2014) en "Manual de temas nodales de la investigación cuantitativa: un abordaje didáctico" (p.97), adaptado por Mercado y Coronado (2021).*

### 3.3.1. Población

La población de estudio de esta investigación se enmarca dentro de una Universidad chilena ubicada en la Región Metropolitana, de tradición pública, la cual se especializa en la formación profesional docente en toda la amplitud de especialidad pedagógicas que contempla el sistema educativo del país.

Entre ellas, destaca la especialidad de Pedagogía en Química, la cual será la población objetivo para el desarrollo de esta investigación. Durante el año 2024, la población de estudiantes de esta carrera alcanzó una matrícula de 80 estudiantes, los cuales, para ser considerados en el grupo poblacional, cumplen con los criterios de encontrarse en situación de alumno regular de la institución, manteniendo matrícula válida y vigente al momento de establecer la cifra total.

### 3.3.2. Muestra

A partir de lo anteriormente expuesto, considerando una población de  $n=80$  correspondiente a la totalidad de las y los estudiantes de pedagogía en Química de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, en la cual se desarrolla la investigación, la muestra corresponde las y los docentes en formación inicial de octavo semestre que cursan la clase de Proyecto Didáctico, considerando criterios de selección por conveniencias (Hernández, 2021), tales como:

- **Factibilidad:** La clase escogida se desarrolla semanalmente en un espacio y horarios establecidos, lo cual permite una oportunidad de coordinación con suficiente anticipación. Además, las temáticas de la clase se enmarcan en la exploración de paradigmas didácticos, como, por ejemplo, la discusión de Controversias Sociocientíficas de interés para el desarrollo de la Química en el ámbito educativo.

- **Estabilidad de la muestra:** Las y los profesores en formación de la clase han desarrollado un grado de apropiación respecto a aspectos teóricos, curriculares y didácticos a lo largo de casi cuatro años de proceso formativo. Esto implica que se espera una baja deserción de las actividades del curso, lo que permite considerar un número de participantes relativamente estable.
- **Control directo de la muestra:** La dirección de este trabajo de tesis es también la académica responsable del curso de Proyecto Didáctico, lo cual promueve mayores posibilidades de colaboración por parte de las y los participantes de la muestra.
- **Experiencias anteriores:** Una parte de la muestra de estudio ha participado en actividades realizadas en espacios no convencionales de aprendizaje coordinadas por el investigador principal y la directora de esta investigación, las cuales han promovido la participación activa y colaborativa, así como el entusiasmo y la motivación por explorar situaciones de aprendizaje adicionales al proceso formativo del programa de estudios al cual pertenecen.

Los criterios anteriormente expuestos, permiten establecer una muestra total de 12 sujetos de estudio ( $n=12$ ), que corresponden al 15% de la población. Esta cifra es relativamente significativa, si se considera que la matrícula para el programa de estudios de pedagogía en Química tiende a disminuir considerablemente al término del primer año de estudios.

### **3.4. VARIABLES**

La caracterización de las variables involucradas en el desarrollo de esta investigación aplicada tiene una importancia relevante a fin de obtener una interpretación de los resultados que considere tanto sus variaciones a lo largo del tiempo que dure el proceso de implementación (Medina, 2014), así como los constructos o descripciones hipotéticas que se

puedan inferir a través de la abstracción de su significado y la relación que existe entre ellas (Espinoza, 2018).

En este sentido, considerando la dependencia entre las variables que se definirán, es fundamental determinar la manera en que serán consideradas. Por consiguiente, las variables que se consideren independientes corresponderá a los factores que potencialmente irán modificando los resultados según los estímulos y acciones que se llevarán a cabo (Espinoza, 2018). Mientras que las variables dependientes se relacionan con las mediciones que se esperan realizar a partir de la influencia de las variables independientes.

Para el caso de esta investigación las variables independientes están constituidas tanto por el grado de acuerdo respecto de los enunciados referidos a las CPC, así como por el grado de apropiación en las dimensiones de realidad y complejidad, a través de los instrumentos de recolección de datos del Cuestionario y de los Dispositivos D2.1 y D2.2, respectivamente. En consecuencia, las variables dependientes son las respuestas obtenidas a partir de la implementación de dichos instrumentos a lo largo de la investigación. Ambos grupos de variables se resumen en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Variables definidas para la investigación aplicada*

<b>Variabes Independientes</b>	<b>Variabes dependientes</b>	<b>Instrumentos</b>
Enunciados respecto de las CPC	Posicionamiento epistemológico (RP y RM)	Cuestionario
Niveles de Realidad	Nivel de complejidad argumentativa	Dispositivo D2.1 “Geoquímica” y D2.2 “Astrtominería”
Categorías de Complejidad	Nivel de pluralismo argumentativo	

*Nota: Variables de estudio en relación a los instrumentos utilizados y los objetivos de la investigación*

### **3.5. INSTRUMENTOS Y FASES DE LA INVESTIGACIÓN**

Con el fin de representar de manera clara los instrumentos asociados a los procedimientos y acciones necesarias para llevar a cabo el estudio, se presentan cada uno de éstos en coherencia con la fase en la cual serán utilizados, con el fin de que la información recogida permita dar respuesta a los intereses, metas y objetivos declarados (Mousalli, 2017).

#### **3.5.1. Fase 1 - Aplicación Pre Test**

El cuestionario de identificación de representaciones, en adelante el Cuestionario, corresponde al instrumento principal de recolección de datos del Proyecto Fondecyt 1231325 “Identificación y caracterización de competencias argumentativas y explicativas en profesorado de química y biología en formación inicial. Su contribución al desarrollo profesional docente desde una perspectiva sociocientífica”, el cual ha sido validado y presentado en trabajos anteriores (Quintanilla et al., 2020, 2022, 2024).

El Cuestionario comprende cinco dimensiones epistemológicas sobre aspectos relevantes para la formación profesional, las cuales corresponden a: Enseñanza de las Ciencias, Aprendizaje de las Ciencias, Evaluación de Aprendizajes Científicos, Resolución de Problemas Científicos y Competencias de Pensamiento Científico. Cada dimensión está constituida por 10 enunciados, dónde cinco de ellos representan un posicionamiento racionalista positivista (RP) y los otros cinco un posicionamiento racionalista moderado (RM). La distribución de estos enunciados ha sido ordenada de manera aleatoria para cada una de las dimensiones de estudio, y numeradas correlativamente desde el 1 al 50. Para recoger el grado de valoración de las y los participantes a cada uno de los enunciados, el Cuestionario está diseñado en base a una escala de tipo Likert de 4 niveles, según la Tabla 2:

**Tabla 2**

*Escala de medición de valoraciones para el Cuestionario*

VALORACIONES	CLAVE	PUNTAJE	DESCRIPCIÓN DE LA VALORACIÓN
<b>Totalmente de Acuerdo</b>	TA	4	<i>Si <b>compartes</b> el contenido del enunciado tal y como está redactado</i>
<b>Parcialmente de Acuerdo</b>	PA	3	<i>Si <b>compartes</b> el contenido central del enunciado en algunos de sus aspectos</i>
<b>Parcialmente en Desacuerdo</b>	PD	2	<i>Si <b>no compartes</b> el contenido central del enunciado, aunque estés de acuerdo en alguno de sus aspectos</i>
<b>Totalmente en Desacuerdo</b>	TD	1	<i>Si <b>no compartes</b> el contenido central del enunciado en ninguno de sus aspectos</i>

*Nota: Descripción de valoraciones para guiar las respuestas del Cuestionario del proyecto Fondecyt 1231325.*

Además, el Cuestionario contempla una sección de respuesta abierta, en la cual cada participante debe describir algún aspecto que haya encontrado llamativo de 10 de los enunciados de entre la totalidad de estos.

Para efectos de esta investigación aplicada, se ha considerado la dimensión de Competencias de Pensamiento Científico junto a sus 10 enunciados correspondientes. Respecto de las respuestas abiertas, se han tomado en cuenta solo aquellas que hacen mención a los enunciados de esta dimensión.

También es importante mencionar que se decidió metodológicamente invertir el orden en el que aparecen las dimensiones en el Cuestionario, dejando en primer lugar los enunciados referidos a la Resolución de Problemas Científicos, seguidos de aquellos que corresponden a Competencias de Pensamiento Científico. La decisión tomada en conjunto por el equipo de diseño metodológico responde a que ambas dimensiones serán las analizadas en los trabajos de tesis, tanto de la profesional par, cómo del presente trabajo. Para que los datos sean coherentes con el total de los resultados que tributan al Proyecto Fondecyt en el cual se enmarca esta investigación, se ha respetado la numeración para facilitar la tabulación correspondiente.

Con todo lo anterior, la Figura 8 es un extracto del Cuestionario que muestra los enunciados de la Dimensión 5 de CPC. El instrumento completo se incluye en el Anexo 1.

**Figura 8**

*Enunciados del Cuestionario respecto de las Competencias de Pensamiento Científico*

D 5	Dimensión:	TA	PA	PD	TD
	Competencias de Pensamiento Científico	(4)	(3)	(2)	(1)
41	El profesorado en formación es competente en ciencias (química, biología, entre otras), cuando argumenta a partir de la búsqueda de explicaciones a los posibles resultados.				
42	Las mediciones SIMCE, PAES, PISA, TIMMS, reflejan competencias de pensamiento científico de manera válida y confiable.				
43	Las actividades que desarrollan competencias de pensamiento científico, se deben centrar en la entrega de datos, fórmulas y teorías.				
44	El profesorado en formación competente en ciencias (química, biología, entre otras), reconoce las limitaciones o ventajas de apoyarse en teorías para explicar un fenómeno.				
45	El profesorado en formación competente en ciencias (química, biología, entre otras), mejora sus conclusiones sólo a partir de sus observaciones sin necesidad de acudir a teorías.				
46	Una competencia de pensamiento científico es valorada por la sociedad, la comunidad científica y el propio sujeto que aprende.				
47	El desarrollo de habilidades y destrezas que se promueven en la universidad, contribuyen a las competencias de pensamiento científico para autorregular los aprendizajes.				
48	El profesorado en formación competente en ciencias integra conocimientos, actitudes y valores de la comunidad científica, en su proceso de aprendizaje (química, biología, entre otras).				
49	La promoción y el desarrollo de competencias de pensamiento científico, se logra sólo con objetivos e instrucciones claras y precisas.				
50	El profesorado con formación competente en ciencias (química, biología, entre otras), moviliza conocimientos y habilidades para manipular eficientemente instrumental científico.				

*Nota: Extracto del Cuestionario que muestra los enunciados para las CPC, con su numeración correspondiente*

En el caso de la sección de respuesta abierta, la Figura 9 corresponde a un extracto de la sección correspondiente, en la cual se debe incluir la selección de 10 enunciados del Cuestionario, argumentando o explicando el porqué de su elección.

**Figura 9**

*Enunciados del Cuestionario respecto de las Competencias de Pensamiento Científico*

Enunciados seleccionados (señalar el número del enunciado)	<b>Argumento o Explicación</b>

*Nota: Extracto del Cuestionario que muestra los enunciados para las CPC, con su numeración correspondiente*

Para la aplicación del cuestionario, se agenda una primera intervención en el curso de Didáctica de la Química, durante uno de los bloques de clase dentro de la programación del curso a cargo de la directora de este trabajo.

Al comienzo de la sesión, se presentan los propósitos investigativos al grupo de participantes que corresponden a la primera muestra de estudio (n=12).

Posteriormente, se hace entrega del Formulario de Consentimiento Informado correspondiente al proyecto Fondecyt 1231325 (Anexo 2), junto al Consentimiento Informado para Estudiantes Mayores de Edad perteneciente a la documentación oficial de la Dirección de Investigación de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación (Anexo 3). Ambos documentos responden a la necesidad de salvaguardar la integridad y privacidad de la información proporcionada por las y los participantes, así como de los beneficios formativos que involucran el desarrollo de la investigación (Candia, 2020).

Por último, se hace entrega del Cuestionario junto con indicaciones generales para su desarrollo. Una vez recibidos de regreso, se comparte la programación de los talleres de intervención didáctica, adelantando algunas ideas centrales que serán abordadas, principalmente, respecto de la Geoquímica de los Minerales necesarios para el desarrollo de tecnologías sustentables y de la Astrominería como proyecto global en desarrollo

### **3.5.1. Fase 2 - Diseño y validación de instrumentos**

Para la implementación de los talleres de intervención didáctica, se diseñan dos insumos clave para el cumplimiento de los objetivos perseguidos, los cuales han sido catalogados como Dispositivos.

El Dispositivo D1 corresponde a la planificación de los talleres de intervención didáctica, considerando los objetivos de aprendizaje de cada una de las dos sesiones propuestas, los indicadores de medición respectivos y las acciones principales que serán llevadas a cabo por parte de dos especialistas en las temáticas que serán abordadas. El diseño de las acciones a realizar está basado en las etapas del Ciclo de Aprendizaje Constructivista (Jorbas y Sanmartí, 1996), las cuales corresponden a:

- **Exploración:** Corresponde al momento en que se sitúa la problemática que se desarrollará, a través del reconocimiento de objetivos, desafíos y metas para el proceso, estableciendo un punto de partida y de condiciones generales para el proceso de aprendizaje.
- **Introducción de conocimientos nuevos:** En esta etapa se identifican nuevos puntos de vista, definiendo conceptos y estableciendo relaciones entre sí, con el fin de reinterpretar la realidad, desde lo concreto a lo abstracto, a través del

reconocimiento de diferencias entre el punto de vista personal, de otras personas y de la ciencia en general.

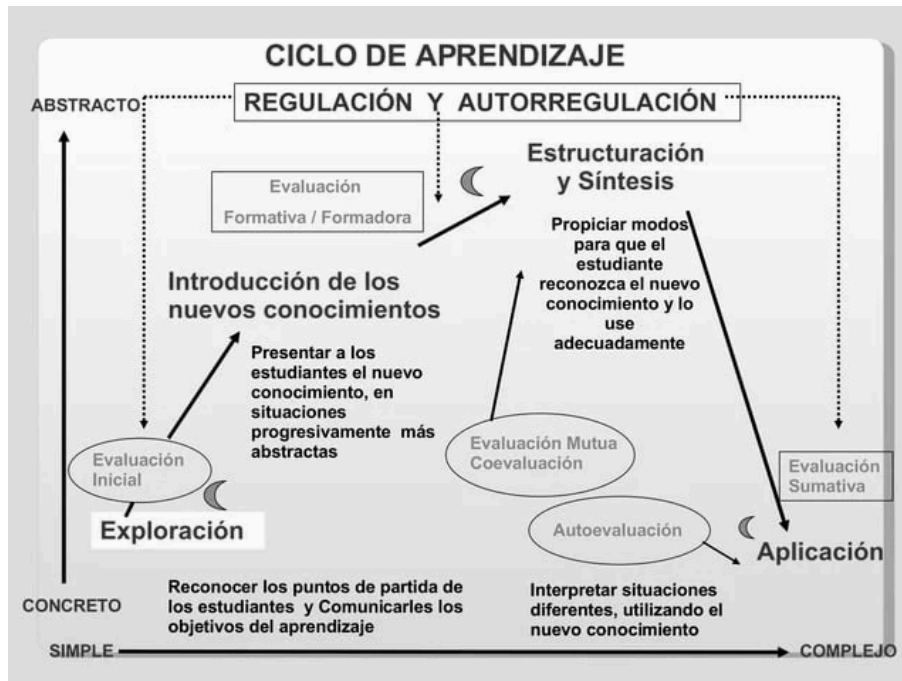
- **Estructuración y síntesis:** Es la etapa que posibilita la resolución a las problemáticas identificadas, dando lugar a la creatividad en la expresión de ideas acerca de lo aprendido. De esta manera, se promueve la comunicación de aproximaciones al conocimiento, así como la autocrítica.
- **Aplicación:** Es la etapa en que se plantean nuevas ideas acerca de la problemática, relacionando el aprendizaje con la realidad y los contextos en que se pongan en práctica, considerando los intereses particulares y colectivos. Además, es el momento en que se realiza un monitoreo de los niveles de progresión del aprendizaje a través de las mediciones utilizadas.

Las diferentes etapas del ciclo consideran una progresión del aprendizaje desde las descripciones simples y concretas de la realidad, desde las cuales se desarrollan situaciones que requieren un nivel de abstracción que permita comprender los alcances del nuevo conocimiento, con el fin de ponerlo en práctica a través de situaciones reales que requieran los nuevos aprendizajes explorados. Para que este ciclo promueva aprendizajes coherentes con la realidad en todos sus ámbitos, es indispensable desarrollar una actitud reguladora y autorreguladora, que permitan transitar hacia un aprendizaje profundo y contextualizado.

La Figura 10 ilustra las dimensiones que desarrolla el ciclo en relación a la progresión de las diferentes etapas que establece.

**Figura 10**

*Ciclo de Aprendizaje Constructivista*



*Nota: Progresión de las etapas del ciclo en relación a los niveles de abstracción y complejidad que propone desarrollar. Extraído de Jorbas y SanMartí, 1996*

La planificación de los talleres incluye además, las dimensiones de representaciones epistemológicas desde las cuales serán elaboradas las preguntas que se contemplan en cada uno de los Dispositivos que serán aplicados, según como se explica más adelante en esta sección. El Dispositivo completo se puede revisar en el Anexo 4.

En el caso del primer taller correspondiente a la Geoquímica de los Minerales, los aspectos de la planificación según los propósitos del estudio, así como los ajustes metodológicos y didácticos específicos de la sesión, fueron presentados y discutidos al experto invitado, quien se especialización en el estudio de la Química y se desempeña como académico de la Facultad de Química de la Universidad de Santiago de Chile.

La planificación completa y ajustada según las indicaciones del experto se puede apreciar en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Planificación primer taller de intervención didáctica*

<b>Taller de Controversias Sociocientíficas - Sesión 1</b> <b>“Geoquímica de los minerales”</b>	
Objetivo de la sesión	Relacionar las propiedades geoquímicas de ciertos minerales utilizados en el contexto del desarrollo de tecnologías sustentables, con las consecuencias de su explotación a gran escala, identificando argumentos sociocientíficos a partir del desarrollo del taller.
Objetivos específicos	<p><b>S1-OE1:</b> Identificar propiedades geoquímicas de los minerales claves en el desarrollo de tecnologías sustentables, incluyendo su composición, distribución geográfica y aplicaciones.</p> <p><b>S1-OE2:</b> Analizar el impacto ambiental, social y económico de la explotación a gran escala de minerales como el litio, platino, oro y plata, considerando factores como la degradación del suelo en el análisis crítico de la situación.</p>
Aprendizajes esperados	<p><b>S1-AE1:</b> Identifican minerales de importancia en el desarrollo de tecnologías sustentables, como el litio, platino, oro y plata, y describen sus propiedades geoquímicas básicas.</p> <p><b>S1-AE2:</b> Relacionan las propiedades geoquímicas, la distribución y uso de los minerales con un impacto a nivel global (ambiental, social y económico) usando argumentos científicos.</p> <p><b>S1-AE3:</b> Reflexionan sobre los conceptos de Astrominería, sostenibilidad e impacto sociocientífico.</p>
Destinatarios	Profesores de química en formación (Curso Proyecto Didáctico, 8vo semestre)
Temporalidad	150 minutos

<p>Etapas de implementación y actividades</p> <p><i>(Según Ciclo de Aprendizaje Constructivista)</i></p>	<p>Etapa 1: Exploración</p>	<p>Acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentar la temática a tratar, reconociendo los principales desafíos a considerar y estableciendo un punto de partida para el desarrollo de los dos talleres de CSC.</li> <li>- Definir las condiciones bajo las cuales se llevarán a cabo los talleres, incluyendo normas de convivencia y condiciones para el correcto desarrollo de las sesiones.</li> </ul> <p>Actividad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentación general de los talleres por parte de mediadores del taller.</li> <li>- Discusión guiada por experto en el área de Química de los Materiales</li> </ul>
	<p>Etapa 2: Introducción de conocimientos nuevos</p>	<p>Acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar nuevos puntos de vista y las definiciones conceptuales que los sustentan.</li> <li>- Levantar ideas que permitan reinterpretar la realidad en contexto con la temática.</li> <li>- Reconocer diferencias entre los puntos de vista, sus argumentos y la fundamentación teórica que los avalan.</li> </ul> <p>Actividad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Discusión guiada por experto en el área de Química de los Materiales</li> <li>- Plenario de reflexiones en torno a la temática presentada.</li> </ul>
	<p>Etapa 3: Sistematización</p>	<p>Acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dar espacio a la creatividad a través de la expresión de ideas acerca de lo aprendido.</li> <li>- Promover la comunicación de aproximaciones al conocimiento explorado en la sesión desde una mirada crítica y autocrítica.</li> </ul> <p>Actividad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Completar Guía de Actividades (D2.1)</li> <li>- Plenario de reflexiones finales y cierre de la sesión</li> </ul>

Evaluación	Instrumento	Guía de Actividades (D2.1: Geoquímica de los minerales)
	Dimensión del perfil epistemológico	Pregunta 1: CPC
		Pregunta 2: RP / CPC
		Pregunta 3: RP
		Pregunta 4: RP

Nota: Planificación del taller de “Geoquímica de los minerales”. Se incluyen las dimensiones del perfil epistemológico en base a las cuales fueron diseñadas las preguntas de la guía de actividades.

Para el caso del segundo taller correspondiente a Astrominería, se realizó el mismo proceso, esta vez, junto a experto invitado de la segunda sesión, quien, en su rol como Doctor en Astrofísica, se desempeña como Académico y Director de la Carrera de Pedagogía en Física de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, además de liderar la divulgación astronómica a través del Observatorio UMCE.

La planificación de este segundo taller, con todas las consideraciones propias de las aportaciones del experto invitado, puede apreciarse en la Tabla 4.

**Tabla 4**

*Planificación segundo taller de intervención didáctica*

<b>Taller de Controversias Sociocientíficas - Sesión 2 “Astrominería”</b>	
Objetivo de la sesión	Debatir los posibles impactos geoquímicos de la saturación de minerales en la superficie terrestre como consecuencia de la astrominería, identificando posibles problemáticas y proponiendo soluciones argumentadas científicamente a partir de la discusión guiada por un experto.
Objetivos específicos	<b>S2-OE1:</b> Describir los posibles impactos ambientales que la saturación de minerales provenientes de la astrominería podría tener sobre los ecosistemas terrestres.

	<b>S2-OE2:</b> Proponer soluciones a las problemáticas detectadas relacionadas con la saturación de minerales en la Tierra por la astrominería, fundamentando con análisis sociocientífico y desde la discusión crítica del taller.	
Aprendizajes esperados	<p><b>S2-AE1:</b> Explican los efectos potenciales de la saturación de minerales en la superficie terrestre debido a la astrominería, identificando de manera crítica las problemáticas ambientales, sociales y económicas que podrían surgir con la introducción de minerales extraterrestres en la Tierra.</p> <p><b>S2-AE2:</b> Proponen soluciones fundamentadas para resolver las problemáticas surgidas de los impactos de la astrominería, integrando argumentos sociocientíficos y considerando diversas perspectivas éticas, ambientales y sociales.</p>	
Destinatarios	Profesores de química en formación (Curso Proyecto Didáctico, 8vo semestre)	
Temporalidad	150 minutos	
Etapas de implementación y actividades <i>(Según Ciclo de Aprendizaje Constructivista)</i>	Etapa 2: Introducción de conocimientos nuevos	<p>Acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar nuevos puntos de vista y las definiciones conceptuales que los sustentan.</li> <li>- Levantar ideas que permitan reinterpretar la realidad en contexto con la temática.</li> <li>- Reconocer diferencias entre los puntos de vista, sus argumentos y la fundamentación teórica que los avalan.</li> </ul> <p>Actividad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Discusión guiada por experto en el área de Astrofísica</li> </ul>

Etapas de implementación y actividades <i>(Según Ciclo de Aprendizaje Constructivista)</i>	Etapa 3: Sistematización	<p>Acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dar espacio a la creatividad a través de la expresión de ideas acerca de lo aprendido.</li> <li>- Promover la comunicación de aproximaciones al conocimiento explorado en la sesión desde una mirada crítica y autocrítica.</li> <li>- Identificar posibles problemáticas que surjan a partir de la temática discutida.</li> </ul> <p>Actividad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plenario de reflexiones en torno a la temática presentada</li> </ul>
	Etapa 4: Aplicación	<p>Acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dar espacio para plantear posibles soluciones a partir de las problemáticas identificadas.</li> <li>- Relacionar los conocimientos explorados con la realidad en contexto con la temática.</li> <li>- Buscar aplicaciones de los nuevos conceptos según los intereses y motivaciones particulares.</li> <li>- Monitorear la progresión del aprendizaje en las sesiones a través de la evaluación de los dispositivos.</li> </ul> <p>Actividad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Completar Guía de Actividades (D2.2)</li> <li>- Plenario de reflexiones finales y cierre de la sesión</li> </ul>
Evaluación	Instrumento	Guía de Actividades (D2.2: Astrominería)
	Dimensión del perfil epistemológico	Pregunta 1: No aplica
		Pregunta 2: RP / CPC
		Pregunta 3: RP / CPC
		Pregunta 4: RP / CPC
		Pregunta 5: CPC
		Pregunta 6: RP / CPC
		Pregunta 7: RP / CPC

Para la recolección de la información emergente de cada uno de los talleres, se diseñan dos Guías de Actividades las cuales se aplican en el transcurso de cada sesión. El Dispositivo D2.1 corresponde al instrumento que será aplicado en el primer taller y se presenta en la en la Figura 11. Mientras que el Dispositivo D2.2 corresponde al instrumento que se aplicará en el segundo taller, el cual puede apreciarse en las Figuras 12. Ambos documentos en formato ampliado pueden ser revisados en los Anexos 5 y 6, respectivamente.

**Figura 11**

*Dispositivo D2.1 - Guía de actividades del taller de “Geoquímica de los minerales”*

Taller de Controversias Sociocientíficas - Sesión 1

## Geoquímica de los minerales

Nombre: \_\_\_\_\_

<b>Objetivo de la sesión</b>	Relacionar las propiedades geoquímicas de ciertos minerales utilizados en el contexto del desarrollo de tecnologías sustentables, con las consecuencias de su explotación a gran escala, identificando argumentos sociocientíficos a partir del desarrollo del taller.
<b>Descripción de la actividad</b>	En esta primera sesión te invitamos a responder las siguientes preguntas según los temas tratados con el experto invitado. <b>Tendrás un tiempo de 60 minutos</b> para responder abiertamente a las preguntas planteadas.

Las controversias, problemas o cuestiones sociocientíficas (CSC), conocidas en inglés como *socioscientific issues* (SSI), son problemáticas complejas y controvertidas que no tienen respuestas definitivas y requieren un enfoque interdisciplinario para su resolución. Además, implican juicios morales, éticos, políticos y económicos, y están profundamente enraizadas en el entorno social<sup>1,2</sup>. Las CSC exigen el uso del pensamiento crítico y científico para explorar múltiples perspectivas y encontrar soluciones que consideren tanto el contexto local como global<sup>3</sup>.

Estas controversias pueden evolucionar de problemas locales a crisis de mayor escala como la situación medioambiental. Las CSC surgen a partir de los avances tecnológicos, que son el resultado directo de los desarrollos científicos, influyendo profundamente en la sociedad y provocando diversas percepciones, opiniones y debates sobre temas controvertidos que abordan cuestiones complejas con impactos tanto científicos como sociales<sup>4</sup>.

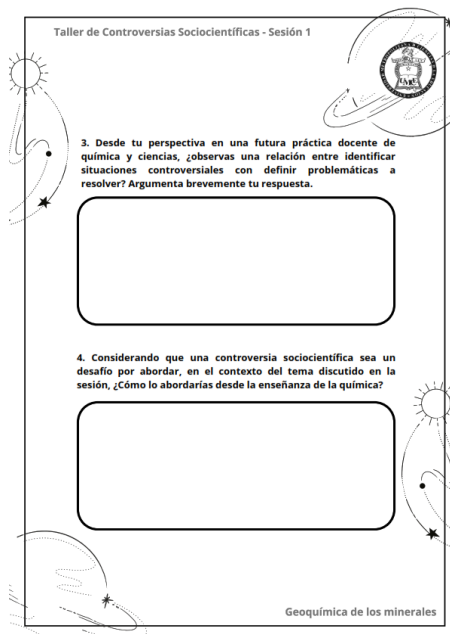
1. Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513-536.  
 2. Zientler, D. L., y Nichols, B. H. (2009). Socioscientific issues: Theory and practice. *Journal of Elementary Science Education*, 21(2), 49-58.  
 3. Suparman, A. R., Rohaeti, E., y Wening, S. (2022). Development of Attitude Assessment Instruments Towards Socio-Scientific Issues in Chemistry Learning. *European Journal of Educational Research*, 11(4), 1947-1958.  
 4. Cayci, B. (2020). A study on the effectiveness of a teaching based on socio-scientific issues in the training of pre-service teachers. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 15(2), 229-231.

1. A partir del taller sobre la geoquímica de los minerales, ¿Qué ideas centrales destacarías de lo expuesto? Argumenta brevemente tu elección.

2. El tema expuesto se relaciona con situaciones que a la humanidad le interesa resolver. En este sentido, ¿qué aspecto científico podría considerarse como una controversia? ¿Cuáles serían sus implicancias, alcances e impactos?

Geoquímica de los minerales

(a) (b)

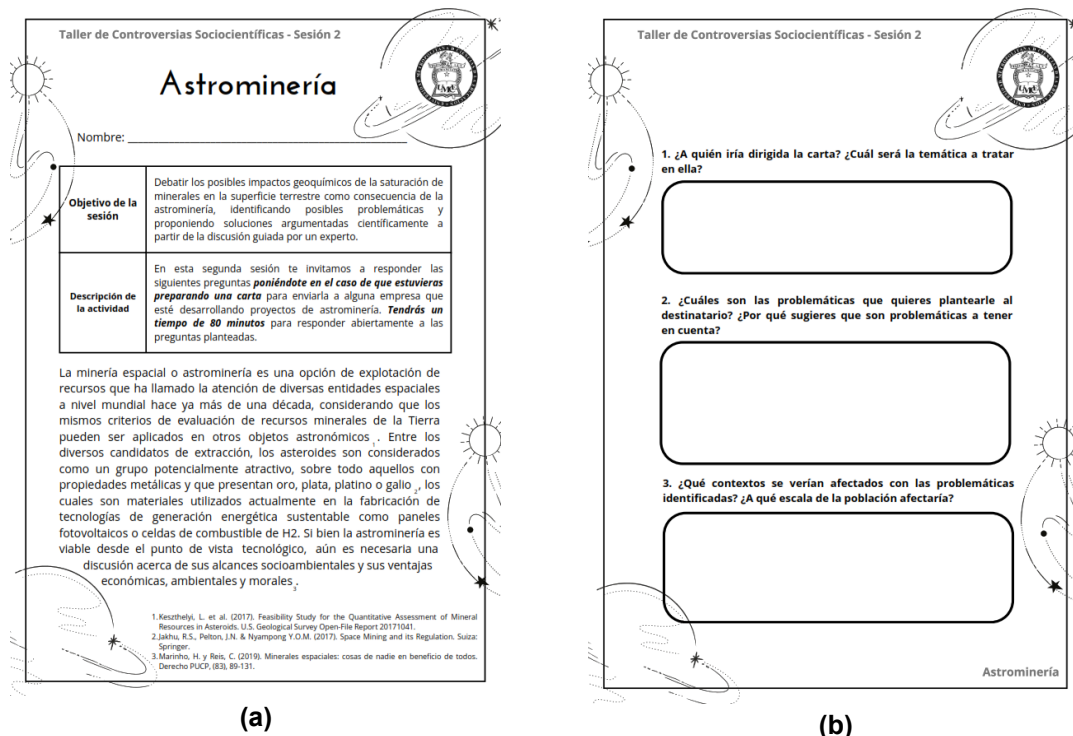


(c)

Nota: las imágenes a, b y c corresponden a las páginas de la Guía de Actividades, en orden correlativo.

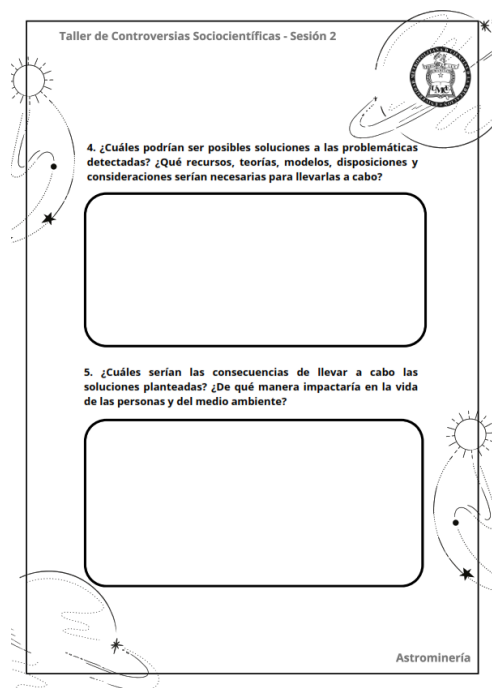
Figura 12

Dispositivo D2.2 - Guía de actividades del taller de "Astrominería"

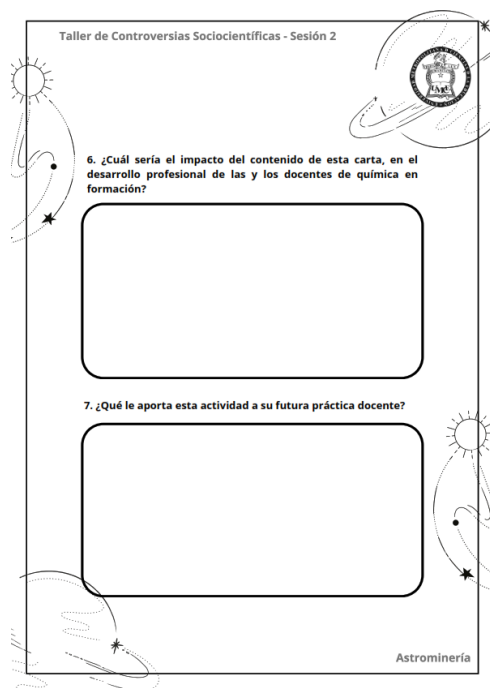


(a)

(b)



(c)



(d)

*Nota: las imágenes a, b, c y d corresponden a las páginas de la Guía de actividades, en orden correlativo.*

Los tres Dispositivos descritos anteriormente serán sometidos a un proceso de validación realizadas por tres expertos en las áreas de la Didáctica, la Química y la Astronomía, de acuerdo a los criterios propuestos por Reyes y Hernández (2021), los cuales corresponden a:

- **Suficiencia** : Este criterio evalúa si el planteamiento o desarrollo del taller de Controversias Sociocientíficas tiene elementos y/ argumentos para cumplir con los objetivos y la planificación propuesta.
- **Claridad** : Este criterio evalúa si se comprende el uso de las palabras empleadas en el instrumento, tanto desde la redacción, sintaxis como semántica.
- **Coherencia** : Este criterio evalúa el grado de relaciones lógicas entre lo que plantea el instrumento, con el objeto que se espera abordar.

- **Importancia** : Este criterio mide que lo presentado en el instrumento es relevante para entender el objeto de estudio.

Las Figuras 13 y 14 son extractos del instrumento de validación proporcionado a los expertos, mientras que el instrumento completo puede ser revisado en el Anexo 7.

**Figura 13**

*Ejemplo de evaluación de criterio de validación por parte de pares expertos*

Criterio 4: Importancia						
Este criterio mide que lo presentado en el instrumento es relevante para entender el objeto de estudio.	Diseño		Contenido		Estructura	
	1		1		1	
	2		2		2	
	3		3		3	
	4		4		4	
<b>Observaciones</b>						

El instrumento refiere Diseño, a todos los elementos gráficos y simbólicos de apoyo que contiene el instrumento a evaluar.
El instrumento refiere Contenido, a todos los elementos del desarrollo conceptual y de texto explícito que contiene el instrumento a evaluar.
El instrumento refiere Estructura, a todos los elementos contenidos en modo secuencial que contiene el instrumento a evaluar.

*Nota: Extracto del instrumento de validación, el cual muestra uno de los criterios y su escala de puntuación, según las orientaciones que expone el recuadro.*

**Figura 14**

*Cuadro de identificación de expertos validadores*

Validación para el diseño de instrumento: "Taller de Controversias Sociocientíficas"

Identificación	
En esta sección, desarrolle de acuerdo a su criterio, su área de especificidad y/o datos según lo que se indica:	
Nombre (Si lo estima)	
Grado	
Área de desarrollo o especialidad	
Líneas de Investigación	
Autorización para usar sus respuestas en el proceso de investigación:	
Si autorizo <input type="checkbox"/>	No autorizo <input type="checkbox"/>
Muchas gracias por su apoyo en este proceso, su tiempo es muy valioso y su validación es vital para las adecuaciones del instrumento de esta investigación.	

*Nota: Extracto del instrumento de validación, el cual contempla la identificación de los expertos que llevaron a cabo el proceso.*

Una vez validados los instrumentos y realizados los ajustes que se propongan por los validadores, se lleva a cabo la siguiente fase de implementación.

### **3.5.1. Fase 3 - Implementación de la intervención didáctica**

Como se ha mencionado anteriormente, la fase de implementación contempla la realización de dos talleres de intervención didáctica, los cuales han sido programados según las factibilidades de coordinación entre la docente a cargo del curso y el experto invitado, junto con la pertinencia del tema con el desarrollo de los tópicos formativos propios de la asignatura. Además, Las y los participantes han sido comunicados oportunamente de las fechas de implementación de los talleres, con el fin de lograr la mayor participación posible.

El rol del equipo de investigación se ha basado en mediar los diferentes momentos de la intervención, permitiendo que el experto invitado guíe gran parte de la sesión a través de una discusión centrada en la importancia de reconocer los diferentes impactos que involucran la

actividad de extracción minera respecto de minerales clave en el desarrollo de tecnologías sustentables, con foco en minerales como el Litio, el Platino y el Silicio, como sustento principal en la confección de baterías eficientes, paneles fotovoltaicos y electrolizadores de Hidrógeno, entre otras (Rivera y Caroca, 2014).

Durante el transcurso del taller, se hará entrega del Dispositivo D2.1, correspondiente a la temática tratada y en el cual deberán desarrollar argumentos respecto de los alcances de la Geoquímica de los minerales dentro de un CSC. Las respuestas recogidas permitirán realizar los análisis correspondientes que se detallan en la siguiente sección.

Para el caso del segundo taller se llevará a cabo un procedimiento similar, con el fin de mantener las condiciones de ambos talleres sin variaciones respecto a los espacios, los tiempos y los diferentes momentos que contempla la sesión. Durante el desarrollo del taller se hace entrega del Dispositivo D2.2, el cual corresponde a la temática de la Astrominería. La premisa del Dispositivo es realizar un ejercicio mental en el cual las y los participantes se dispongan en el caso hipotético dónde tengan la oportunidad de presentar sus inquietudes a propósito de proyectos relacionados a la Astrominería y sus posibles impactos globales, a quienes lideran dichos proyectos alrededor del mundo. Los diferentes argumentos recogidos permitirán llevar a cabo un análisis que conduzca al cumplimiento de los objetivos de la investigación y que se detallan en la siguiente sección.

Como beneficio a su participación (Candia, 2020), ambos talleres contemplan una actividad inmersiva como complemento de la discusión llevada a cabo. En el caso del primer taller, las y los participantes serán parte de una actividad experimental de identificación de minerales respecto de su análisis espectrofotométrico. En particular, explorarán las relaciones entre los diferentes colores emitidos por diferentes minerales al encontrarse en un proceso de ignición<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> La actividad experimental no ha sido incluida en la planificación, puesto que corresponde a una actividad propuesta por el experto invitado posterior a la validación del Dispositivo D1. Tanto los materiales como los insumos necesarios para la actividad han sido proporcionados por el experto.

Para el segundo taller, se ha dispuesto una visita a las instalaciones del Observatorio UMCE<sup>2</sup>, dónde podrán realizar observaciones espectrofotométricas, así como manipular diferentes instrumentos de observación astronómica.

### **3.5.1. Fase 4 - Aplicación Post Test**

Siguiendo los procedimientos y consideraciones establecidas en el apartado de aplicación del PreTest, el Cuestionario de cierre se entrega a las y los participantes con el fin de recoger sus representaciones epistemológicas al concluir el proceso de intervención.

Para su desarrollo, se dispone de un segundo bloque de clases, el mismo día y a continuación de la implementación del segundo taller de intervención, previa coordinación con la profesora a cargo del curso y el grupo de participantes.

Una vez recibidos los Cuestionarios respondidos, se da por finalizado el proceso de intervención didáctica, dando paso a la tabulación de la información recogida, así como su análisis acorde a los criterios que se describen en la siguiente sección.

## **3.6. PLAN DE ANÁLISIS DE LOS DATOS**

### **3.6.1. PreTest y posTest**

A partir de los resultados obtenidos en el desarrollo del Cuestionario, se lleva a cabo una tabulación de la información, ingresando los valores asignados según el grado de acuerdo con cada uno de los 10 enunciados correspondientes a la dimensión de Competencias de Pensamiento Científico. Posteriormente, se asigna un valor porcentual a cada respuesta con el fin de contar con una escala de comparación del grado de aceptación y/o posicionamiento respecto del Racionalismo Moderado o Positivista, según se aprecia en la tabla 5.

---

<sup>2</sup> La actividad en el observatorio no está incluida en la planificación debido a que corresponde a una iniciativa presentada y gestionada por el experto invitado, posterior a la validación del Dispositivo D1.

**Tabla 5***Valoración y codificación porcentual de respuestas en Cuestionario*

Valoración	Clave	Valor asignado	Porcentaje equivalente
Totalmente de acuerdo	TA	4	100%
Parcialmente de acuerdo	PA	3	75%
Parcialmente en desacuerdo	PD	2	25%
Totalmente en desacuerdo	TD	1	0%

*Nota: Porcentajes equivalentes respecto de la aceptación y/o posicionamiento con los enunciados respectivos.*

Si bien no se ha declarado de manera explícita en los estudios precedentes respecto de las representaciones epistemológicas sobre las CPC, la escala tipo Likert utilizada por las mediciones del proyecto Fondecyt-ANID 1231325 no ha incluido un nivel intermedio (Quintanilla et al., 2020), a modo de instar a las y los participantes a posicionarse en alguno de los dos Racionalismos en estudio, RP y RM. Por esta razón, la conversión a porcentajes de equivalencia tampoco incluye un valor intermedio (50%).

Se realizarán análisis de tipo estadístico descriptivo, considerando los promedios de porcentajes de posicionamiento y medidas de dispersión, las cuales serán presentadas en gráficos de columnas apiladas. Además, se llevará a cabo un proceso de sistematización cualitativo, con el fin de integrar tanto los resultados numéricos con las respuestas abiertas contestadas por las y los participantes (Hernández y Mendoza, 2018).

La plataforma de procesamiento de datos escogida fueron las Hojas de Cálculo de Google, pues se ajustan a criterios de facilidad en el acceso compartido de la información, con el fin de optimizar el trabajo colaborativo de tabulación y sistematización de los datos del grupo de investigación.

### 3.6.2. Guías de Actividades - Dispositivos D2.1 y D2.2

A partir de los Dispositivos que serán aplicados en el transcurso de los talleres de intervención didáctica, se seleccionan aquellas preguntas que fueron diseñadas en relación a las dimensiones de la CPC de argumentación (según lo indicado en el Dispositivo 1). Para el caso del taller de Geoquímica, se trabajará con las respuestas a las Preguntas 1 y 2. Mientras que en el taller de Astrominería se enfocará el análisis en las respuestas a las Preguntas 2, 3, 4 y 5. La clasificación y desglose de la información recabada, se basa en el paradigma investigativo de la complejidad, a través del cual se podrá identificar la diversidad de ámbitos en los cuales se sitúan los argumentos proporcionados, así como los niveles de la realidad con los cuales exista correspondencia (Bunge, 2007; Otzen y Manterola, 2017).

En cuanto a los niveles de realidad, Bunge establece un contraste entre el pluralismo ontológico con las visiones reduccionistas que intentan explicar todos los fenómenos en términos de un único nivel, como el de la naturaleza química. Para Bunge, esto no solo es epistemológicamente erróneo, sino que también es insuficiente para comprender fenómenos complejos (Bunge, 2003). Por lo tanto, el pluralismo permite abordar la complejidad de la realidad sin caer en explicaciones simplistas o reduccionistas de los fenómenos Sociocientíficos.

Mientras que respecto de las categorías disciplinares, Morin indica que existe una estrecha conexión en la complejidad de la realidad en relación con los desafíos de la sociedad actual. Desde esta perspectiva, la complejidad y el pensamiento complejo ofrecen el marco para desarrollar una ética de comprensión, que no solo replantee el conocimiento, sino también las interacciones, la cultura y la política (Morín, 2001), entre otras dimensiones que sean importantes para las situaciones que se deseen abordar.

Considerando ambas dimensiones, y a partir de la revisión de trabajos referidos a las temáticas que se abordan en este trabajo, la Tabla 6 reúne las categorías establecidas en base a la dimensión de complejidad, con sus respectivos niveles de pluralismo con las cuales se relacionan.

**Tabla 6**

*Dimensiones de pluralismo y complejidad para la categorización de respuestas a Dispositivos D2.1 y D2.2*

	NIVEL	CATEGORÍAS DISCIPLINARES		
	NATURAL	FÍSICA	QUÍMICA	BIOLOGÍA
	INDIVIDUAL	PSICOLOGÍA	MORAL	EMOCIONAL
	SOCIAL	ECONOMÍA	POLÍTICA	MEDIOAMBIENTAL
	NORMATIVO - VALÓRICO	ÉTICA	LEGAL	CULTURAL

*Nota: Niveles de realidad y sus categorías de complejidad asociadas, las cuales han sido determinadas a partir del paradigma de la complejidad (2001) y los niveles Ontológicos a los cuales corresponden (Bunge, 2007)*

Para establecer una sistematización de la categorización de las respuestas, se tomará como base el paradigma interpretativo aplicado en investigaciones descriptivas acerca de los niveles ontológicos en los cuales se define un fenómeno (Quiroz, 2020), a través de un análisis de contenido de los argumentos que serán proporcionados por la muestra en el desarrollo de las actividades propuestas en los talleres de intervención didáctica.

El proceso se llevará a cabo en base a las orientaciones de un especialista en estudios Ontológicos, con el cual se ha trabajado la optimización del proceso de categorización a través de la plataforma ChatGPT 4.0<sup>3</sup>, la cual permite generar de manera consistente inferencias a partir de resultados conocidos y de los datos de entrenamiento que se han establecido (Lehr et al., 2024). Para tales efectos, se ha utilizado el Prompt principal que aparece en la Figura 15.

<sup>3</sup> Las herramientas de análisis cualitativo, así como las mejoras de entrenamiento de la plataforma se obtienen con una membresía a la compañía desarrolladora OpenAI. La membresía fue activada durante los meses de octubre y noviembre, con fines investigativos y de optimización del proceso de categorización de resultados.

## Figura 15

*Prompt utilizado para el testeo de respuestas prediseñadas y para el análisis de los resultados de D2.1 y D2.2.*

*Las siguientes respuestas fueron obtenidas al realizar una pregunta acerca de los posibles impactos de la astrominería para la humanidad.*

*0. La astrominería puede ser peligrosa para las personas, porque afectaría en su salud.*

*1. Los efectos de la astrominería se verán reflejados principalmente en aspectos económicos y políticos, lo cual a su vez podría generar un cambio en la cultura de las personas que habitan los territorios que se verían afectados.*

*2. Las propiedades químicas de los terrenos que alberguen los minerales traídos del espacio podrían afectar en la economía local del territorio, afectando la salud mental si no está normado respecto de una legislación que proteja a los individuos.*

*3. La astrominería podría promover el desarrollo de tecnologías que permitan extraer minerales desde cuerpos celestes cercanos a la tierra, así como propiciar un modelo económico que revitalice ciertos territorios. Si se considera un marco legal que proteja la salud física y mental de las personas, entonces sería una buena alternativa para contribuir en el desarrollo de la humanidad.*

*Para clasificar las respuestas, necesito que se consideren las categorías: Física, Química, Biología, Psicológica, Moral, Económica, Política, Cultural, Ética, Legal y Ambiental, donde dichas categorías están agrupadas en niveles de realidad según:*

*Nivel Natural (Física, Química, Biología)*

*Nivel Personal (Psicológico, Moral, Emocional)*

*Nivel Social (Económico, Político, Ambiental)*

*Nivel Normativo (Ética, Legal, Cultural)*

*Necesito una clasificación de los conceptos utilizados en las respuestas, dentro de las categorías anteriores, entregando el análisis en una tabla.*

*Nota: Instrucción ingresada en Chat GPT 4.0 para obtener la categorización de los datos obtenidos. En la figura se incluyen las respuestas pre-diseñadas durante la última prueba realizada, antes del análisis de los resultados.*

Para el entrenamiento de la IA, se utilizará un testeo de categorización basado en respuestas pre-diseñadas que permitan evidenciar niveles de pluralismo y complejidad controlados, a modo de ajustar la manera en que la plataforma clasifica las respuestas. Se llevará a cabo un proceso iterativo que permita confiar en el criterio de clasificación.

Para que la clasificación entregada sea confiable, se realizará el proceso reiterativamente con el mismo conjunto de respuestas, mezclando las pre-diseñadas con un conjunto de respuestas de los Dispositivos escogidas al azar, hasta que el sistema arroje la misma respuesta en al menos tres ocasiones consecutivas, a lo largo de dos semanas.

Las categorías identificadas en sus respectivos niveles permitirán obtener su frecuencia de aparición, las cuales serán presentados en gráficas de tipo radar, con la intención de observar la tendencia de la incorporación de éstas en el grupo de respuestas por cada pregunta seleccionada e interpretar la complejidad y pluralismo en los argumentos desarrollados por las y los participantes de la muestra.

#### **3.6.4. Análisis de relaciones entre resultados**

Una vez que se tenga el total de clasificaciones de respuestas, se realizará un análisis interpretativo-complejo, relacionando la amplitud de tendencias respecto de las categorías de complejidad y niveles de realidad identificados, con la tendencia de las representaciones epistemológicas acerca de las competencias científicas.

El método de comparación entre ambos focos de análisis se basa en evaluar las similitudes o diferencias que puedan ser halladas entre lo que las y los participantes interpreta como una competencia de pensamiento científico (representaciones epistemológicas) y la manera en que ponen en práctica la CPC de argumentación en el análisis de las dimensiones que abarca una Controversia Sociocientífica (niveles de realidad y complejidad).

#### **3.6.5. Codificación de las respuestas**

Considerando que a lo largo de este trabajo se aplicaron tres instrumentos en cuatro instancias de recolección de datos, correspondientes al Cuestionario (Pre y PosTest), además de los dos dispositivos de evaluación de los talleres de intervención (D2.1 y D2.2), se ha decidido utilizar un código de referencia para las respuestas entregadas por las y los participantes (Ortega, 2023), considerando que esta acción permite:

- Rastrear el conjunto de respuestas entregadas por cada participante en los diferentes instrumentos utilizados.

- Hacer referencia específica a respuestas particulares, en cualquier sección del documento.
- Hacer referencia a enunciados, descriptores o indicadores específicos contenidos en los instrumentos utilizados.

La tabla 7 contiene la codificación utilizada, así como su descripción y un ejemplo de uso. Este recurso se utilizará frecuentemente en el siguiente capítulo para analizar los resultados obtenidos.

**Tabla 7**

*Codificación de respuestas y descriptores según instrumentos de evaluación*

Código de seguimiento	Ejemplo	Referencia
E "número"	E8	Número de enunciado correspondiente a dimensión de CPC del Cuestionario
E + "número1" + RS + "número2" - PreT	E8RS5-PreT	Respuesta abierta del PreTest acerca del enunciado indicado, por parte del sujeto al cual se hace referencia
E + "número1" + RS + "número2" - PosT	E8RS2-PosT	Respuesta abierta del PosTest acerca del enunciado indicado, por parte del sujeto al cual se hace referencia
D2. "número" + "pregunta"."sujeto"	D2.1 2.3	Respuesta al dispositivo señalado, respecto de la pregunta numerada por parte del sujeto que se indica

*Nota: Códigos de seguimiento para una lectura intuitiva de los resultados obtenidos en la investigación aplicada. Elaboración propia.*

## CAPITULO IV:

### RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Aun cuando la muestra inicial de este trabajo consistía en 12 estudiantes de pedagogía en Química, se consideran los resultados de solo 8 participantes, los cuales completaron todos los instrumentos estipulados para la investigación incluyendo los consentimientos informados correspondientes. La información obtenida en cada una de las 4 instancias de aplicación de instrumentos se detalla a continuación.

#### 4.1. RESULTADOS DE CUESTIONARIO - PRETEST

Las Tablas 8 y 9 representan el porcentaje de aceptación y/o posicionamiento del grupo respecto al racionalismo moderado o positivista en cada uno de los enunciados de la Dimensión de Competencias de Pensamiento Científico.

**Tabla 8**

*Nivel de aceptación y/o posicionamiento de RP y RM por enunciado*

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
<b>S1</b>	75	75	100	100	0	100	75	100	75	75
<b>S2</b>	75	25	25	100	25	75	75	100	25	100
<b>S3</b>	75	25	25	100	25	100	25	100	75	100
<b>S4</b>	75	75	25	100	25	100	75	100	75	100
<b>S5</b>	100	25	25	100	25	75	75	100	0	75
<b>S6</b>	75	0	25	75	0	100	75	100	75	100
<b>S7</b>	75	25	25	75	0	75	75	100	75	75
<b>S8</b>		25	25	75	25	100	75	100	25	75

*Nota: porcentaje de aceptación de enunciados según respuestas de cada sujeto. La ponderación porcentual equivale al grado de acuerdo respecto de cada sentencia del Cuestionario, según en plan de análisis declarado.*

**Tabla 9**

*Consolidado del Nivel de aceptación y/o posicionamiento de RP y RM por enunciado*

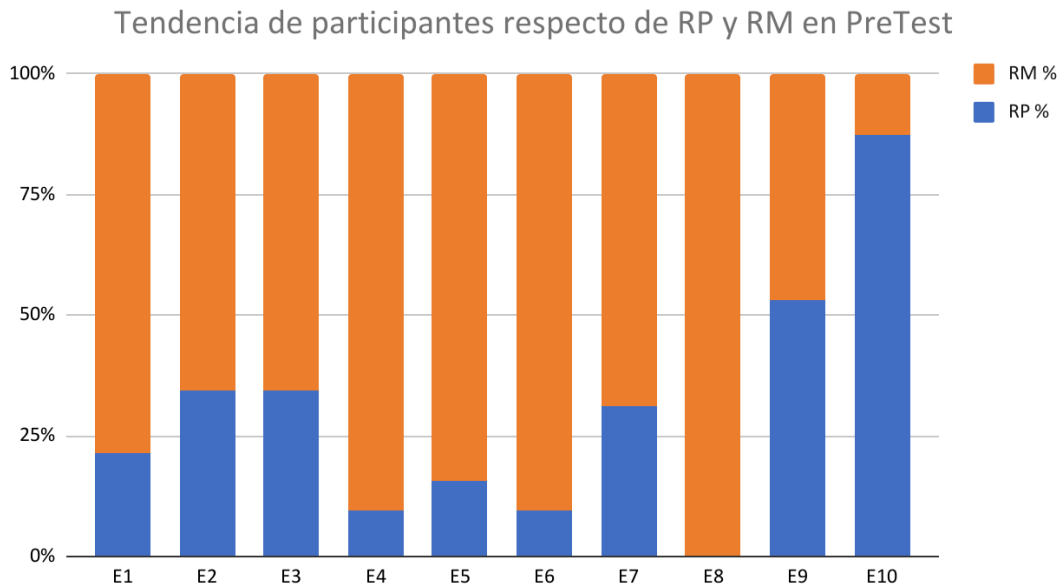
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
RP %	21.4	34.4	34.4	9.4	15.6	9.4	31.3	0.0	53.1	87.5
RM %	78.6	65.6	65.6	90.6	84.4	90.6	68.8	100.0	46.9	12.5

*Nota: Porcentajes obtenidos según nivel de acuerdo o desacuerdo por cada uno de los enunciados de la Dimensiones de Competencias de Pensamiento Científico. Elaboración propia.*

Con el fin de establecer una relación ilustrativa acerca de la tendencia de aceptación y/o posicionamiento del grupo, los resultados han sido sistematizados en el Gráfico 1.

**Gráfico 1**

*Resultados según tendencia y/o posicionamiento hacia el RP o RM en PreTest*



*Nota: Tendencia de respuestas según enunciados de la dimensión de Competencias de Pensamiento Científico del cuestionario aplicado. Elaboración propia.*

En primera instancia, los datos podrían sugerir que existe una tendencia mayoritaria de respuestas que apuntan hacia una visión racionalista moderada respecto del desarrollo de competencias de pensamiento científico relacionadas con que “el profesorado en formación

*competente en ciencias (química, biología, entre otras), reconoce las limitaciones o ventajas de apoyarse en teorías para explicar un fenómeno” (E4), así como con que “una competencia de pensamiento científico es valorada por la sociedad, la comunidad científica y el propio sujeto que aprende” (E6). Además, destaca el posicionamiento de la totalidad del grupo respecto a que “el profesorado en formación competente en ciencias integra conocimientos, actitudes y valores de la comunidad científica, en su proceso de aprendizaje (química, biología, entre otras)” (E8).*

Respecto a que *“la promoción y el desarrollo de competencias de pensamiento científico, se logra sólo con objetivos e instrucciones claras y precisas” (E9)*, es interesante notar que prácticamente ambas representaciones racionalistas se contraponen con igual número de personas que se identifican con las precisiones procedimentales como necesarias para el desarrollo de una CPC, mientras que las otras se inclinan a que este enunciado se relaciona con una mirada positivista de la actividad científica. Esta dualidad entre dos miradas epistemológicas que son contrarias por naturaleza, se puede interpretar en una percepción ingenua de la manera en que se desarrolla una CPC.

Por otra parte, una segunda instancia de interpretación de los resultados obtenidos deja en evidencia que existe una mixtura entre ambas posturas racionalistas, donde se refleja una visión contrapuesta respecto de la manera en que se desarrollan las CPC por parte de las y los docentes en formación inicial en ciencias, y particularmente en el área de Química. Estos resultados coinciden con investigaciones previas (Quintanilla et al., 2020; Quintanilla et al., 2022), y corresponden a uno de los focos de análisis del presente trabajo debido al interés que se reviste en comprender el posicionamiento epistemológico de las y los estudiantes de pedagogía que en un par de años serán parte del sistema escolar.

En relación a una postura más positivista acerca de los enunciados, llama la atención el alto porcentaje de tendencia a propósito de que *“el profesorado con formación competente en ciencias (química, biología, entre otras), moviliza conocimientos y habilidades para manipular eficientemente instrumental científico” (E10)*. Este resultado se puede deber en parte a lo

indicado de manera explícita en las respuestas abiertas del cuestionario, en donde se expresa preocupación debido a que “[...] *no todos los profesores en formación cuentan con que en su casa de estudios posean los recursos para enseñar a manipular cualquier tipo de instrumento de laboratorio*” (E10RS2-PreT), puesto que además consideran que el uso instrumental “*es fundamental en química*” (E10RS6-PreT). Es decir, existe un posicionamiento acerca de la importancia del uso instrumental en ciencias, pero desde una visión reduccionista de lo que representa una CPC como una habilidad específica y de utilidad instrumental específica para llevar a cabo tareas puntuales (Quintanilla et al., 2022). En definitiva, las tendencias iniciales obtenidas de la aplicación del cuestionario permiten identificar una contraposición de visiones epistemológicas, relevando en algunos casos el uso de CPC para actividades sistemáticas, y en otras, posicionándolas como parte del desarrollo contextualizado y continuo de éstas.

Para evaluar la coherencia entre las tendencias respecto del RP y RM en relación al desarrollo de una CPC, los talleres de intervención didáctica se han diseñado de manera que promuevan la actividad argumentativa acerca de un tema de interés, como lo es la Geoquímica de los minerales en relación a discusiones controversiales en torno al desarrollo de la Astrominería.

Tal como se ha hecho mención anteriormente, el proceso de argumentación cumple con las características de una Competencia de Pensamiento Científico, en cuanto puede englobar tanto dimensiones de conocimiento científico, habilidades y actitudes científicas, así como ponderaciones de carácter valórico, ético y social (Quintanilla y Adúriz-Bravo, 2024).

De esta manera, para dar cumplimiento a la totalidad de los objetivos específicos declarados en relación a la evaluación argumentativa de las y los participantes, los dispositivos diseñados para esta investigación aplicada han sido sometidos a una validación por parte de especialistas afines con las temáticas abordadas en los talleres de intervención, antes de su aplicación como instrumentos de medición coherentes para evaluar los niveles de realidad y categorías de complejidad presentes en cada respuesta obtenida.

## 4.2. RESULTADOS DE VALIDACIÓN DISPOSITIVOS 1 Y 2

Para comprobar la validez de los instrumentos utilizados durante el desarrollo de los dos talleres de Intervención didáctica, se ha solicitado la colaboración de tres especialistas quienes evaluaron la planificación de los talleres (D1) y las guías de actividades (D2.1 y D2.2) según los criterios establecidos anteriormente. Sus respuestas permitieron obtener el coeficiente de confiabilidad o alfa de Cronbach que se aprecia en la Tabla 10.

**Tabla 10**

*Cálculo de alfa de Cronbach para validar dispositivos de medición*

ITEMS													
VALIDADOR/A	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	SUMA
ESPECIALISTA 1	4	3	4	3	3	4	4	3	4	4	4	3	<b>43</b>
ESPECIALISTA 2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	<b>48</b>
ESPECIALISTA 3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	<b>47</b>
<b>COEFICIENTE DE CONFIABILIDAD</b>	<b>0,816</b>												

*Nota: Coeficiente de confiabilidad obtenido con el software MS Excel, a través de fórmulas estadísticas introducidas y revisadas por el equipo de investigación*

A partir de los comentarios y sugerencias aportados sobre los dispositivos por parte del equipo especialista, se realizaron los ajustes correspondientes para luego someterse a una segunda validación por el equipo de especialistas. La Tabla 11 contiene la información de la segunda validación, mientras que la Tabla 12 corresponde al promedio de ambos coeficientes obtenidos, el cual se utilizará como coeficiente de confiabilidad promedio (Rodríguez y Reguant, 2020), para los efectos de esta investigación:

**Tabla 11***Cálculo de alfa de Cronbach en segunda validación*

ITEMS													
VALIDADOR/A	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	SUMA
ESPECIALISTA 1	4	4	4	3	3	4	4	3	4	4	4	4	45
ESPECIALISTA 2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	48
ESPECIALISTA 3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	48
<b>COEFICIENTE DE CONFIABILIDAD</b>	<b>0,714</b>												

*Nota: Coeficiente de confiabilidad obtenido en la segunda validación, luego de aplicadas las correcciones sugeridas.*

**Tabla 12***Obtención de valor promedio de alfa de Cronbach*

	VALIDACIÓN 1	VALIDACIÓN 2	PROMEDIO
<b>COEFICIENTE DE CONFIABILIDAD</b>	0,816	0,714	<b>0,765</b>

*Nota: Valor obtenido por el promedio aritmético entre ambos valores obtenidos en las validaciones.*

De este modo se considera que los dispositivos diseñados cumplen con la categoría de Muy Confiables según la escala de validación del coeficiente de confiabilidad (Rodríguez y Reguant, 2020).

### **4.3. RESULTADOS DE DISPOSITIVO 2 - GUÍAS DE ACTIVIDADES**

Tal y como se especifica en el capítulo anterior, las respuestas recogidas en cada una de las guías de trabajo desarrolladas por el grupo en los talleres de intervención han sido clasificadas según las categorías y niveles definidos para las dimensiones de complejidad y pluralismo, respectivamente, a modo de evaluar el contenido del argumento planteado para cada pregunta.

Para cada respuesta de ambas guías de actividades, se ha desglosado el argumento para clasificar cada una de sus partes en las categorías y niveles correspondientes. La totalidad de las respuestas se encuentran en el Anexo 6 (Respuestas a Dispositivo D2.1) y el Anexo 7 (Respuesta a Dispositivo D2.2).

#### **4.3.1. Dispositivo 2.1 “Geoquímica de los minerales”**

En el caso de las respuestas correspondientes a la guía de actividades del primer taller de intervención didáctica, se consideraron las preguntas que apuntan hacia la dimensión de CPC, según lo explicitado anteriormente. Así, la Tabla 13 considera el desglose de las respuestas a la Pregunta 1 del dispositivo D2.1, mientras que la Tabla 14 incorpora la categorización de las respuestas de la Pregunta 2. El análisis de la frecuencia de categorías, niveles y su significado será abordado en la Sección 4.6 de este capítulo.

**Tabla 13**

*Desglose y clasificación de respuestas de estudiantes a la Pregunta 1 del Dispositivo D2.1*

<b>Código de respuesta</b>	<b>Concepto identificado</b>	<b>Categoría (Dim. Complejidad)</b>	<b>Nivel (Dim. Pluralismo)</b>
<b>D2.1 1.2</b>	Impacto medioambiental	AMBIENTAL	SOCIAL
	Uso indiscriminado de recursos naturales	AMBIENTAL	SOCIAL
	Sacrificar la salud de las personas	BIOLOGÍA	NATURAL
	Crecimiento económico en beneficio de unos pocos	ECONÓMICA	SOCIAL
	A largo plazo, los costos ambientales pueden superar cualquier ganancia financiera	AMBIENTAL ECONÓMICA	SOCIAL
<b>D2.1 1.5</b>	Discusión de CSC (Controversias Socio-Científicas) para fomentar la reflexión	CULTURAL	NORMATIVO
	Cuestionamiento: “¿vale la pena el desarrollo tecnológico y económico frente a la destrucción ambiental?”	ÉTICA	NORMATIVO
	Encontrar 78% de litio en Chile (potencial recurso)	QUÍMICA	NATURAL
	Historial minero en Chile	ECONÓMICA	SOCIAL
<b>D2.1 1.6</b>	Impacto climático	AMBIENTAL	SOCIAL
	Proceso de purificación del cobre	QUÍMICA	NATURAL
	Uso de imágenes ilustrativas (presentación impactante)	CULTURAL	NORMATIVO
<b>D2.1 1.7</b>	Ganancia económica	ECONÓMICA	SOCIAL
	Costo de la vida de los/las trabajadores	BIOLOGÍA	NATURAL
<b>D2.1 1.8</b>	Importancia de los recursos en Chile	ECONÓMICA	SOCIAL
	Desconocimiento sobre recursos y elementos químicos	QUÍMICA	NATURAL
	Mención específica del litio	QUÍMICA	NATURAL
<b>D2.1 1.9</b>	Elegir el espacio para trabajar la minería	POLÍTICA	SOCIAL
	Poner en balanza la fauna, la flora o la sociedad frente a las ganancias	AMBIENTAL ECONÓMICA	SOCIAL SOCIAL
<b>D2.1 1.10</b>	Las acciones humanas tienen consecuencias en distintos ámbitos, importancia de informar a la sociedad	CULTURAL	NORMATIVO
	Deseo de profundizar el conocimiento en la comunidad estudiantil	CULTURAL	NORMATIVO
	Fomentar el gusto por la ciencia (la ciencia está en todo)	CULTURAL	NORMATIVO

*Nota: Clasificación de respuestas a partir del enunciado “A partir del taller sobre la geoquímica de los minerales, ¿qué ideas centrales destacarías de lo expuesto? Argumenta brevemente tu elección”.*

**Tabla 14**

*Desglose y clasificación de respuestas de estudiantes a la Pregunta 2 del Dispositivo D2.1*

<b>Código de respuesta</b>	<b>Concepto identificado</b>	<b>Categoría (Dim. Complejidad)</b>	<b>Nivel (Dim. Pluralismo)</b>
<b>D2.1 2.2</b>	Uso de tecnologías para la explotación ambiental	FÍSICA	NATURAL
	Inversión y costo de mantención (alto costo)	ECONÓMICA	SOCIAL
	Gran impacto en la huella ambiental	AMBIENTAL	SOCIAL
	Falta de políticas y regulaciones para proteger recursos y salud	POLÍTICA	SOCIAL
		LEGAL	NORMATIVO
	Alcances económicos y generación de empleo	ECONÓMICA	SOCIAL
	Impactos: medioambiental y salud	AMBIENTAL	SOCIAL
BIOLOGÍA		NATURAL	
<b>D2.1 2.5</b>	Controversia: nueva minera para la extracción de litio (Li)	QUÍMICA	NATURAL
	Beneficios económicos y avances tecnológicos	ECONÓMICA	SOCIAL
		FÍSICA	NATURAL
	Fauna que habita en el salar (flamenco chileno, etc.)	BIOLOGÍA	NATURAL
<b>D2.1 2.6</b>	Modificación genética (animal y vegetal)	BIOLOGÍA	NATURAL
	Implicaciones éticas y sociales	ÉTICA	NORMATIVO
<b>D2.1 2.7</b>	Contaminación del agua en la minería	AMBIENTAL	SOCIAL
	Afecta fauna y flora, y localidades cercanas	BIOLOGÍA	NATURAL
<b>D2.1 2.8</b>	Impacto en la sociedad	POLÍTICA	SOCIAL
	Impacto en los ecosistemas (flora y fauna)	AMBIENTAL	SOCIAL
		BIOLOGÍA	NATURAL
<b>D2.1 2.9</b>	Peligro para la flora, fauna y la salud de la sociedad	BIOLOGÍA	NATURAL
<b>D2.1 2.10</b>	Creación de una mina para extraer litio	QUÍMICA	NATURAL
	Destrucción del salar (ecosistema)	AMBIENTAL	SOCIAL
	Pérdida de turismo, afectando la economía local	ECONÓMICA	SOCIAL
	Falta de preparación para manejar los desechos (Chile no está preparado)	POLÍTICA	SOCIAL

*Nota: Clasificación de respuestas a partir del enunciado “El tema expuesto se relaciona con situaciones que a la humanidad le interesa resolver. En este sentido, ¿qué aspecto científico podría considerarse como una controversia? ¿Cuáles serían sus implicancias, alcances e impactos?”.*

### 4.3.2. Dispositivo 2.2 “Astrominería”

Para este caso, la Tabla 15, 16, 17 y 18 contienen las respuestas obtenidas para las preguntas seleccionadas de la guía de trabajo de Astrominería, correspondiente al segundo taller de intervención y acorde a los criterios indicados en el capítulo anterior. El análisis de la totalidad de las respuestas será abordado también en la Sección 4.6 de este capítulo, con la finalidad de establecer relaciones entre todas las dimensiones de análisis.

**Tabla 15**

*Desglose y clasificación de respuestas de estudiantes a la Pregunta 2 del Dispositivo D2.2*

Código de respuesta	Concepto identificado	Categoría (Dim. Complejidad)	Nivel (Dim. Pluralismo)
<b>D2.2 2.2</b>	Desarrollo eficiente para la extracción	FÍSICA	NATURAL
	Creación de infraestructura sostenible en el espacio	FÍSICA	NATURAL
	Problema de desarrollo costoso	ECONÓMICA	SOCIAL
	Riesgo de apropiación por empresas o países	POLÍTICA	SOCIAL
	Concentración de recursos	ECONÓMICA	SOCIAL
<b>D2.2 2.5</b>	Habitar otro planeta	CULTURAL	NORMATIVO
	Calidad de vida de las personas que investigan	PSICOLÓGICA	PERSONAL
<b>D2.2 2.6</b>	Evaluación de riesgo-beneficio a nivel humano	ÉTICA	NORMATIVO
	Beneficios mayores que los daños al medioambiente	AMBIENTAL	SOCIAL
<b>D2.2 2.7</b>	Impacto ambiental (químicos, bacterias, desechos tóxicos)	QUÍMICA	NATURAL
		BIOLOGÍA	NATURAL
	Falta de un marco legal para regulación de seguridad	LEGAL	NORMATIVO
<b>D2.2 2.8</b>	Problema ético de proteger el medio ambiente y la sociedad	ÉTICA	NORMATIVO
	Protección de la sociedad del futuro	ÉTICA	NORMATIVO
<b>D2.2 2.9</b>	Salud de los trabajadores (física)	BIOLOGÍA	NATURAL
	Preparación física y psicológica de los viajeros	PSICOLÓGICA	PERSONAL
<b>D2.2 2.10</b>	Mantener la salud física y mental de los investigadores	BIOLOGÍA	NATURAL
		PSICOLÓGICA	PERSONAL
	Capacidad máxima para regresar a la Tierra	PSICOLÓGICA	PERSONAL

*Nota: Clasificación de respuestas a partir de la pregunta “¿Cuáles son las problemáticas que quieres plantearle al destinatario? ¿Por qué sugieres que son problemáticas a tener en cuenta?”.*

**Tabla 16**

*Desglose y clasificación de respuestas de estudiantes a la Pregunta 3 del Dispositivo D2.2*

<b>Código de respuesta</b>	<b>Concepto identificado</b>	<b>Categoría (Dim. Complejidad)</b>	<b>Nivel (Dim. Pluralismo)</b>
<b>D2.2 3.2</b>	Legislaciones	LEGAL	NORMATIVO
	Medioambiente espacial	AMBIENTAL	SOCIAL
<b>D2.2 3.5</b>	Afectación a las personas que investigan	PSICOLÓGICA	PERSONAL
	Riesgo para la vida de los investigadores	BIOLOGÍA	NATURAL
<b>D2.2 3.6</b>	Problemática de impacto global	POLÍTICA	SOCIAL
	Impacto en países tercermundistas	ECONÓMICA	SOCIAL
		POLÍTICA	SOCIAL
	Repercusiones antes que beneficios en países menos desarrollados	ECONÓMICA	SOCIAL
<b>D2.2 3.7</b>	Afectación global con desigualdad de beneficios	ECONÓMICA	SOCIAL
		POLÍTICA	SOCIAL
	Mayor afectación a población de menores recursos	ECONÓMICA	SOCIAL
		POLÍTICA	SOCIAL
	Desinformación de la mayoría de la población	CULTURAL	NORMATIVO
Minoría con acceso a información y avances	CULTURAL	NORMATIVO	
<b>D2.2 3.8</b>	Impacto ético, económico, político y ecológico. Impacto local o global	ÉTICA	NORMATIVO
		ECONÓMICA	SOCIAL <sup>4</sup>
		POLÍTICA	
		AMBIENTAL	
		POLÍTICA	
<b>D2.2 3.9</b>	Afectación a personas que trabajaron con materiales peligrosos	BIOLOGÍA	NATURAL
	Afectación a comunidades cercanas al tratamiento de materiales	BIOLOGÍA	NATURAL
	Incertidumbre sobre la escala de las consecuencias	BIOLOGÍA	NATURAL
		POLÍTICA	SOCIAL
<b>D2.2 3.10</b>	Retrasos en proyectos por afectación a la salud	BIOLOGÍA	NATURAL
	Impacto en familias de los trabajadores	PSICOLÓGICA	PERSONAL
	Pérdidas económicas para los dueños de los proyectos	ECONÓMICA	SOCIAL

*Nota: Clasificación de respuestas a partir de la pregunta “¿Qué contextos se verían afectados con las problemáticas identificadas? ¿A qué escala de la población afectaría?”.*

<sup>4</sup> Considerando que para esta respuesta solo se mencionaron ámbitos de impacto sin desarrollar un argumento, se contabilizan las categorías de manera agrupada respecto del nivel de realidad al que pertenece su respuesta..

**Tabla 17**

*Desglose y clasificación de respuestas de estudiantes a la Pregunta 4 del Dispositivo D2.2*

<b>Código de respuesta</b>	<b>Concepto identificado</b>	<b>Categoría (Dim. Complejidad)</b>	<b>Nivel (Dim. Pluralismo)</b>
<b>D2.2 4.2</b>	Desarrollo de tecnología avanzada	FÍSICA	NATURAL
	Marcos legales	LEGAL	NORMATIVO
	Minimización del impacto ambiental	AMBIENTAL	SOCIAL
<b>D2.2 4.5</b>	Mejora en recursos tecnológicos para asegurar calidad de vida	FÍSICA	NATURAL
	Gasto elevado que no todos los países pueden costear	ECONÓMICA	SOCIAL
<b>D2.2 4.6</b>	Impuestos para reparar daño medioambiental	ECONÓMICA	SOCIAL
		AMBIENTAL	SOCIAL
	Prohibición del uso militar de minerales espaciales	LEGAL	NORMATIVO
<b>D2.2 4.7</b>	Organización mundial para regular la Astromonera	POLÍTICA	SOCIAL
	Divulgación e información del impacto y beneficios	CULTURAL	NORMATIVO
	Necesidad de expertos en áreas científicas, sociales y económicas	POLÍTICA	SOCIAL
		ECONÓMICA	SOCIAL
Consenso entre todos los países	POLÍTICA	SOCIAL	
<b>D2.2 4.8</b>	Consideraciones éticas sobre los riesgos	ÉTICA	NORMATIVO
	Modelos predictivos del impacto de asteroides	FÍSICA	NATURAL
	Recursos para desviar asteroides y minimizar el impacto	FÍSICA	NATURAL
ECONÓMICA		SOCIAL	
<b>D2.2 4.9</b>	Estudio de daños a humanos por la investigación	BIOLOGÍA	NATURAL
	Soluciones a los efectos dañinos sobre humanos	BIOLOGÍA	NATURAL
	Inserción de capital para esta parte de la investigación	ECONÓMICA	SOCIAL
<b>D2.2 4.10</b>	Elección adecuada de personas para el proyecto	PSICOLÓGICA	PERSONAL
	Preparación psicológica, física y planes de alimentación adecuados	PSICOLÓGICA	PERSONAL
		BIOLOGÍA	NATURAL
	Actividades y hobbies durante la misión	PSICOLÓGICA	PERSONAL

*Nota: Clasificación de respuestas a partir de la pregunta “¿Cuáles podrían ser posibles soluciones a las problemáticas detectadas? ¿Qué recursos, teorías, modelos, disposiciones y consideraciones serían necesarias para llevarlas a cabo?”.*

**Tabla 18**

*Desglose y clasificación de respuestas de estudiantes a la Pregunta 5 del Dispositivo D2.2*

<b>Código de respuesta</b>	<b>Concepto identificado</b>	<b>Categoría (Dim. Complejidad)</b>	<b>Nivel (Dim. Pluralismo)</b>
<b>D2.2 5.2</b>	Consecuencias tecnológicas: nuevas industrias y empleos	FÍSICA	NATURAL
	Consecuencias legales: normas internacionales	LEGAL	NORMATIVO
	Reducción de conflictos y explotación de recursos	POLÍTICA	SOCIAL
	Distribución equitativa de beneficios económicos	ECONÓMICA	SOCIAL
	Impacto en la vida de las personas	PSICOLÓGICA	PERSONAL
	Reducción de explotación de recursos en la Tierra	AMBIENTAL	SOCIAL
<b>D2.2 5.5</b>	Imposibilidad de asegurar completamente la calidad de vida	PSICOLÓGICA	PERSONAL
	Impacto ambiental: introducción de virus o materiales desconocidos	BIOLOGÍA	NATURAL
		AMBIENTAL	SOCIAL
<b>D2.2 2.6</b>	Uso de minerales para avances médicos, tecnológicos, ambientales	BIOLOGÍA	NATURAL
		FÍSICA	NATURAL
		AMBIENTAL	SOCIAL
	Impacto positivo según el uso de minerales	ECONÓMICA	SOCIAL
		POLÍTICA	SOCIAL
<b>D2.2 5.7</b>	Proyecto bajo control de una organización mundial	POLÍTICA	SOCIAL
	Impacto innovador en distintas sociedades y grupos etarios	CULTURAL	NORMATIVO
<b>D2.2 5.8</b>	Costos altos en investigaciones	ECONÓMICA	SOCIAL
	Dilemas éticos sobre qué es ético y qué no	ÉTICA	NORMATIVO
	Impacto en el medioambiente: sostenibilidad o contaminación (basura espacial)	AMBIENTAL	SOCIAL
	Generar seguridad en las personas respecto a los riesgos	PSICOLÓGICA	PERSONAL
<b>D2.2 5.9</b>	Mejoras en la calidad de vida de los trabajadores y personas enfermas	BIOLOGÍA	NATURAL
	Investigación para mitigar riesgos y mejorar la seguridad	BIOLOGÍA	NATURAL
		POLÍTICA	SOCIAL
	Exploración de otras aristas como el impacto en el medioambiente	AMBIENTAL	SOCIAL
<b>D2.2 5.10</b>	Mayor seguridad en el desarrollo y continuidad del proyecto	POLÍTICA	SOCIAL
	Seguridad de las personas involucradas	PSICOLÓGICA	PERSONAL
	Aceptación social del proyecto dependiendo de su finalidad	CULTURAL	NORMATIVO

*Nota: Clasificación de respuestas a partir de la pregunta “¿Cuáles serían las consecuencias de llevar a cabo las soluciones planteadas? ¿De qué manera impactaría en la vida de las personas y del medio ambiente?”.*

#### 4.4. RESULTADOS DE CUESTIONARIO - POSTEST

Las Tablas 19 y 20 representan el porcentaje de aceptación y/o posicionamiento del grupo respecto al racionalismo moderado o positivista en cada uno de los enunciados de la Dimensión de Competencias de Pensamiento Científico, en la aplicación del cuestionario al finalizar el proceso de intervención didáctica. Los espacios vacíos indican que no hubo respuesta para el enunciado y sujeto correspondiente.

**Tabla 19**

*Nivel de aceptación y/o posicionamiento de RP y RM por enunciado en PostTest*

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
<b>S1</b>	75	25		100	75	100		100	100	100
<b>S2</b>	75	0	25	75	25	25	75	75	75	100
<b>S3</b>	100	75	25	100	25	75	100	100	75	100
<b>S4</b>	75	25	0	75	0	75	100	75	0	100
<b>S5</b>		0		75	25		75	100	75	75
<b>S6</b>	75	0	25	75	25	100	25	75	25	100
<b>S7</b>	75	25	0	100	0	75	75	100	0	75
<b>S8</b>	75	0	25	100	25	75	25	100	75	100

*Nota: porcentajes de aceptación de enunciados según respuestas de cada sujeto. La ponderación porcentual equivale al grado de acuerdo respecto de cada sentencia del Cuestionario, según en plan de análisis declarado.*

**Tabla 20**

*Consolidado del Nivel de aceptación y/o posicionamiento de RP y RM por enunciado em PostTest*

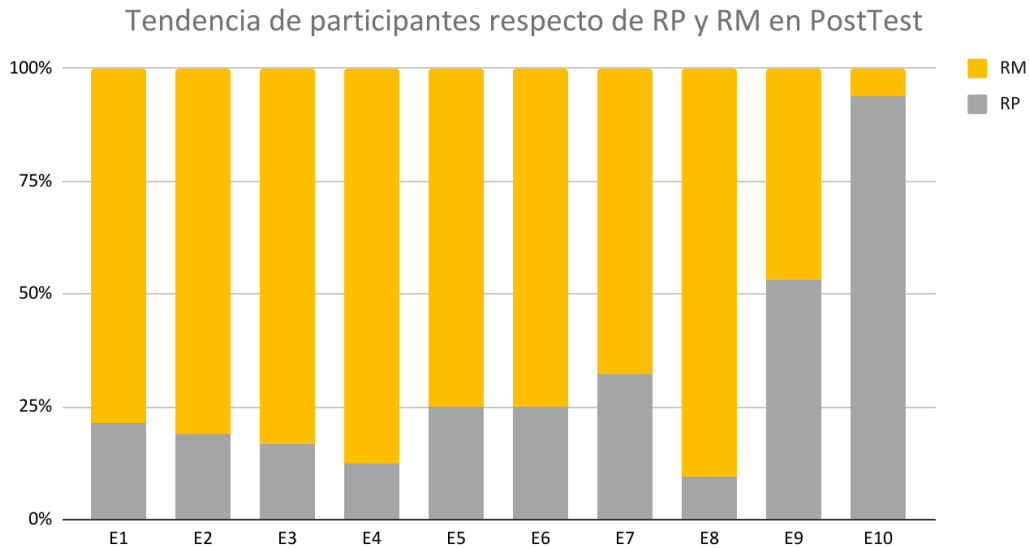
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
<b>RP %</b>	21.4	18.8	16.7	12.5	25.0	25.0	32.1	9.4	53.1	93.8
<b>RM %</b>	78.6	81.3	83.3	87.5	75.0	75.0	67.9	90.6	46.9	6.3

*Nota: porcentajes obtenidos según nivel de acuerdo o desacuerdo por cada uno de los enunciados de la Dimensiones de Competencias de Pensamiento Científico. Elaboración propia.*

Con el fin de establecer una relación ilustrativa acerca de la tendencia de aceptación y/o posicionamiento del grupo, los resultados han sido sistematizados en el Gráfico 2.

## Gráfico 2

Resultados según tendencia y/o posicionamiento hacia el RP o RM



Nota: Tendencia de respuestas según enunciados de la dimensión de Competencias de Pensamiento Científico. Elaboración propia.

Se puede apreciar en primera instancia que la tendencia hacia el racionalismo moderado en los primeros ocho enunciados está fuertemente reforzada según las respuestas de los participantes de la investigación aplicada, principalmente en que *“El profesorado en formación competente en ciencias (química, biología, entre otras), reconoce las limitaciones o ventajas de apoyarse en teorías para explicar un fenómeno”* (E4), y además en que *“El profesorado en formación competente en ciencias integra conocimientos, actitudes y valores de la comunidad científica, en su proceso de aprendizaje (química, biología, entre otras)”* (E8). No obstante, una segunda mirada a los resultados obtenidos indica una mixtura entre ambas posturas que, según su naturaleza, son opuestas entre sí desde el punto de vista epistemológico.

En otras palabras, los resultados del grupo dan cuenta una valoración aceptada, por ejemplo, en que *“la promoción y el desarrollo de competencias de pensamiento científico, se logra sólo con objetivos e instrucciones claras y precisas”* (E9), a la vez que indican no estar de acuerdo con que *“El profesorado en formación competente en ciencias (química, biología, entre*

*otras), mejora sus conclusiones sólo a partir de sus observaciones sin necesidad de acudir a teorías” (E5). Además, destaca entre las respuestas obtenidas el alto porcentaje de aceptación respecto de la idea de que “El profesorado con formación competente en ciencias (química, biología, entre otras), moviliza conocimientos y habilidades para manipular eficientemente instrumental científico” (E10), lo cual refuerza esta mixtura entre ambas representaciones epistemológicas.*

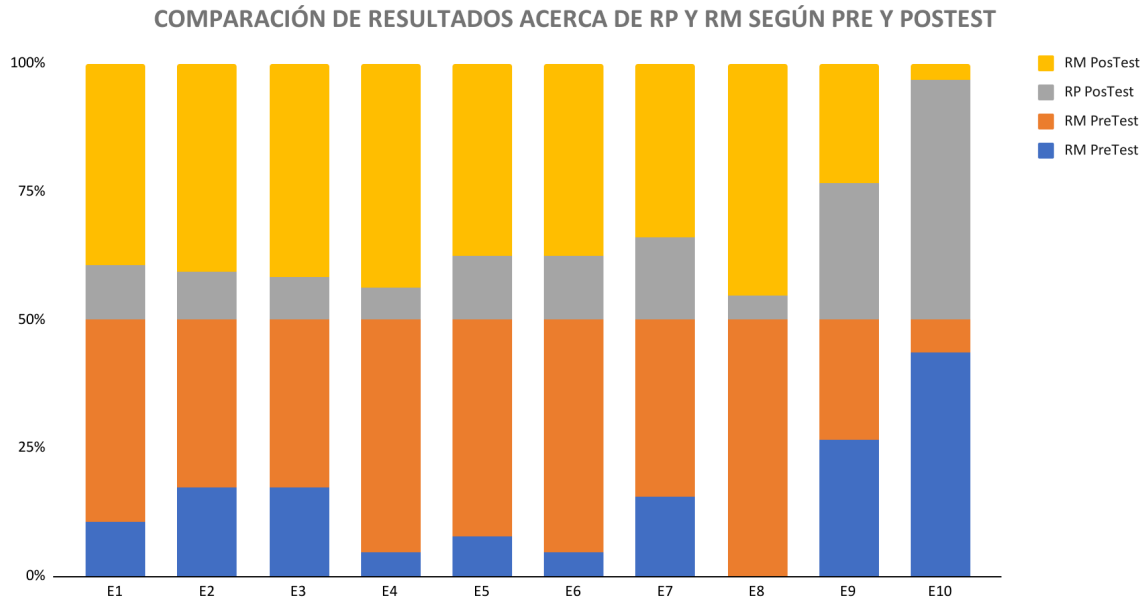
Estos resultados son interesantes, más aún cuando investigaciones anteriores realizadas con otras y otros profesionales de la educación en formación, dan cuenta de una tendencia similar respecto de la presencia de ambas posturas epistemológicamente opuestas (Quintanilla et al., 2020, 2022). Todo lo anterior es evidencia de una presencia de representaciones positivistas acerca de la enseñanza de las ciencias, producto de múltiples factores, como la falta de instancias de práctica docente, semejanza con las estrategias de aprendizaje vividas durante su formación primaria, secundaria y/o universitaria, entre otras. El desafío que se desprende de esta visión radica en atender la manera en que transcurre el proceso de formación de las y los estudiantes de pedagogía durante su tiempo en la Universidad, de manera de poner atención a la manera en que reflexionan acerca de lo que será su propia práctica docente en el futuro.

#### **4.5. RELACIÓN ENTRE RESULTADOS DE PRETEST Y POSTEST**

A modo de comparar los resultados obtenidos en la aplicación del Cuestionario en las dos instancias en que fue desarrollado, el Gráfico 3 representa los datos obtenidos de manera apilada tanto del PreTest como del PosTest. Se ha utilizado el mismo código de colores de los resultados individuales para poder comparar las diferencias y similitudes entre ambos conjuntos de resultados.

### Gráfico 3

Resultados apilados del Pre y PosTest acerca de RP y RM



*Nota: Respuestas del PreTest (Zona inferior del gráfico) y PosTest (Zona superior del gráfico) según enunciados de la dimensión de Competencias de Pensamiento Científico. Elaboración propia.*

Se puede apreciar que luego de la participación de las y los estudiantes de pedagogía en química en los talleres de intervención desarrollados, sigue existiendo una mixtura entre ambas posturas racionalistas, respecto del desarrollo de competencias de pensamiento científico tanto en la Universidad como en los espacios educativos del sistema escolar, tal como se advertía previamente en una exploración preliminar (Quintanilla et al., 2024).

Por una parte, se puede notar una mayor inclinación hacia la postura de RM en relación a que “las mediciones SIMCE, PAES, PISA, TIMMS, reflejan competencias de pensamiento científico de manera válida y confiable” (E2) y en que “las actividades que desarrollan competencias de pensamiento científico, se deben centrar en la entrega de datos, fórmulas y teorías” (E3). En contraparte, existe una tendencia mayor respecto de los enunciados E8, E9 y E10.

Los estudios previos indicados anteriormente, explicaban esta situación conceptualizando las representaciones epistemológicas acerca de las CPC como *ingenuas* (Quintanilla et al., 2022), producto de una visión instrumentalista de la enseñanza de las ciencias.

Para el caso de este estudio, se puede rescatar una segunda perspectiva respecto al conjunto de respuestas obtenidas. Los casos más significativos de una mirada positivista corresponden a los enunciados E9 y E10. El primero de estos hace referencia a la exclusividad de instrucciones procedimentales claras para poder desarrollar CPC, dejando de lado otros medios alternativos de desarrollo de competencias, como lo son algunas metodologías activas relacionadas con ABP o la realización de proyectos que surgen espontáneamente en el proceso de enseñanza. El segundo hace mención de la exclusividad del uso correcto de instrumental científico, sin considerar situaciones de ajuste o diseño de herramientas propias al desafío de medición científica que se propone estudiar. En síntesis, las representaciones epistemológicas acerca de las CPC tienden al RP particularmente en situaciones procedimentales e instrumentales. Mientras que en el resto de situaciones en las cuales se evalúa el nivel de desarrollo de una CPC, existe una tendencia más hacia el RM.

Lo que más llama la atención en los resultados comparados guarda relación con aquellos enunciados en que no hay variaciones considerables entre ambas mediciones. Esto puede ser interpretado en que, o se reafirma una postura concebida previo a la participación de esta investigación, o bien, en que los talleres aplicados no hayan cumplido con los objetivos de potenciar la transición desde una mirada racionalista positivista a una moderada.

En cualquier caso, un análisis más profundo a los resultados en relación a la manera en que las y los profesores en formación desarrollan una competencia de pensamiento científico, particularmente la CPC de argumentación, pondrá en manifiesto si existe una coherencia entre lo declarado y lo puesto en práctica durante su participación de los talleres diseñados en este trabajo.

## **4.6. ANÁLISIS DE CATEGORÍAS DE COMPLEJIDAD Y NIVELES DE REALIDAD**

Como se planteó en el capítulo anterior, se ha establecido un segundo foco de análisis el cual considera las respuestas a un set de preguntas entre todas las que fueron respondidas en los dispositivos diseñados para esta investigación aplicada. Estas preguntas están directamente relacionadas con la CPC de argumentación.

A partir de la sistematización de los resultados desglosados en la sección 4.3.1 y 4.3.2, se han generado gráficos de tipo radar para analizar la distribución de respuestas tanto para las categorías de complejidad y los niveles de realidad a los cuales corresponden. Además, se ha ajustado la escala de los gráficos para mantener un parámetro de medición estandarizado en las diferentes distribuciones de respuestas y poder establecer comparaciones que conduzcan a una interpretación fiel a los resultados obtenidos.

### **4.6.1. Respuestas a Dispositivo 2.1**

Los siguientes resultados corresponden a la distribución de respuestas en las diferentes categorías identificadas y su correspondiente nivel de realidad, respecto de las ideas que el grupo de estudio desarrolló a partir de las discusiones y experiencias prácticas durante el taller de Geoquímica de los Minerales.

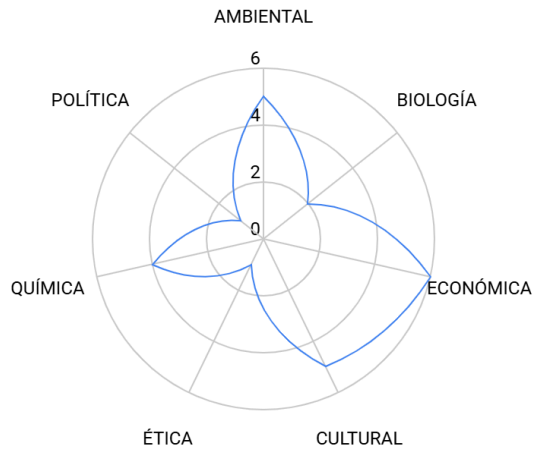
Las respuestas fueron obtenidas a partir de la aplicación de la guía de Actividades respectiva, desde la cual se seleccionó un set de respuestas a las preguntas que estaban referidas a la argumentación como CPC, particularmente, las Preguntas 1 y 2.

El Gráfico 4 reúne la distribución de categorías identificadas en cada una de las respuestas de la Pregunta 1, mientras que el Gráfico 5 representa los niveles de realidad en los cuales se clasifican.

**Gráfico 4**

Resultados de categorías identificadas en respuestas a Pregunta 1 de la guía de Geoquímica

CATEGORÍAS SEGÚN IDEAS CENTRALES DESTACADAS RESPECTO DEL TALLER DE GEOQUÍMICA

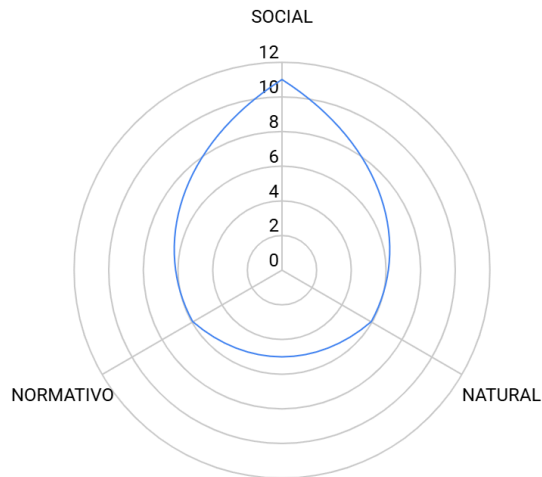


Nota: Distribución de categorías identificadas en las respuestas a la pregunta: A partir del taller sobre la geoquímica de los minerales, ¿qué ideas centrales destacarías de lo expuesto? Argumenta brevemente tu elección.

Gráfico 5

Resultados de niveles de realidad identificados en respuestas a Pregunta 1 de la guía de Geoquímica

NIVELES DE PLURALISMO SEGÚN IDEAS CENTRALES DESTACADAS RESPECTO DEL TALLER DE GEOQUÍMICA



Nota: Distribución de niveles identificados en las respuestas a la pregunta: A partir del taller sobre la geoquímica de los minerales, ¿qué ideas centrales destacarías de lo expuesto? Argumenta brevemente tu elección.

Los resultados obtenidos acerca de las ideas centrales que las y los participantes lograron identificar a partir de las discusiones surgidas en el taller, reflejan una tendencia importante orientada a tópicos propios de la Química así como de aspectos de carácter Ambiental, lo cual guarda relación con los métodos de extracción de minerales y sus impactos debido, por ejemplo, al *“uso indiscriminado de recursos naturales”* (D2.1 1.2), como ocurre con el *“proceso de purificación del cobre y su impacto climático”* (D2.1 1.6). Además, destaca la alta predilección a relacionar los aspectos ambientales con los económicos, principalmente destacando que *“a largo plazo, los costos ambientales pueden superar cualquier ganancia financiera”* (D2.1 1.2), por lo que es importante *“poner en la balanza la fauna, la flora o la sociedad frente a las ganancias”* que se obtienen desde la extracción minera (D2.1 1.9), sobre todo cuando se considera la *“importancia de los recursos en Chile”* (D2.1 1.8), propia de un país con alta actividad productiva en base a la minería (Rivera y Aroca, 2014).

Destacan también aquellos aspectos relacionados al ámbito Cultural identificados, referentes a la *“Discusión de CSC (Controversias Socio-Científicas) para fomentar la reflexión”* (D2.1 1.5), considerando que *“las acciones humanas tienen consecuencias en distintos ámbitos, importancia de informar a la sociedad”* (D2.1 1.10), lo cual es relevante para acciones pedagógicas que permitan *“fomentar el gusto por la ciencia”* (D2.1 1.10) como consecuencia de la conversaciones de este tipo de temáticas en el aula.

A pesar de lo amplio de la pregunta planteada, llama la atención que las respuestas se distribuyeran mayoritariamente en tan solo 4 categorías, más algunas menciones de menor tendencia respecto de cuestionamientos éticos como si *“¿vale la pena el desarrollo tecnológico y económico frente a la destrucción ambiental?”* (D2.1 1.5), o de aspectos ligados a la preocupación por *“sacrificar la salud de las personas”* (D2.1 1.2) y de *“costo de la vida de los/las trabajadores”* (D2.1 1.7).

De esta manera, se puede evidenciar que los argumentos desarrollados presentan un bajo nivel de complejidad, debido a que establecen pocas relaciones entre las diferentes

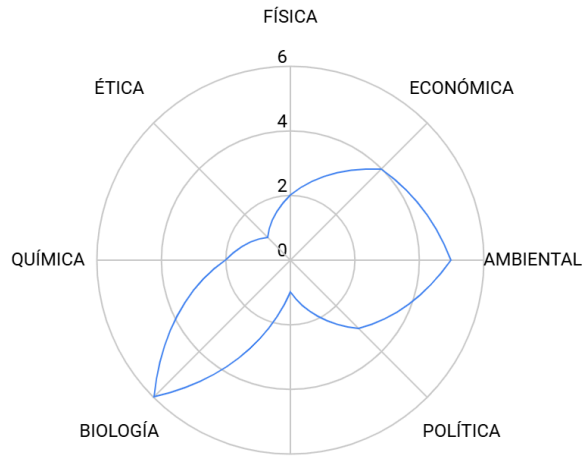
categorías. No obstante, respecto de los niveles de realidad en los cuales se clasifica el desglose de sus argumentos, se observa que las respuestas se distribuyen en tres ámbitos. Algunos enunciados coinciden desde la perspectiva Social, principalmente orientados a las preocupaciones respecto de los procesos de extracción de minerales considerando la *“ganancia económica”* (D2.1 1.7), *“el crecimiento económico en beneficio de unos pocos”* (D2.1 1.2) y el *“impacto climático”* (D2.1 1.6) ocasionados por la actividad minera. En la misma línea, pero visto desde el ámbito Natural, se expresa la preocupación respecto a cómo la actividad extractivista avanza a costa de *“sacrificar la salud de las personas”* (D2.1 1.2), el *“costo de la vidas de los/las trabajadores”* (D2.1 1.7), producto principalmente por un *“desconocimiento sobre recursos y elementos químicos”* (D2.1 1.8). Todo lo anterior realza el interés respecto al nivel Normativo, considerando que *“las acciones humanas tienen consecuencias en distintos ámbitos; importancia de informar a la sociedad”* (D2.1 1.10), lo cual pone en evidencia la relevancia de la educación científica para el conocimiento acerca de los efectos de las actividades extractivistas mineras desde una perspectiva disciplinar, con alcances Normativos y Sociales. Esta relación es clave, pues para efectos de esta investigación, deja claro que la Geoquímica de los Minerales, como punto de partida para la discusión posterior acerca de la Astrominería, considera diferentes perspectivas que deben ser tratadas en las discusiones que las y los futuros docentes de ciencias propongan en sus actividades de aula. Sin embargo, es muy apresurado establecer que el grupo de estudio tenga un manejo multidisciplinar para abordar estas temáticas en el aula, sobre todo cuando a pesar de utilizar diversos niveles de realidad en sus argumentos, éstos presentan un bajo nivel de complejidad desde las categorías detectadas.

En el caso de la Pregunta 2, el Gráfico 6 contiene las categorías detectadas en las respuestas recogidas acerca de la relación entre situaciones de interés social y su discusión desde un enfoque controversial. A su vez, el Gráfico 7 muestra la distribución de los niveles de realidad correspondientes a cada una de ellas.

**Gráfico 6**

Resultados de categorías identificadas en respuestas a Pregunta 2 de la guía de Geoquímica

**CATEGORÍAS SEGÚN PROBLEMÁTICAS RELACIONADAS A LA ASTROMINERÍA**

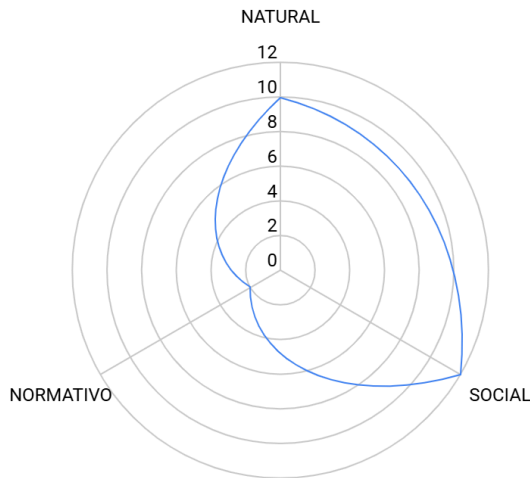


Nota: Distribución de categorías identificadas en las respuestas a la pregunta: El tema expuesto se relaciona con situaciones que a la humanidad le interesa resolver. En este sentido, ¿qué aspecto científico podría considerarse como una controversia? ¿Cuáles serían sus implicancias, alcances e impactos?

**Gráfico 7**

Resultados de niveles de realidad identificados en respuestas a Pregunta 2 de la guía de Geoquímica

**NIVELES DE PLURALISMO DE RESPUESTAS SEGÚN PROBLEMÁTICAS RELACIONADAS A LA ASTROMINERÍA**



Nota: Distribución de niveles identificados en las respuestas a la pregunta: El tema expuesto se relaciona con situaciones que a la humanidad le interesa resolver. En este sentido, ¿qué aspecto científico podría considerarse como una controversia? ¿Cuáles serían sus implicancias, alcances e impactos?

Se puede apreciar que al momento de argumentar acerca de los aspectos científicos involucrados en la discusión propuesta durante el taller, las respuestas de las y los participantes muestran una tendencia a considerar CSC referentes a la obtención de minerales y sus efectos en el ámbito Biológico, como lo son los *“impactos: medioambiental y salud”* (D2.1 2.4), como también el *“impacto en los ecosistemas (flora y fauna)”* (D2.1 2.8), dando ejemplos como los efectos adversos sobre la *“fauna que habita en el salar (flamenco chileno, etc)”* (D2.1 2.5). Estas preocupaciones se condicen con estudios que han analizado los impactos de la actividad minera extractivista dedicada a la obtención de minerales clave para proyectos de sustentabilidad energética, afectando los ecosistemas de la zona durante su implementación, como es el caso de lo que ocurre en la región de Atacama, Chile (Liu et al., 2019; Jerez et al., 2023). Estas ideas se refuerzan cuando se describen ideas en el ámbito Ambiental, donde se menciona por ejemplo el *“gran impacto en la huella ambiental”* (D2.1 2.2), reflejado en la *“contaminación del agua en la minería”* (D2.1 2.7), como también respecto de la *“destrucción del salar (ecosistema)”* (2.1 2.10).

También se destaca la inclinación hacia argumentos basados en aspectos de Economía, advirtiendo acerca de la *“pérdida del turismo, afectando la economía local”* (D2.1 2.10), así como lo es la *“inversión y costo de mantención (alto costo)”* (D2.1 2.2) en proyectos que resulten más sustentables. No obstante, también se rescatan impactos positivos, como lo son los *“alcances económicos y generación de empleo”* (D2.1 2.2), como también los *“beneficios económicos y avances tecnológicos”* (D2.1 2.5).

Todo lo anterior se termina de complementar con algunas ideas que destacan en el ámbito de la Política, respecto de la *“falta de políticas y regulaciones para proteger recursos y salud”* (D2.1 2.2), así como la *“falta de preparación para manejar los desechos (Chile no está preparado)”* (D2.1 2.10).

Siendo los ámbitos anteriormente revisados aquellos donde la tendencia de las respuestas obtenidas destacan mayoritariamente, también coinciden algunas ideas relacionadas al área de la Química, las cuales apuntan en cuanto necesaria es una *“nueva minería para la*

*extracción del litio*” (D2.1 2.5) y la *“creación de una mina para extraer litio”* (D2.1 2.10), en línea con los avances tecnológicos cada vez más exigentes respecto al almacenamiento de energía en baterías de este material para el desarrollo de proyectos sustentables (Liu et al., 2019).

En relación a los niveles de pluralismos en los cuales se clasifican las categorías identificadas en el grupo de resultados, en el Gráfico 7 se puede apreciar que existe una marcada tendencia hacia los niveles Natural y Social, dejando fuera de la argumentación situaciones que respondan a impactos en la individualidad de las personas, y refiriéndose vagamente a ideas de carácter Normativo. Este resultado demuestra que las mayores preocupaciones detectadas responden a cuestionamientos acerca de los efectos nocivos en la salud, la biodiversidad y el medioambiente, que a su vez son atingentes a la actualidad del desarrollo minero en Chile (Jerez et al., 2023), y que además conviven con perspectivas respecto de los beneficios económicos y tecnológicos que traen consigo.

Todas estas miradas permiten destacar la manera en que una CSC basada en la actividad minera para el avance de proyectos de sustentabilidad energética, permite abordar un conjunto de áreas del conocimiento que se ponen en discusión para profundizar tanto un dominio disciplinar como una perspectiva amplia de consecuencias para la sociedad, lo cual puede contribuir en el desarrollo de futuras intervenciones reflexivas en espacios educativos del sistema escolar que sean conducidas por las y los docentes en formación, sobre todo cuando la discusión contribuye a los objetivos de aprendizaje y propósitos formativos definidos en el marco curricular actual de ciencias naturales (Mineduc, 2018).

En general, los resultados a esta segunda pregunta son bastante interesantes, ya que dan cuenta de que a medida que las preguntas son más específicas y diseñadas con el propósito de profundizar en las ideas declaradas en la primera pregunta, los argumentos entregados van aumentando en complejidad, pero disminuyendo en su nivel de pluralismo. Esta información es crucial para los análisis que permitan dar cumplimiento a los objetivos de esta investigación, en la medida que coincidan con las perspectivas recogidas en los resultados consolidados del

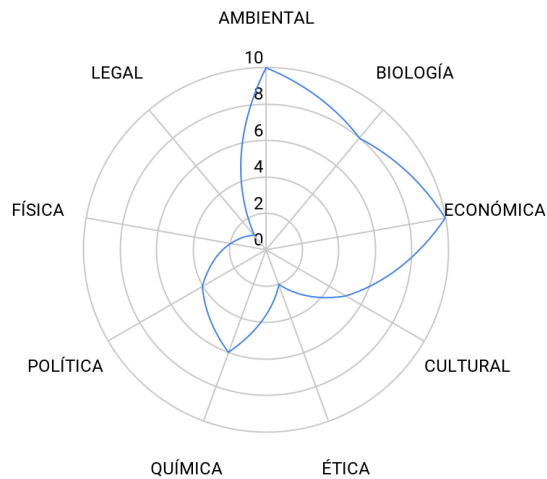
dispositivo D2.2 utilizado en el segundo taller de intervención, en el cual se lleva el debate a nuevos horizontes para la obtención de minerales necesarios para el desarrollo tecnológico sustentable.

A modo de realizar una evaluación que relacione ambos grupos de respuestas, el Gráfico 8 reúne la distribución del total de categorías identificadas para las dos preguntas seleccionadas, agrupadas como un solo grupo de resultados. La escala del eje radial ha sido ajustada para una mejor comprensión de las tendencias a cada categoría. Por otra parte, el Gráfico 9 agrupa al total de los niveles de realidad identificados en ambos grupos de respuestas en conjunto. La escala radial de este gráfico también ha sido ajustada para una mejor visualización de la información.

### Gráfico 8

*Resultados consolidados de categorías identificadas en respuestas a Pregunta 1 y 2 de la guía de Geoquímica*

CATEGORÍAS SEGÚN RESPUESTAS RELACIONADAS A LA GEOQUÍMICA

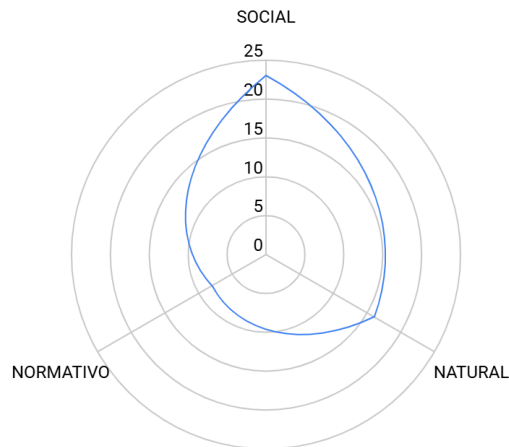


*Nota: Distribución de categorías identificadas en las respuestas a las dos preguntas diseñadas para el desarrollo de la argumentación como Competencia de Pensamiento Científico.*

### Gráfico 9

Resultados consolidados de niveles de realidad identificadas en respuestas a Pregunta 1 y 2 de la guía de Geoquímica

NIVELES DE REALIDAD SEGÚN RESPUESTAS RELACIONADAS A LA GEOQUÍMICA



Nota: Distribución de niveles identificados en las respuestas a las dos preguntas diseñadas para el desarrollo de la argumentación como Competencia de Pensamiento Científico.

Lo primero a destacar en los resultados consolidados, guarda relación con la tendencia mayoritaria a desarrollar respuestas con argumentos asociados al ámbito de la Biología, la Economía y Ambiental, destacando además una menor pero significativa presencia de argumentos basados en tópicos de la Química. Esta situación se vuelve interesante por dos razones. La primera, tiene que ver con la relación entre ideas ambientales con aquellas de carácter económico, lo cual se puede interpretar como una visión más compleja respecto de los impactos del análisis geoquímico de ciertos minerales y sus implicancias ambientales sujetas a la necesidad de recursos para su estudio, además de las consideraciones de salud, bienestar y medioambiente que se deben tener en cuenta.

La segunda razón de interés responde a la baja diversidad de categorías en las cuales se distribuyen las respuestas. Si bien existe una tendencia mayoritaria en los aspectos mencionados anteriormente, se puede apreciar que aspectos normativos (como lo legal y ético), así como

implicancias sociales (políticas y culturales), no representan una tendencia significativa. Esto se traduce como un bajo nivel de complejidad en los argumentos expuestos por las y los participantes.

Respecto de la distribución de los niveles de realidad del total de respuestas de ambas preguntas, se presenta una tendencia mayoritariamente significativa respecto de los niveles Social y Natural, lo cual se condice con la distribución de las categorías. Además, se puede apreciar que el nivel Normativo, aun con una baja tendencia, presenta un grupo de respuestas significativas que complementan los argumentos entregados.

Puede entenderse que en general, las y los participantes relacionan los desafíos de la Geoquímica de los minerales principalmente con la actividad de extracción minera y con sus consecuencias, mayoritariamente nocivas, que impactan en la calidad de vida de la sociedad, del medioambiente y de la biodiversidad.

Además, interpretan desde una perspectiva compleja las diferentes áreas de conocimiento que llevan a la comprensión de la temática discutida, las habilidades necesarias para su estudio, las creencias y valores expuestos en cada una de sus respuestas, así como la conexión con los diversos contextos y condiciones que están involucradas en la discusión. De esta manera, la actividad de desarrollo argumentativa propuesta durante el desarrollo del primer taller de intervención, logra abarcar las dimensiones de una Competencia de Pensamiento Científico (Quintanilla et al., 2006; Quintanilla y Adúriz, 2024), en la medida en que la discusión fomenta la reflexión desde una perspectiva ciudadana, crucial para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias (Izquierdo, 2007; 2013).

Por último, es importante recordar en este punto que los dispositivos diseñados para las actividades de argumentación se han planteado sin un posicionamiento respecto de los racionalismos positivista o moderado, con el propósito de evaluar de manera objetiva la coherencia entre las representaciones epistemológicas respecto de una CPC, con el desarrollo de

éstas a través de la discusión de una CSC emergente como lo es la Astrominería. Así, a partir del segundo taller de intervención se espera encontrar resultados concordantes con las distribuciones de categorías de complejidad y de niveles de pluralismo identificadas en los resultados del primer taller, con el fin de encontrar similitudes entre la manera en que comprenden las dimensiones de una CPC y cómo las desarrollan a través de una actividad de argumentación.

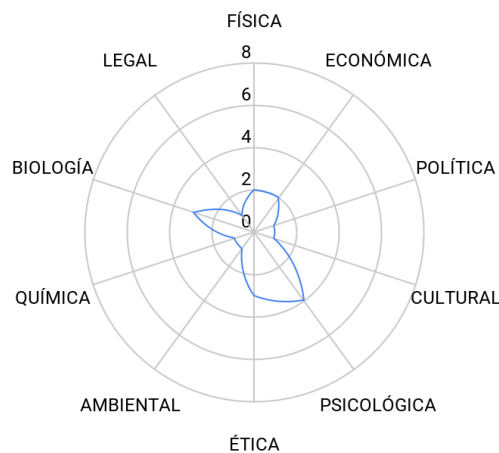
#### 4.6.2. Respuestas a Dispositivos 2.2

Los siguientes resultados corresponden a la distribución de respuestas en las diferentes categorías identificadas y su correspondiente nivel de realidad, respecto de las ideas que el grupo de estudio desarrolló en relación al taller de Astrominería y la detección de problemáticas asociadas a la temática. El gráfico 10 da cuenta de la tendencia de categorías que se mencionan en sus respuestas, mientras que el gráfico 11 corresponde a los niveles de pluralismo que estaban integrados en su argumento.

#### Gráfico 10

*Resultados de categorías identificadas en respuestas a Pregunta 2 de la guía de Astrominería*

CATEGORÍAS SEGÚN PROBLEMÁTICAS RELACIONADAS A LA ASTROMINERÍA

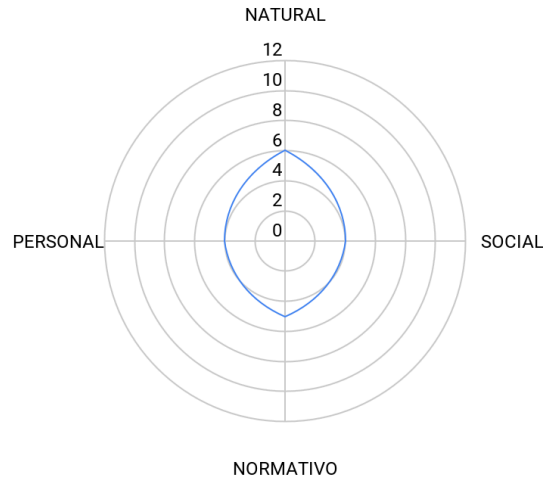


*Nota: Distribución de categorías identificadas en las respuestas a la pregunta ¿Cuáles son las problemáticas que quieres plantearle al destinatario? ¿Por qué sugieres que son problemáticas a tener en cuenta?*

### Gráfico 11

Resultados de niveles de realidad identificados en respuestas a Pregunta 2 de la guía de Astrominería

#### NIVELES DE PLURALISMO SEGÚN PROBLEMÁTICAS RELACIONADAS A LA ASTROMINERÍA



*Nota: Distribución de niveles identificados en las respuestas a la pregunta ¿Cuáles son las problemáticas que quieres plantearle al destinatario? ¿Por qué sugieres que son problemáticas a tener en cuenta?*

Se puede apreciar que las problemáticas mencionadas por el grupo apuntan principalmente a las categorías de Biología, Ética y Psicológica (Gráfica 10), lo cual indica que las principales preocupaciones detectadas guardan estrecha relación con los impactos que puedan ocurrir respecto de la salud de las personas (física y psicológica), tanto de aquellas que habitan territorios que eventualmente serían intervenidos por proyectos asociados a la Astrominería, como del grupo que se dedique a los trabajos de recolección de mineral espacial. Ejemplo de aquellos son las declaraciones que enfatizan en la “salud de los trabajadores” (D2.2 .2.9), la importancia de “mantener la salud física y mental de los investigadores” (D2.2 2.10), así como cuidar de la “calidad de vida de las personas que investigan” (D2.2 2.5), lo cual se complementa con el énfasis en las implicancias éticas que el uso de los recursos extraídos pueda generar en la población, siendo necesaria una “evaluación de riesgo-beneficio a nivel humano” (D2.2 2.6) con el fin de brindar “protección de la sociedad del futuro” (D2.2 2.8).

Esta situación indica que los argumentos descritos para esta pregunta poseen un nivel de complejidad centrado en aspectos generales de los posibles impactos relacionados a la Astrominería, sin considerar categorías importantes para determinar el impacto global de los futuros avances en este ámbito, como lo son las regulaciones legales o disposiciones político-culturales (Marinho y Reis, 2019). De igual manera, considerando que el tratamiento de minerales espaciales podría ser un tópico de interés para el grupo de docentes en formación inicial en el área de química (Quintanilla et al., 2022), no se presenta mayor relevancia en las categorías de Química ni Medioambiente.

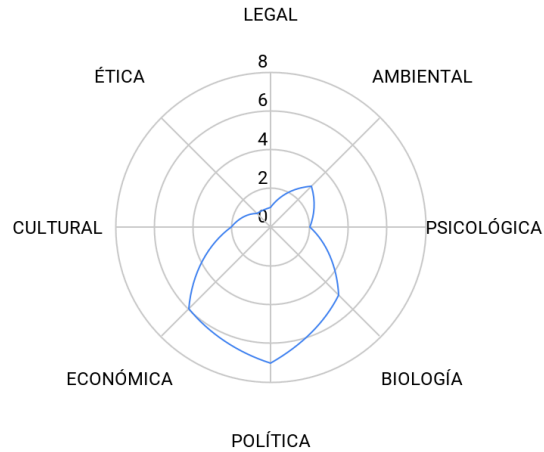
Respecto de los niveles de pluralismo en los que se integran las categorías identificadas, se puede apreciar en el Gráfico 11 que, si bien hay una tendencia más pronunciada en los niveles Natural y Normativo, las respuestas se distribuyen de manera similar para los cuatro niveles. Esto puede indicar que, en cuanto a la identificación de posibles problemáticas asociadas a la CSC de la Astrominería, el grupo identifica un efecto en todos los niveles de realidad considerados, independiente de las categorías en las cuales existe mayor tendencia. Sin embargo, en las siguientes preguntas que se han planteado con el fin de profundizar en sus argumentaciones, se podrá apreciar que las respuestas estarán enmarcadas principalmente en dos de los cuatro niveles de realidad establecidos, lo cual coincide con la tendencia observada en los análisis anteriores desarrollados en el primer taller de intervención.

Para profundizar en dicho análisis, respecto de los posibles impactos como consecuencia de las problemáticas detectadas en el ámbito de la Astrominería, el Gráfico 12 reúne las diversas categorías que se desprenden de los argumentos incluidos en las respuestas a la Pregunta 3, mientras que el Gráfico 13 permite identificar los niveles de pluralismo en los que se enmarcan.

**Gráfico 12**

Resultados de categorías identificadas en respuestas a Pregunta 3 de la guía de Astrominería

**CATEGORÍAS SEGÚN POSIBLES IMPACTOS DE LAS PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS**

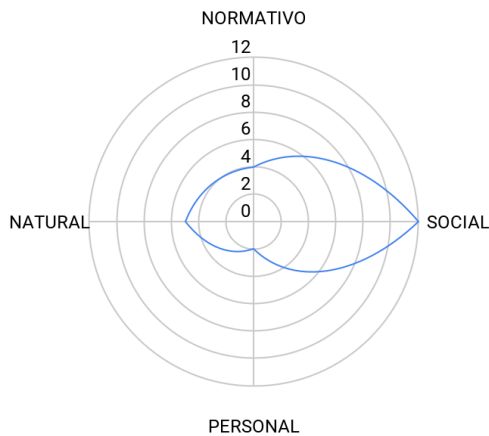


Nota: Distribución de categorías identificadas en las respuestas a la pregunta ¿Qué contextos se verían afectados con las problemáticas identificadas? ¿A qué escala de la población afectaría?

**Gráfico 13**

Resultados de niveles de realidad identificados en respuestas a Pregunta 3 de la guía de Astrominería

**NIVELES DE PLURALISMO SEGÚN POSIBLES IMPACTOS DE LAS PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS**



Nota: Distribución de niveles identificados en las respuestas a la pregunta ¿Qué contextos se verían afectados con las problemáticas identificadas? ¿A qué escala de la población afectaría?

Se puede apreciar que los argumentos desarrollados por las y los participantes tiende principalmente a la relación de la temática con aspectos de la Política, considerando que las consecuencias llevarían a una *“problemática de impacto global”* (D2.2 3.6), con una *“afectación global con desigualdad de beneficios”* (D2.2 3.7), propiciando una *“incertidumbre sobre la escala de las consecuencias”* (D2.2 3.9), evidenciando una preocupación en cuanto a los conflictos que surgirían cuando comiencen a concretarse proyectos de minería espacial. Junto con aquello, también destacan las declaraciones respecto de los impactos en el ámbito de la Economía, donde surgen ideas que coinciden en la posible desigualdad de beneficios que se obtendrían a escala mundial, evidenciado en su preocupación de las *“repercusiones antes que beneficios en países menos desarrollados”* (D2.2 3.6), una *“mayor afectación a población de menores recursos”* (D2.2 3.7), un *“impacto en países tercermundista”* (D2.2 3.6) o de las *“pérdidas económicas para los dueños de los proyectos”* (D2.2 3.10) en los casos en los cuales no se tomen en cuenta las implicancias en la salud de las personas. Justamente, a propósito de esto último, es que también hay consenso respecto de las implicaciones sobre aspectos Biológicos de la población, ya que pueda ocurrir *“afectación a personas que trabajaron con materiales peligrosos”* (D2.2 3.9), *“riesgo para la vida de los investigadores”* (D2.2 3.5), así como el *“retraso en proyectos por afectación a la salud”* (D2.2 3.10).

Además, si bien se puede apreciar una leve tendencia a algunos aspectos en el ámbito Ambiental, no se desarrollan concretamente en las diferentes respuestas recabadas, pues solo se hace mención a propósito del *“medio ambiente espacial”* (D2.2 3.2), o simplemente, al *“impacto ético, económico, político y ecológico”* (D2.2 3.8). Es decir, no se profundiza acerca de las consecuencias ambientales referentes a las problemáticas identificadas en la Pregunta 2, más bien, solo se hace mención de la existencia de un impacto que tampoco se define como beneficioso o nocivo.

Con relación a los niveles de pluralismo en los cuales se enmarcan las respuestas entregadas, la distribución presentada en el Gráfico 13 evidencia una tendencia mayoritaria en la dimensión Social, lo cual es coherente con el volumen de argumentos referidos a aspectos

Políticos y Económicos revisados en la categorización precedente. Además, existe una leve preferencia de ideas que se enmarcan dentro del nivel Natural, siendo estos dos niveles los que más sobresalen al momento de detectar consecuencias y efectos sobre la población, en cuanto a la viabilidad de proyectos ligados a la Astrominería.

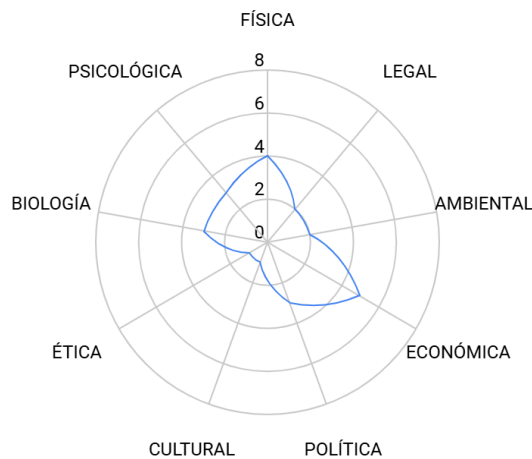
Estos resultados se relacionan con los obtenidos en el taller anterior, en el cual la detección de problemáticas controversiales también permitía destacar respuestas en los mismos niveles de realidad, lo que podría indicar *a priori* un dominio contextual de estas temáticas por parte de las y los participantes.

En cuanto a posibles soluciones a las problemáticas detectadas, el Gráfico 14 contempla las categorías que se desprenden de los argumentos incluidos en las respuestas a la Pregunta 4 de la guía de actividades, mientras que el Gráfico 15 permite identificar los niveles de pluralismo en los que se organizan.

**Gráfico 14**

*Resultados de categorías identificadas en respuestas a Pregunta 4 de la guía de Astrominería*

**CATEGORÍAS SEGÚN POSIBLES SOLUCIONES A LAS PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS**

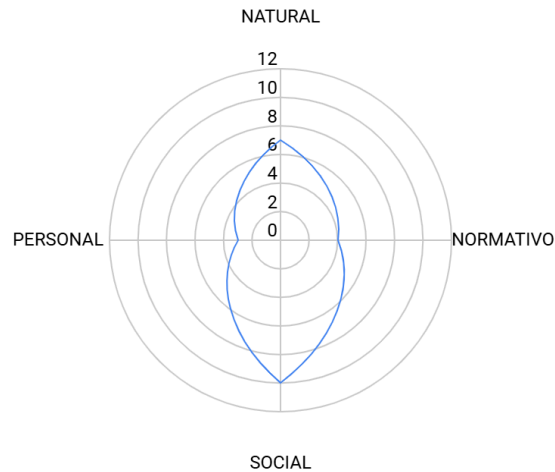


*Nota: Distribución de categorías identificadas en las respuestas a la pregunta ¿Cuáles podrían ser posibles soluciones a las problemáticas detectadas? ¿Qué recursos, teorías, modelos, disposiciones y consideraciones serían necesarias para llevarlas a cabo?*

### Gráfico 15

Resultados de niveles de realidad identificados en respuestas a Pregunta 4 de la guía de Astrominería

#### NIVELES DE PLURALISMO SEGÚN POSIBLES SOLUCIONES A LAS PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS



*Nota: Distribución de niveles identificados en las respuestas a la pregunta ¿Cuáles podrían ser posibles soluciones a las problemáticas detectadas? ¿Qué recursos, teorías, modelos, disposiciones y consideraciones serían necesarias para llevarlas a cabo?*

Para este caso, se puede apreciar que las tendencias de categorías de complejidad detectadas consideran una menor cantidad de menciones, lo que se traduce en un gráfico menos pronunciado respecto a los que se venían revisando. Esto es consecuencia de respuestas más escuetas al momento de presentar posibles soluciones a las problemáticas desarrolladas en los apartados anteriores.

De cualquier manera, es interesante observar que las soluciones planteadas se enmarcan en el ámbito de la Economía, develando una preocupación respecto de los recursos involucrados en proyectos de Astrominería, así como en sus beneficios materiales. Ejemplo de aquello son los argumentos que se refieren al “gasto elevado que no todos los países pueden costear” (D2.2 4.2) de acuerdo a las tecnologías necesarias para el desarrollo de la minería espacial, la “necesidad de expertos en áreas científicas, sociales y económicas” (D2.2 4.7), así como de una “inserción de capital para esta parte de la investigación” (D2.2 4.9) en referencia a los posibles daños que pueden afectar a las personas involucradas en la exploración Astrominería. Respecto de lo

anterior, también es posible apreciar una leve tendencia respecto de los impactos Biológicos, que por cierto repite la tónica de los resultados observados hasta el momento, y que para esta pregunta se evidencia en ideas que ponen en observación el *“estudio de daños a humanos por la investigación [...] soluciones a los efectos dañinos sobre humanos”* (D2.2 4.9), o la *“preparación psicológica, física y planes de alimentación adecuados”* (D2.2 4.10). En esa misma línea, se desprende de los resultados comentarios que hacen referencia al ámbito Psicológico, ya que proyectos de esta envergadura requerirían una *“elección adecuada de personas para el proyecto”* (D2.2 4.9), así como la consideración de *“actividades y hobbies durante la misión”* (D2.2 4.10).

Otro ámbito que destaca en este grupo de resultados tiene que ver con las menciones clasificadas en la Física, particularmente ligadas con el desarrollo tecnológico necesario para realizar actividades mineras en el espacio. Ejemplo de aquello son las respuestas referidas al *“desarrollo de tecnología avanzada”* (D2.2 4.2), la *“mejora en recursos tecnológicos para asegurar la calidad de vida”* (D2.2 4.5) o el desarrollo de *“modelos predictivos del impacto de asteroides”* (D2.2 4.8). Lo último mencionado tiene que ver con un recurso de analogía<sup>5</sup> utilizado por el especialista que condujo el segundo taller, y que responde a la posibilidad de recibir el impacto de rocas espaciales ricas en recursos minerales, sobre la superficie terrestre, según estudios previos del análisis de este tipo de impacto en el planeta (James et al., 2022).

Ahora bien, en relación a los niveles de realidad en los cuales se distribuyen las respuestas, se puede apreciar que la tendencia identificada en el Gráfico 15 nuevamente destaca los ámbitos Social y Natural, tal como ha ocurrido en la pregunta anterior. Esta situación revela una inclinación a identificar posibles soluciones a los problemas identificados anteriormente, desde una mirada disciplinar en contexto con los desafíos de la sociedad. De esta manera, comienza a tomar fuerza la primicia de mayor dominio argumentativo en estos temas, por parte del grupo participante.

---

<sup>5</sup> Aun cuando no se ha utilizado de manera intencional sistemática en este trabajo, el uso de analogías corresponde a una CPC reportada en trabajos anteriores (Adúriz-Bravo, 2005; 2007, en Quintanilla, 2014)

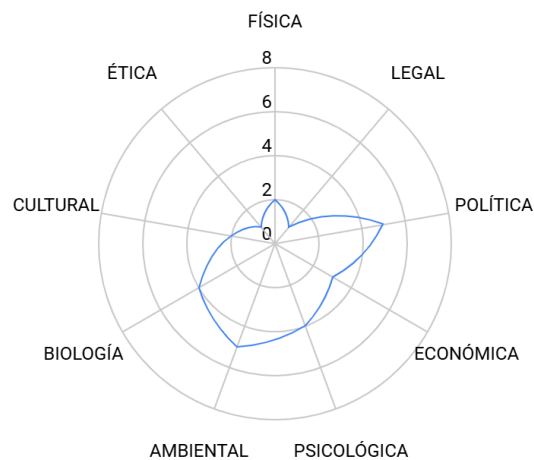
También es interesante notar cómo en este punto, las respuestas han cambiado del contexto en el cual se sitúan, pues consideran argumentos que se relacionan con la actividad minera en el espacio y las implicancias que podrían tener, lo cual es evidencia de que el ejercicio de discutir los aspectos ligados a la Astrominería como un escenario posible va de la mano con los propósitos planteados para el taller.

El último grupo de respuestas considera aquellas referidas a la Pregunta 5 de la guía de actividades, la cual ha permitido recoger los argumentos utilizados para describir las posibles consecuencias de las soluciones propuestas para cada una de las problemáticas identificadas, y que se han categorizado en el Gráfico 16. Por su parte, el Gráfico 17 permite visualizar los niveles de pluralismo en los que se enmarcan las respuestas acerca de las implicancias que supondrían las soluciones propuestas.

#### Gráfico 16

*Resultados de categorías identificadas en respuestas a Pregunta 5 de la guía de Astrominería*

**CATEGORÍAS SEGÚN POSIBLES CONSECUENCIAS DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS**

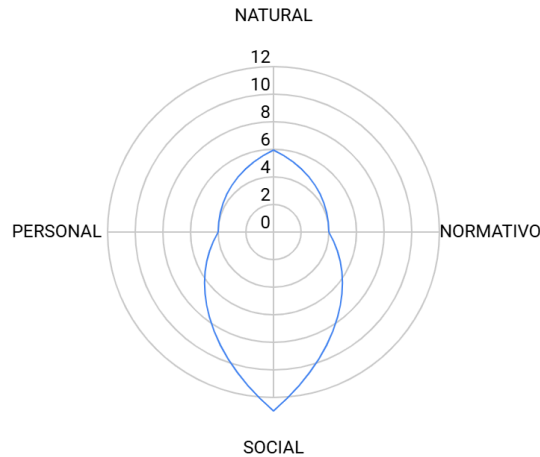


*Nota: Distribución de categorías identificadas en las respuestas a la pregunta ¿Cuáles serían las consecuencias de llevar a cabo las soluciones planteadas? ¿De qué manera impactaría en la vida de las personas y del medio ambiente?*

### Gráfico 17

Resultados de niveles de realidad identificados en respuestas a Pregunta 5 de la guía de Astrominería

#### NIVELES DE PLURALISMO SEGÚN POSIBLES CONSECUENCIAS DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS



*Nota: Distribución de niveles identificados en las respuestas a la pregunta ¿Cuáles serían las consecuencias de llevar a cabo las soluciones planteadas? ¿De qué manera impactaría en la vida de las personas y del medio ambiente?*

En relación a los resultados de esta pregunta, se observa que las respuestas tienen una tendencia clara a enfatizar en temáticas principalmente relacionadas con lo Ambiental y la Política, lo cual es evidencia de una perspectiva que apunta a la *“reducción de conflictos y explotación de recursos”* (D2.2 5.2), un *“impacto positivo según el uso de minerales”* (D2.2 5.6), así como también la consideración de *“costos altos en investigación”*, como consecuencias económicas de la puesta en marcha de proyectos ligados a la Astrominería. De igual manera, surgen voces que indican que puede existir una *“reducción de explotación de recursos en la Tierra”* (D2.2 5.2), el *“uso de minerales para avances médicos, tecnológicos, ambientales”* (D2.2 5.6), en contraparte con un *“impacto en el medioambiente: sostenibilidad o contaminación (basura espacial)”* (D2.2 5.8), coincidiendo en que se debe considerar la *“exploración de otras aristas como el impacto en el medioambiente”* (D2.2 5.9) desde la perspectiva ambiental.

También es interesante apreciar que un considerable grupo de respuestas atienden a consecuencias relacionadas con la Biología, como se plasma en argumentos que caracterizan las *“mejoras en la calidad de vida de los trabajadores y personas enfermas [... a partir de una]*

*investigación para mitigar riesgos y mejorar la seguridad” (D2.2 5.9), pero teniendo en cuenta que el actuar sobre rocas del espacio puede producir un “impacto ambiental: introducción de virus o materiales desconocidos” (D2.2 5.6) que afectan la salud de las personas. En esa línea, se consideran también aspectos de cuidado Psicológico, donde se menciona el “impacto en la vida de las personas” (D2.2 5.2) coincidiendo con el hecho de que existiría una “imposibilidad de asegurar completamente la calidad de vida” (D2.2 5.5), lo cual exige “generar seguridad en las personas respecto a los riesgos” (D2.2 5.8) de la mano con “seguridad de las personas involucradas” (D2.2 5.10) asociadas a la actividad minera espacial.*

Todo lo anterior realza la importancia de discutir el desarrollo de la Astrominería considerando los impactos que traería para la población, su calidad de vida, las oportunidades económicas de los territorios, los efectos sobre la salud física y mental, así como los desafíos ambientales que suponen. Así mismo, los resultados reflejan contrastes entre los beneficios y costos asociados a investigaciones que, por su parte, llevan más de una década en desarrollo y que se hacen cada vez más posibles de concretar con los avances tecnológicos actuales por parte de agencias públicas y privadas de exploración espacial (Marinho y Reis, 2019). El hecho de que estas miradas diversas se den lugar en la discusión propuesta del taller de intervención, así como los diferentes argumentos distribuidos en diferentes dimensiones de complejidad y de niveles de realidad se desarrollen en las respuestas recogidas, coincide con los alcances que proponen temáticas que han sido definidas como CSC (Sadler & Foulk, 2020; Nielsen, 2021), y que justifican la temática abordada desde esta perspectiva.

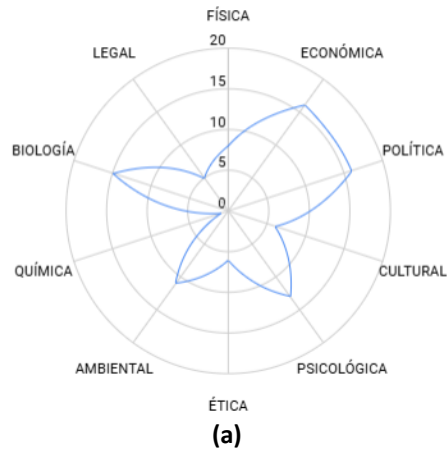
#### **4.6.3. Relaciones entre RE y dimensiones argumentativas**

Con el fin de establecer una relación entre las RE apreciadas en el Cuestionario y las dimensiones de complejidad y realidad detectadas en el análisis de las respuestas obtenidas en los Dispositivos, la Figura 16 agrupa la tendencia total del segundo taller de intervención junto con las RE obtenidas en el PosTest, durante la sesión final del proceso.

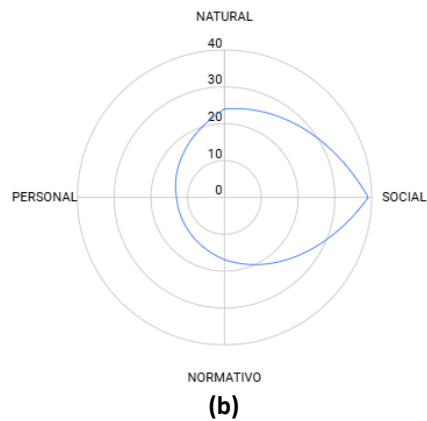
**Figura 16**

Resultados obtenidos en el segundo taller de intervención didáctica

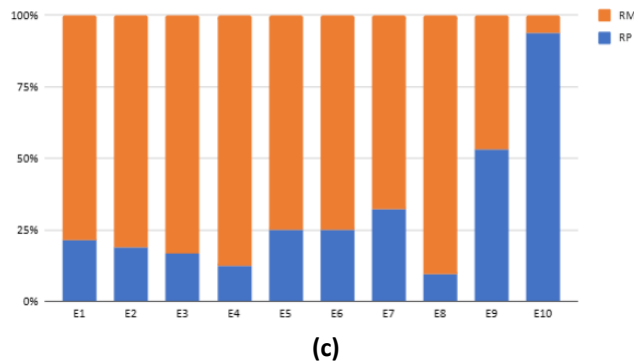
CATEGORÍAS SEGÚN RESPUESTAS RELACIONADAS A LA ASTROMINERÍA



NIVELES DE REALIDAD SEGÚN RESPUESTAS RELACIONADAS A LA ASTROMINERÍA



POST-TEST



Nota: Respuestas consolidadas del cierre del proceso de intervención. La imagen (a) considera las categorías de complejidad identificadas en el taller de Astrominería, mientras que en (b) se observan los niveles de pluralismo asociados. La imagen (c) corresponde a las representaciones epistemológicas obtenidas en el PosTest.

En primer lugar, es interesante apreciar la diversidad de categorías que han surgido en el desarrollo de las respuestas a las preguntas presentadas en el taller, donde destacan aquellos ámbitos referidos a lo Ambiental, Político, Económico, Psicológico y Biológico. Además, se pueden identificar algunas menciones menores referentes a aspectos Culturales y Éticos. Tal como se ha mencionado anteriormente, estos resultados implican que las y los estudiantes demuestran una visión compleja respecto de los alcances involucrados en una CSC como lo es la Astrominería. Estos resultados son coherentes con los niveles de pluralismo en los cuales se pueden relacionar, poniendo nuevamente en evidencia una preponderancia respecto a los niveles Natural y Social, una presencia media en cuanto al nivel Normativo, y en menor medida, una tendencia hacia aspectos del nivel Personal.

Si bien los niveles principales detectados en este grupo de respuestas son coincidentes con los identificados en el primer taller, es importante destacar que las respuestas del grupo terminan considerando los cuatro niveles de realidad establecidos, lo que a su vez refuerza su capacidad argumentativa para explicar un fenómeno considerando todos los ámbitos que contempla.

Al relacionar estos hallazgos con las representaciones epistemológicas acerca de las competencias de pensamiento científico, claramente se puede apreciar que hay ciertas discrepancias entre lo que perciben de las dimensiones de una CPC en relación a cómo las ponen en práctica, en particular, a través de la argumentación. Esta idea se refuerza al observar las RE del enunciado E9 *“La promoción y el desarrollo de competencias de pensamiento científico, se logra solo con objetivos e instrucciones claras”*, donde destaca un posicionamiento relevante respecto del racionalismo positivista, mientras que las respuestas entregadas hacen énfasis a múltiples aspectos necesarios para la detección de problemáticas, soluciones y posibles impactos asociados al conjunto de conocimientos, tanto disciplinares como contextuales, los cuales se logran a través de diversas maneras de abordar los objetivos argumentativos que se persiguen.

Lo mismo ocurre en el caso del Enunciado 10 *“El profesorado con formación competente en ciencias (química, biología, entre otras), moviliza conocimientos y habilidades para manipular eficientemente instrumental científico”*, donde casi la totalidad de la muestra en estudio se posiciona desde un racionalismo positivista, a su vez que al argumentar respecto de las situaciones que requieren implementación, abordan diversos aspectos, económicos y sociales entre otros, para el desarrollo instrumental y tecnológico de la temática tratada. Además, las perspectivas argumentadas engloban tanto las disposiciones personales como los impactos ambientales que suponen dicha instrumentación.

En definitiva, resulta bastante interesante la existencia de estas contradicciones acerca de cómo se comprende y cómo se aplica una CPC, puesto que este fenómeno podría indicar que las y los docentes en formación inicial en ciencias, o no logran identificar el nivel de competencia científica que han alcanzado durante su proceso formativo, o bien, no comprenden los aspectos teórico-prácticos que definen una CPC dentro de un marco epistemológico.

## CAPÍTULO V:

### CONCLUSIONES

La presente investigación abordó el análisis de las representaciones epistemológicas acerca de las competencias de pensamiento científico, así como el grado de complejidad y pluralismo al momento de poner en práctica una CPC por parte de docentes en formación del área de química, integrando un enfoque mixto que permitió combinar el análisis estadístico con la interpretación cualitativa. Este enfoque, basado en los paradigmas interpretativo y de complejidad, facilitó una comprensión integral de la manera en que estudiantes de pedagogía en una última etapa de su proceso lectivo, se posiciona respecto de una Controversia Sociocientífica de interés como lo es el estudio emergente de la Astrominería y sus consecuencias sobre el desarrollo de la humanidad. Las conclusiones presentadas a continuación están organizadas en función de los objetivos específicos y del general, así como en relación con las hipótesis planteadas.

En relación con el primer objetivo, que buscaba *Identificar las representaciones epistemológicas acerca de las competencias de pensamiento científico en docentes en formación inicial en Química*, los resultados revelaron que existe una mixtura entre los posicionamientos racionalistas positivista y moderado, aun cuando epistemológicamente son contrarios entre sí. Aun cuando estos resultados son coherentes con investigaciones anteriores (Quintanilla et al., 2020), se ha podido identificar que el grado de aceptación de una postura racionalista moderado es preponderante en relación a aspectos en el ámbito del aprendizaje de las ciencias y sus alcances para la comprensión de situaciones atinentes a la realidad. Mientras que, en relación a los procedimientos e instrumentos utilizados para la comprobación de fenómenos asociados a la química, prevalece una mirada positivista en cuanto a su ejecución y puesta en marcha. Todo lo anterior indica que aún existen ideas arraigadas con la replicabilidad de la ciencia como conducto para la comprensión de los fenómenos que contempla, en este caso particular, el estudio de la química, aun cuando se expresa la importancia de flexibilizar las perspectivas

según el contexto en los cuales dichos fenómenos se hacen relevantes para su estudio y aplicación.

Respecto del segundo objetivo específico, que perseguía el *Implementar una secuencia de intervención didáctica basada en el análisis de controversias sociocientíficas de interés para el profesorado en formación en Química*, se ha logrado plantear una secuencia metodológica basada en las discusiones y análisis crítico de una temática de interés que involucra el conocimiento de propiedades químicas y su relevancia a la hora de analizar los posibles impactos que surgen desde la investigación de proyectos ligados a la Astrominería en respuesta a la necesidad de contar con recursos minerales que contribuyan al desarrollo de tecnologías sustentables. Esta secuencia ha sido validada por expertos en materias relacionadas con la Geoquímica de los Minerales, la Astrofísica y la Didáctica de las Ciencias, y puesta en ejecución con apoyo de especialistas, los cuales no solo guiaron los talleres que fueron diseñados, sino que aportaron perspectivas enriquecedoras tanto para la formación inicial docente, como para la propia implementación de la intervención didáctica.

En el caso del tercer objetivo específico, que se enfoca en *Analizar el grado de complejidad de los argumentos desarrollados por el profesorado en formación acerca de las temáticas abordadas en una intervención didáctica, así como el nivel de realidad al cual responden*, se pudo determinar, a partir de los paradigmas interpretativo y de complejidad bajo los cuales se realizó el análisis de los datos obtenidos, que mientras mayor profundidad acerca de un tema es exigido a través de las preguntas propuestas, mayor es el grado de complejidad que demuestran los argumentos del grupo respecto de las categorías en las cuales se clasifican sus respuestas. Sin embargo, de manera inversamente proporcional, sus argumentos tienden a prescindir de niveles de pluralismo. Esta situación se puede explicar considerando que, durante su trayectoria universitaria, el énfasis formativo está orientado hacia los niveles Natural y Social, por sobre los Normativo y Personal. Es decir, la formación docente en ciencias está orientada hacia el manejo disciplinar desde un marco Natural (Biología, Química, Física), orientado a comprender situaciones del ámbito Social (Político, Económico, Ambiental, entre otras), dejando

relegada la función Personal (Psicología, Moral, Emocional) así como la normativa (Ética, Legal, Cultural). Esta conclusión de resultados es coherente con las trayectorias formativas que se aprecian en las mallas curriculares de las carreras de pedagogía en ciencias, las cuales aun cuando incluyen estudios de Desarrollo Psicológico o Marcos Legales, no son el foco del desarrollo de las y los actuales docentes en formación inicial docente en ciencias, y particularmente en el área de la Química.

Para el cuarto y último objetivo específico, centrado en *Relacionar las representaciones epistemológicas acerca de las competencias de pensamiento científico, con las dimensiones de complejidad y niveles de realidad incluidas en los argumentos desarrollados en los instrumentos de análisis utilizados*, se ha logrado establecer una conexión entre los posicionamientos epistemológicos y el desarrollo práctico de una Competencia de Pensamiento Científico, como es el caso de la argumentación científica. En particular, se puede establecer que, así como existe una tendencia mayoritaria hacia el grado de aceptación del racionalismo moderado referente a las CPC, existe a su vez un alto grado de complejidad al momento de argumentar acerca de la identificación de problemáticas relacionadas con la temática discutida y las posibles soluciones que se proponen a esta, enfatizando en la multiplicidad de dimensiones de análisis y destrezas necesarias para su comprensión. En este sentido, durante el proceso de implementación de la secuencia didáctica, así como el análisis posterior de los datos recogidos, las y los participantes del estudio han demostrado una interrelación entre los conocimientos, actitudes, destrezas y contextos necesarios para abordar una Controversia Sociocientífica innovadora, lo cual se corresponde con las dimensiones necesarias en la formación de profesionales de la educación científicamente competentes.

Los hallazgos obtenidos en los objetivos específicos permiten concluir que el objetivo general de esta investigación, *Evaluar la relación entre las representaciones epistemológicas y la puesta en práctica de competencias de pensamiento científico por parte del profesorado en formación en Química, al participar de un taller de intervención didáctica centrado en una Controversia Sociocientífica*, fue alcanzado exitosamente al integrar las múltiples perspectivas

metodológicas desarrolladas. El análisis mixto proporcionó una comprensión holística de la manera en que relacionan el conocimiento científico con el contexto en el cual se desarrolla, acorde con la complejidad inherente de la realidad con los diferentes avances científicos y tecnológicos, así como los impactos y necesidades que surgen desde las controversias emergentes en la actualidad, como es el caso de la Astrominería.

Es importante mencionar en este punto que se hallaron contradicciones epistemológicas respecto de la manera en que el grupo percibe cómo se desarrolla una CPC en relación a la manera en que se pone en práctica, puntualmente en la consideración de elementos procedimentales e instrumentales de la actividad científica. No obstante, esta relación de contradicción solo se da en un pequeño grupo de aspectos relevantes acerca de las CPC, mientras que en el conjunto restante de ideas existe un grado de concordancia entre ambas perspectivas.

Así es como los resultados obtenidos permiten confirmar la hipótesis planteada, la cual establecía que *Existe una relación entre las representaciones epistemológicas y la puesta en práctica de competencias de pensamiento científico por parte del profesorado en formación en Química, al participar de un taller de intervención didáctica centrado en una Controversia Sociocientífica*, mientras que la hipótesis nula fue rechazada dado que se logró identificar la coherencia entre los conocimientos apropiados y la manera en que los aplican a partir de las acciones realizadas. Este hallazgo resalta la necesidad de considerar la CSC expuesta como un factor clave en el desarrollo de competencias científicas y argumentativas del profesorado en formación en el área de la química.

Con todo lo anterior, la pregunta de investigación propuesta en este trabajo, la que plantea *¿Cuál es la relación entre las representaciones epistemológicas y la puesta en práctica de competencias de pensamiento científico por parte del profesorado en formación en Química, al participar de un taller de intervención didáctica centrado en una controversia sociocientífica?*, se responde atendiendo lo expuesto anteriormente. En resumen, la relación que existe entre los

hallazgos referidos a las RE y el desarrollo de CPC responde a la confirmación de la necesidad de explorar desde múltiples perspectivas aquellas temáticas que son de interés para el desarrollo de la humanidad en cuanto a la calidad de vida, el porvenir socioeconómico y su injerencia para la toma de decisiones que involucren a la población.

Desde el paradigma interpretativo, los resultados cualitativos proporcionan una comprensión profunda de las experiencias de los participantes, relacionando tanto su valoración específica acerca de los aspectos que involucran la comprensión de una CPC como la manera en que desarrollan respuestas que atienden al problema planteado en la amplitud de su complejidad. En este sentido, el paradigma de la complejidad permitió abordar las interacciones y dinámicas sistémicas en las respuestas del grupo, mostrando cómo los elementos analizados se interrelacionan y generan efectos emergentes que son de interés para el desarrollo formativo de las ciencias naturales y de la química en particular, desde una mirada contextualizada y atingente con la actualidad del mundo.

A partir de los resultados obtenidos, se presenta un enorme desafío para las futuras generaciones formativas en las instituciones dedicadas a la preparación del profesorado, particularmente de expandir la perspectiva de aprendizaje hacia ámbitos fundamentales respecto de la Ética y del desarrollo Cultural que representa un proceso de aprendizaje que puede ser implementado en el sistema educativo escolar, pues responde a los propósitos formativos declarados en el marco curricular vigente.

Dicho lo anterior, se considera como desafío para una futura investigación el incorporar una tercera dimensión de análisis ontológico en las respuestas de los dispositivos, la cual se enfoque en evaluar la correcta relación entre los objetos materiales y sus propiedades, así como sus interacciones en la realidad. Es decir, el grado de exactitud en el contenido del conocimiento científico involucrado.

## CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aikenhead, G. (2018). *Science education for everyday life: Evidence-based practice*. Teachers College Press.

Amdayani, S., Dibyantini, R., Darmana, A., y Dalimunthe, M. (2022). Development of Socio-Scientific Issues Based Reaction Rate Module and Science Literacy Oriented. En *Proceedings of the 4th International Conference on Innovation in Education, Science and Culture, ICIESC 2022. 11 October 2022, Medan, Indonesia*. <https://doi.org/10.4108/eai.11-10-2022.2325292>

Aragón, L., y Cabarcas, K. (2023). Entorno social vivencial de los estudiantes y la contextualización de los contenidos para el aprendizaje de la Química. *Revista Latinoamericana Ogmios*, 3(7), 128–140. <https://doi.org/10.53595/rlo.v3.i7.059>

Arias, M. y Navarro, M. (2017). Epistemología, Ciencias y Educación Científica: premisas, cuestionamientos y reflexiones para pensar en la cultura científica. *Actualidades Investigativas en Educación*, 17(3), 774-794. <https://dx.doi.org/10.15517/aie.v17i3.29878>

Avila, R. (2004). La observación, una palabra para desbaratar y re-significar. *Cinta moebio*, 21, 189-199. [www.moebio.uchile.cl/21/avila.htm](http://www.moebio.uchile.cl/21/avila.htm)

Bunge, M. (2003). *Emergence and Convergence: Qualitative Novelty and the Unity of Knowledge*. University of Toronto Press.

Bunge, M. (2007). *A la caza de la realidad*. Barcelona: G. S. A. Ed.

Candia, C. (2020). La dimensión ética de la Investigación educativa. *Revista Ethika+*, (1), 46-69.  
<https://doi.org/10.5354/2452-6037.2020.57076>

Contreras-Baeza, F. (2022). Aprender ciencias con visitas escolares: Características y dificultades desde la perspectiva del profesorado. *REIRE Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 15(1), 1–15. <https://doi.org/10.1344/reire.37189>

Cortés, M., & Rodríguez, R. (2021). Alimentación y enfermedades neurodegenerativas, una cuestión sociocientífica para desarrollar la habilidad argumentativa. *Praxis & Saber*, 12(31), e11452. <https://doi.org/10.19053/22160159.v12.n31.2021.11452>

Creswell, J. W. (2015). *A concise introduction to mixed methods research*. Sage publications.

De La Fuente, R., Astroza, V., y Quintanilla, M. (2015). Identificación, caracterización y análisis de ideas alternativas acerca de la noción de relaciones interespecíficas en estudiantes de secundaria de Chile. En las IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales.

Díaz, T. (2018). Las competencias Docentes en contexto de Pedagogía Hospitalaria. XVII° congreso Nacional y XI° Congreso Internacional de Investigadores en Educación. "*La investigación al servicio de la educación: inclusión, ciudadanía, tecnologías e innovación, en la sociedad del conocimiento*". INVEDUC. Osorno, Chile.

Díaz-Moreno, N., Caparrós-Martín, E., Sierra-Nieto, E. (2019). Las controversias sociocientíficas como herramienta didáctica para el desarrollo de la alfabetización científica. *International Journal of Educational Research and Innovation (IJERI)*, 12, 261-281.  
<https://doi.org/10.46661/ijeri.2905>

Díaz-Moreno, N., y Jiménez-Liso, R. (2014). Las controversias sociocientíficas como contexto en la enseñanza de las ciencias. En M.A. de las Heras (Coord.) *Investigación y transferencia para una educación en ciencias: un reto emocionante*, 693-701.

Domènech-Casal J. (2018) Comprender, Decidir y Actuar: una propuesta de marco para la Competencia Científica para la Ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(1), 1105.  
[https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2018.v15.i1.1105](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i1.1105)

Espinoza Freire, E. E. (2018). El problema de investigación. *Revista Conrado*, 14(64), 22-32.  
<http://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado>

Figuroa, A. (2019). Innovaciones en la formación inicial docente y los desafíos para el desarrollo profesional docente. *Revista Saberes Educativos*, (2), 103–119.  
<https://doi.org/10.5354/2452-5014.2019.52120>

Faúndez, C., Rojas, Y., Pinto, A., y Astudillo, H. (2015). Taller de Física Cuántica: un Método para Introducir Conceptos Fundamentales en una Actividad Extracurricular. *Formación universitaria*, 8(2), 53-62. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062015000200008>

Fourez, G. (2008) *Cómo se elabora el conocimiento científico. La epistemología desde un enfoque constructivista*. Serie Educación hoy estudios. Madrid: Narcea ediciones.

Furman, M., Jarvis, D., Luzuriaga, M., y Podestá, M. (2019). Aprender a mirar el mundo con ojos científicos. *Aprender ciencias en el jardín de infantes*, 11–23.

Gollerizo-Fernández, A., y Clemente-Gallardo, M. (2019). Aprender a comunicar ciencia aumenta la motivación del alumnado: La jornada científica como una propuesta didáctica en

educación secundaria. *Revista Electrónica Educare*, 23(2), 105-127.  
<https://dx.doi.org/10.15359/ree.23-2.6>

Guajardo, M. y Quiroz, W. (2020). Categorías ontológicas del concepto de energía en textos escolares de ciencias de Chile. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(1), 165-182.  
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2682>

Guzmán, J. (2017). Representaciones epistemológicas y de aprendizaje en profesores de Ciencias Naturales. *Ethos Educativo*, 51, 11-20. <https://imced.edu.mx/Ethos/Archivo/51/51-1.pdf>

Hadjichambis, A. C., Paraskeva-Hadjichambi, D., y Mesaritou, E. (2020). Educating for environmental citizenship: A sociocultural approach. In A. C. Hadjichambis, P. Reis, D. Paraskeva-Hadjichambi, J. Činčera, M. Boeve-de Pauw, N. Gericke, & M. Knippels (Eds.), *Conceptualizing environmental citizenship for 21st century education* (pp. 237–263). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-20249-1>

Hernández, O. (2021). Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 37(3), e1442. Epub 01 de septiembre de 2021.

Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, C (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.

Herrera, L., Buitrago, R., y Ávila, A. (2016). Empathy in future teachers of the Pedagogical and Technological University of Colombia. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 5(1), 30-37. <https://doi.org/10.7821/naer.2016.1.136>

Hodson, D. (2021). *Science education in an age of misinformation: Fostering critical engagement in learners*. Routledge.

Izquierdo, M. (2007). Enseñar ciencias, una nueva ciencia. *Enseñanza de las Ciencias Sociales*, 6, 125-138. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=324127626010>

James, S., Chandran, S., Santosh, M., Pradeepkumar, A.P., Praveen, M.N. y Sajinkumar, K.S. (2022). Meteorite impact craters as hotspots for mineral resources and energy fuels: A global review. *Energy Geoscience*, 3(2), 136-146. <https://doi.org/10.1016/j.engeos.2021.12.006>

Jerez, B. P., Bolados, P., y Torres, R. (2023). La eco-colonialidad del extractivismo del litio y la agonía socioambiental del Salar de Atacama: El lado oscuro de la electromovilidad “verde”. *Revista Austral De Ciencias Sociales*, (44), 73–91. <https://doi.org/10.4206/rev.austral.cienc.soc.2023.n44-04>

Jorba, J. y Sanmartí, N. (1996). Enseñar, aprender y evaluar, un proceso de regulación continua: propuestas didácticas para las áreas de Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas. <http://www.redined.mec.es/oai/indexg.php?registro=008199720076>.

Kubota Rojas, D. (2024). Chile y la ausencia de una política de educación en minería. Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/200496>

Kuhn, T. (2012). *The Structure of Scientific Revolutions: 50th Anniversary Edition*, University of Chicago Press. Traducción española: *La Estructura de las Revoluciones Científicas*, traducción de Carlos Solís, segunda edición, Fondo de Cultura Económica, México, 2004.

Latour, B. (1987). *Science in action: How to follow scientists and engineers through society*. Harvard University Press.

Lehr, S., Caliskan, A., de Sunerragiri, L. y Banaji, Mahzarin (2024). ChatGPT as Research Scientist: Probing GPT’s capabilities as a Research Librarian, Research Ethicist, Data Generator, and

Data Predictor. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 121(35), e2404328121.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.2404328121>

Levinson, R., & Pérez, J. (2022). *Science teaching in a society of uncertainty and rapid change*. Springer.

Liu, W., Agusdinata, D. y Myint, S. (2019). Spatiotemporal patterns of lithium mining and environmental degradation in the Atacama Salt Flat, Chile. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 80, 145-156.  
<https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.04.016>

Marinho, H. y Reis, C. (2019). Minerales espaciales: cosas de nadie en beneficio de todos. *Derecho PUCP*, (83), 89 -131. <https://doi.org/10.18800/derechopucp.201902.004>

Martín-Gámez, C., & Erduran, S. (2018). Understanding argumentation about socio-scientific issues on energy: a quantitative study with primary pre-service teachers in Spain. *Research in Science & Technological Education*, 36(4), 463–483.  
<https://doi.org/10.1080/02635143.2018.1427568>

Martín-García, J.; Dies-Álvarez, M<sup>a</sup>. E. (2022). La educación científica en el contexto de las competencias clave: un ejemplo de lo que la educación no formal puede aportar. *EDUCA International Journal*, 2(2), 116-133. <https://doi.org/10.55040/educa.v2i2.31>

Martínez, L. (2014). Cuestiones sociocientíficas en la formación de profesores de ciencias: aportes y desafíos. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 36, 77-94.

Martínez, L., y Gallo, D. (2021). Argumentación de futuros profesores de química sobre la anorexia tratada como cuestión sociocientífica. *Praxis & Saber*, 12(30), e11847.  
<https://doi.org/10.19053/22160159.v12.n30.2021.11847>

- Martinez, M. (2011). El paradigma sistémico, la complejidad y la transdisciplinariedad como bases epistémicas de la investigación cualitativa. *Revista Electrónica de Humanidades, Educación y Comunicación Social*, 6(11), 6-27.
- Maturana, H. y Dávila, X. (2021). *La revolución reflexiva. Una invitación a crear un futuro de colaboración*. Paidós. 172 pp.
- Merton, R. K. (1973). *The sociology of science: Theoretical and empirical investigations*. University of Chicago Press.
- Ministerio de Energía (2020). *Estrategia nacional de Hidrógeno Verde*. Gobierno de Chile.
- Miranda, S. y Ortiz, J. (2020). Los paradigmas de la investigación: un acercamiento teórico para reflexionar desde el campo de la investigación educativa. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 11(21), e064. Epub 23 de abril de 2021. <https://doi.org/10.23913/ride.v11i21.717>
- Morin, E. (1999). *El pensamiento complejo: Ensayo del pensamiento complejo*. Gedisa.
- Morin, E. (2007). *Introducción al pensamiento complejo*. Gedisa.
- Morín, E. (2021) *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. Santillana/UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000378091>
- Mousalli, Gloria. (2017). *Los Instrumentos de Evaluación en la Investigación Educativa*. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.12908.67201>

Nielsen, J. A. (2021). Fostering critical thinking through socio-scientific issues in science education. *Journal of Science Education*, 45(3), 245–260. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1917816>

Nowotny, H., Scott, P., y Gibbons, M. (2001). Re-thinking science: Knowledge and the public in an age of uncertainty. Polity Press.

Olivares-Petit, C., Cerda, M., Madariaga, B. y Quintanilla-Gatica, M. (2024). Controversias sociocientíficas en la formación inicial docente: una reflexión desde el contexto chileno. *Sisyphus – Journal of Education*, 12(3), 8-28. <https://doi.org/10.25749/sis.36567>

Orellana-Sepúlveda, C., Quintanilla-Gatica, M. y Páez-Cornejo, R. (2018). Concepciones sobre enseñanza y aprendizaje de las Ciencias Naturales de educadoras de párvulos en formación en Chile y sus relaciones con modelos de racionalidad científica. *Ciência & Educação (Bauru)*, 24(4), 1029-1041. <https://doi.org/10.1590/1516-731320180040014>

Ortega Sánchez, D., y Castellví, J. (2023). *¿Cómo investigar en didáctica de las ciencias sociales? fundamentos metodológicos, técnicas e instrumentos de investigación*. Octaedro.

Otzen, T., y Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227-232. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>

OECD (2007). *PISA 2006 : Marco de la evaluación: Conocimientos y habilidades en ciencias, matemáticas y lectura*, Santillana Educacion S.L., Madrid, <https://doi.org/10.1787/9789264066168-es>

Pozo, J. I., Scheuer, N., Pérez, M. D., Mateos, M., Martín, E. y De la Cruz, M. (2006). Nuevas formas de pensar la enseñanza y el aprendizaje. Las concepciones de profesores y alumnos. España: Graó.

Quintanilla, M. (2014). *Las Competencias de Pensamiento Científico desde las “emociones, sonidos y voces” del aula*. Santiago: Editorial Bellaterra Ltda.

Quintanilla, M. (2024). Scientific Thinking Skills in the Classrooms: Theoretical and Methodological Contributions to Promote and Develop Higher-Level Learning Competences In: Quintanilla, M & Adúriz, A. (2024) *Science Teaching and a New Teacher Culture. Challenges and Opportunities*. Springer, Ed. UC, Chapter 1, 1-28

Quintanilla, M. y Adúriz-Bravo, A. (2022). Las competencias de pensamiento científico en el aula. Enseñanza de las ciencias para una nueva cultura docente. Ediciones UC, 29-31.

Quintanilla-Gatica, M., Labarrere, A. y Orellana, C. (2022). Perfiles epistemológicos sobre resolución de problemas científicos en educadoras de infantil. *Enseñanza de las Ciencias*, 40(3), 29-50. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3518>

Quintanilla-Gatica, M., Orellana-Sepúlveda, C. y Páez-Cornejo, R. (2020). Representaciones epistemológicas sobre competencias de pensamiento científico de educadoras de párvulos en formación. *Enseñanza de las Ciencias*, 38(1), 47-66. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2714>

Quintanilla-Gatica, M. R., Orellana-Sepúlveda, C., Solsona-Pairo, N., & Carrasco-Monroy, P. A. (2023). Género y formación inicial del profesorado de ciencias en Chile: una aproximación desde sus racionalidades epistemológicas. *Ciência & Educação (Bauru)*, 29(), 1-15. <https://doi.org/10.1590/1516-731320230051>

Quintanilla Gatica, M., Olivares-Petit, C., Madariaga, B., Ortiz, B. B., Domingo, J. A. M., Fernández, C. R. F., y Maldonado, J. J. V. (2024). Competencias de pensamiento científico en la formación inicial del profesorado en química: nuevos desafíos. En *Investigación para la mejora de las prácticas educativas desde una perspectiva holística* (1st ed., pp. 3743–3750). Dykinson, S.L. <https://doi.org/10.2307/ji.22246998.316>

Quiroz (2023), *Podemos y Debemos Investigar: Ciencia para la ciudadanía activa*. Editorial: Ediciones universitarias de Valparaíso (EUV). ISBN:978-956-17-1048-1

Ramírez, J. (2017). Representaciones epistemológicas y de aprendizaje en profesores de Ciencias Naturales. *Ethos Educativo*, 51, 11-20. Recuperado de <http://www.imced.edu.mx/Ethos/Archivo/51/51-1.pdf>

Rodríguez, J y Reguant, M. (2020). Calcular la fiabilitat d'un qüestionari o escala mitjançant l'SPSS: el coeficient alfa de Cronbach. *REIRE Revista d'Innovació i Recerca En Educació*, 13(2), 1–13. <https://doi.org/10.1344/reire2020.13.230048>

Requena, B. (2014). *Muestreo no probabilístico*. Recuperado 15 de diciembre de 2024, de <https://www.universoformulas.com/estadistica/inferencia/muestreo-noprobabilistico/>

Reyes, O., Hernández-Moncada, M. (2021). Formato de Validación de Contenido por Juicio de Expertos. *Instrumentos Cuantitativos*. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.26812.36486>

Rivera, N. y Aroca, P. (2014). Escalas de producción en economías mineras: El caso de Chile en su dimensión regional. *EURE (Santiago)*, 40(121), 247-270. <https://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612014000300012>

Ruffinelli, A., Cisternas, T., Föster, C. y Donoso, F. (2023). La Evaluación Nacional Diagnóstica (END): percepciones y consideraciones para la Formación Inicial Docente desde

estudiantes y directores de carreras. *Revista Calidad en la Educación*, 59, 268-298.  
<https://doi.org/10.31619/caledu.n59.1410>

Sadler, T. D., & Foulk, J. A. (2020). *Science in socio-scientific issues: Evidence-based strategies for the classroom*. Springer.

Solbes, J. (2019). Cuestiones socio-científicas y pensamiento crítico: Una propuesta para cuestionar las pseudociencias. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 46.  
<https://doi.org/10.17227/ted.num46-10541>

Suparman, A. R., Rohaeti, E., y Wening, S. (2022). Development of Attitude Assessment Instruments Towards Socio-Scientific Issues in Chemistry Learning. *European Journal of Educational Research*, 11(4), 1947-1958. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.11.4.1947>

UNESCO. (2020). *Education for sustainable development goals: Learning objectives*. UNESCO Publishing. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373238>

Zeidler, D. L., y Nichols, B. H. (2009). Socioscientific issues: Theory and practice. *Journal of Elementary Science Education*, 21(2), 49–58. <https://doi.org/10.1007/BF03173684>

Zeidler, D. L. (2021). Socioscientific issues in science education: The case for new generations of citizenship. *Cultural Studies of Science Education*, 16(2), 365–391.  
<https://doi.org/10.1007/s11422-021-10022-6>

Zúñiga, A., Durán, A., Chavarría, J., Gamboa, R., Carballo, A., Vargas, X., Campos, N., Sevilla, C., y Torres, I. (2020). Diagnóstico de Necesidades de Formación de Docentes de Biología, Química, Física y Matemáticas, en Áreas Disciplinarias, Pedagógicas y Uso de Tecnologías para Fomentar Habilidades de Pensamiento Científico. *Revista Electrónica Educare*, 24(3), 1-29 <https://doi.org/10.15359/ree.24-3.23>

# **ANEXOS**

**ANEXO 1: CUESTIONARIO DE REPRESENTACIONES SOBRE ASPECTOS RELEVANTES PARA LA FORMACIÓN PROFESIONAL - PROYECTO FONDECYT 1231325**



**Estimado(a) profesional en formación en el área de Química:**

Quien suscribe, **Mario Quintanilla-Gatica**, académico e investigador de la Facultad de Educación de la Pontificia Universidad Católica de Chile, se dirige a usted con la finalidad de invitarle a responder el presente Cuestionario que se hace parte de la investigación "*Identificación y caracterización de competencias argumentativas y explicativas en profesorado de química y biología en formación inicial. Su contribución al desarrollo profesional docente desde una perspectiva socio-científica*" que lidera el profesor que suscribe y en la que participan además, en calidad de coinvestigadores y co-investigadoras, académicos de la Universidad de Santiago de Chile (USACH), Universidad Católica de Valparaíso (PUCV) y Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación (UMCE).

Su principal finalidad es identificar y caracterizar sus representaciones previas sobre aspectos relevantes para la formación profesional tales como: enseñanza de las ciencias, evaluación de aprendizajes científicos, resolución de problemas y competencias de pensamiento científico (CPC) de profesionales en formación de carreras de ciencias experimentales, humanidades y ciencias sociales.

Agradecemos desde ya su valiosa colaboración en responder este instrumento, pues su aporte contribuirá con evidencias para mejorar la calidad de la formación de ciencias.

**TODA LA INFORMACIÓN QUE SE RECOPILE ES DE USO ESTRICTAMENTE CONFIDENCIAL**

Equipo de Investigación  
Proyecto.

**I. Antecedentes Personales**

1. Nombre completo (opcional):

2. Año de nacimiento:

3. Género: M (  ) F (  ) NB (  )

4. Dependencia institucional de la cual egresaste:

a. Particular pagado	<input type="checkbox"/>
b. Particular subvencionado	<input type="checkbox"/>
c. Municipalizado	<input type="checkbox"/>

Otra (indícala):

5. Proyecto Educativo de la institución

d. Laico	<input type="checkbox"/>
e. Religioso	<input type="checkbox"/>

## Instrucciones

1.- El presente cuestionario consta de 50 enunciados divididos en 5 dimensiones: enseñanza de las ciencias, aprendizaje de las ciencias, evaluación de aprendizajes científicos, resolución de problemas científicos y competencias de pensamiento científico.

2.- Te solicitamos asignar una valoración en cada enunciado, según la siguiente escala, marcando con una X en el cuestionario:

VALORACIONES	CLAVE	PUNTAJE	DESCRIPCIÓN DE LA VALORACIÓN
Totalmente de Acuerdo	TA	4	<i>Si <b>compartes</b> el contenido del enunciado tal y como está redactado</i>
Parcialmente de Acuerdo	PA	3	<i>Si <b>compartes</b> el contenido central del enunciado en algunos de sus aspectos</i>
Parcialmente en Desacuerdo	PD	2	<i>Si <b>no compartes</b> el contenido central del enunciado, aunque estás de acuerdo en alguno de sus aspectos</i>
Totalmente en Desacuerdo	TD	1	<i>Si <b>no compartes</b> el contenido central del enunciado en ninguno de sus aspectos</i>

3.- Dispones de 50 minutos como máximo para responder el cuestionario.

4.- Asigna el puntaje según la valoración correspondiente (TA= 4, PA=3, PD=2, TD= 1) a cada uno de los enunciados.

5.- En cada una de las 5 dimensiones, selecciona al menos 2 enunciados y **explica o argumenta** por qué los elegiste. Al finalizar revisa el cuestionario, pues deberías escribir al menos 10 explicaciones o argumentos de tu selección en la tabla incluida en la última página de este formato.

6.- Si no comprendes algún enunciado, **no lo respondas**.



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CHILE



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE  
VALPARAÍSO



USACH



UMCE  
el poder transformador de la educación

D 4	Dimensión:	TA (4)	PA (3)	PD (2)	TD (1)
	Resolución de Problemas Científicos				
31	La resolución de problemas científicos constituye el eje principal de los procesos de desarrollo del profesorado en formación en el ámbito de las ciencias.				
32	Los problemas diseñados para la actividad científica en el aula universitaria son problemas, sólo si surgen del mundo real del profesorado en formación.				
33	No siempre que se enseña un determinado concepto científico (química, biología, entre otras), se dispone de equipamiento apropiado, lo que constituye un problema para que el profesorado en formación aprenda.				
34	El enunciado de leyes, fórmulas y algoritmos de una teoría científica es suficiente para que el profesorado en formación aprenda ciencias (química, biología, entre otras).				
35	Es recomendable que el profesorado en formación se enfrente a problemas científicos (física, química, entre otras), en los cuales siempre exista una relación teórica entre conceptos.				
36	Se debe propiciar la resolución de problemas científicos en distintas asignaturas, en las que se compartan conceptos teóricos. Por ejemplo, <i>fuerza gravitatoria</i> (Física); <i>fuerza de disociación iónica</i> (Química).				
37	Para abordar situaciones problemáticas en la construcción de conocimientos se ha de considerar el lenguaje cotidiano del profesorado en formación.				
38	En la universidad se debe enseñar a resolver problemas científicos de manera <i>racional</i> (por ejemplo, el modelo de cambio químico) y <i>razonable</i> (por ejemplo, la explicación de la combustión de una vela).				
39	En la universidad se debe enseñar a resolver problemas científicos (química, biología, entre otras), entregando las fórmulas y/o algoritmos requeridos por el profesorado en formación.				
40	Un buen problema científico (química, biología, entre otras) es aquel que siempre conduce a un resultado numérico.				

D 5	Dimensión:	TA	PA	PD	TD
	Competencias de Pensamiento Científico	(4)	(3)	(2)	(1)
41	El profesorado en formación es competente en ciencias (química, biología, entre otras), cuando argumenta a partir de la búsqueda de explicaciones a los posibles resultados.				
42	Las mediciones SIMCE, PAES, PISA, TIMMS, reflejan competencias de pensamiento científico de manera válida y confiable.				
43	Las actividades que desarrollan competencias de pensamiento científico, se deben centrar en la entrega de datos, fórmulas y teorías.				
44	El profesorado en formación competente en ciencias (química, biología, entre otras), reconoce las limitaciones o ventajas de apoyarse en teorías para explicar un fenómeno.				
45	El profesorado en formación competente en ciencias (química, biología, entre otras), mejora sus conclusiones sólo a partir de sus observaciones sin necesidad de acudir a teorías.				
46	Una competencia de pensamiento científico es valorada por la sociedad, la comunidad científica y el propio sujeto que aprende.				
47	El desarrollo de habilidades y destrezas que se promueven en la universidad, contribuyen a las competencias de pensamiento científico para autorregular los aprendizajes.				
48	El profesorado en formación competente en ciencias integra conocimientos, actitudes y valores de la comunidad científica, en su proceso de aprendizaje (química, biología, entre otras).				
49	La promoción y el desarrollo de competencias de pensamiento científico, se logra sólo con objetivos e instrucciones claras y precisas.				
50	El profesorado con formación competente en ciencias (química, biología, entre otras), moviliza conocimientos y habilidades para manipular eficientemente instrumental científico.				



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CHILE



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE  
VALPARAÍSO



USACH



UMCE  
el poder transformador de la educación

D 1	Dimensión:	TA (4)	PA (3)	PD (2)	TD (1)
	Enseñanza de las ciencias				
1	Las ciencias (química, biología, entre otras) que se enseñan en el aula universitaria son conocimientos sin componentes ideológicos, sociales y culturales.				
2	La enseñanza de las ciencias (química, biología, entre otras) permite que el profesorado en formación reemplace sus modelos incorrectos acerca de la realidad, por conceptos científicamente correctos.				
3	Las actividades experimentales no son imprescindibles para justificar la enseñanza de los modelos teóricos de las ciencias.				
4	La enseñanza de las ciencias (química, biología, entre otras) en la universidad debe considerar el significado que el profesorado en formación tiene de un concepto, aunque éste no corresponda con el significado científico correcto.				
5	La enseñanza de teorías científicas debe promover la relación entre los conceptos científicos, en los diferentes campos disciplinares.				
6	La enseñanza de las ciencias (química, biología, entre otras) promueve en el profesorado en formación, una actitud ciudadana crítica y responsable.				
7	La enseñanza reflexiva del método científico permite que el profesorado en formación cambie su forma de actuar frente a nuevas situaciones del mundo real.				
8	La enseñanza de las ciencias permite explicar el mundo cotidiano con fórmulas y lenguajes matemáticos.				
9	En la enseñanza de las ciencias lo que importa es cuánto sabe el estudiante al final del proceso, aún si no se consideran los conocimientos previos.				
10	La enseñanza de las ciencias (química, biología, entre otras) se basa en dejar que el profesorado en formación construya, por sí mismo, los conceptos científicos.				



D 2	Dimensión:	TA (4)	PA (3)	PD (2)	TD (1)
	Aprendizaje de las Ciencias				
11	El aprendizaje se adquiere en un proceso colectivo por el cual el profesorado en formación elabora conocimientos que pueden o no coincidir con los modelos teóricos de la ciencia.				
12	Aprender a aprender ciencias (química, biología, entre otras), implica evaluar y coevaluar con los compañeros las distintas actividades que promueve el docente en la universidad.				
13	Los modelos teóricos que se aprenden se corresponden con los modelos científicos válidamente aceptados.				
14	El aprendizaje científico (química, biología, entre otras) es un proceso por el cual el profesorado en formación relaciona sus conocimientos, tanto con el de sus pares como con el de otras fuentes.				
15	El aprendizaje científico (química, biología, entre otras) se produce cuando los docentes universitarios reemplazan las concepciones incorrectas del profesorado en formación por las teorías científicas válidamente aceptadas por la comunidad.				
16	Los modelos teóricos que aprende el profesorado en formación no deberían cambiar con nuevas experiencias.				
17	El aprendizaje científico (química, biología, entre otras) permite que el profesorado en formación sustituya totalmente las ideas previas o cotidianas (de sentido común) poco elaboradas, por otras del ámbito científico.				
18	El profesorado en formación debe participar en las decisiones acerca de qué y cómo aprender, porque él /ella es responsable protagónico de sus aprendizajes científicos.				
19	El profesorado en formación debe aprender solamente conceptos científicos mediante fórmulas conocidas.				
20	En el aprendizaje de las ciencias, el profesorado universitario proporciona al profesorado en formación información necesaria para que éstos la organicen según su propia experiencia.				



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CHILE



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE  
VALPARAÍSO



USACH



UMCE  
el poder transformador de la educación

D 3	Dimensión:	TA	PA	PD	TD
	Evaluación de los Aprendizajes Científicos	(4)	(3)	(2)	(1)
21	La evaluación dinámica y permanente de los conocimientos científicos es una estrategia para apoyar el proceso de aprendizaje del profesorado en formación.				
22	La autoevaluación puede potenciar en el profesorado en formación el proceso de aprendizaje de la naturaleza de la ciencia.				
23	El modelo teórico de evaluación que tiene el profesorado universitario no condiciona la forma como el profesorado en formación aprende ciencia.				
24	La evaluación sumativa en los diferentes cursos permite establecer cómo aprendió el profesorado en formación al final del proceso.				
25	Conocer las finalidades de la evaluación debiera favorecer la comunicación de los productos y procesos evaluativos, en el profesorado en formación de las diversas disciplinas científicas.				
26	Es posible el uso de otros instrumentos (informes de laboratorio, salidas a terrenos, trabajos grupales, entre otros) distintos a las pruebas para calificar los aprendizajes científicos (química, biología, entre otras).				
27	Los hechos, conceptos y principios de la ciencia constituyen el núcleo central de las calificaciones del profesorado en formación.				
28	Las estrategias, técnicas e instrumentos que se utilizan en la universidad para evaluar los aprendizajes científicos del profesorado en formación, deben ser objetivas para resultar justas.				
29	Las actitudes del profesorado en formación hacia la ciencia se pueden evaluar durante el desarrollo de las actividades experimentales.				
30	La evaluación de los aprendizajes científicos debe incorporar contenidos actitudinales, traducidos a indicadores de rendimiento (notas).				



**USACH**



**UMCE**  
el poder transformador de la educación

Enunciados seleccionados (señalar el número del enunciado)	Argumento o Explicación

## ANEXO 2: FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO - PROYECTO FONDECYT

1231325



### FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título del Proyecto: *Identificación y caracterización de competencias argumentativas y explicativas en profesorado de química y biología en formación inicial. Su contribución al desarrollo profesional docente desde una perspectiva socio-científica*

Nombre Investigador Responsable: Dr. MARIO QUINTANILLA-GATICA

Afiliación del Proyecto: FONDECYT 1231325

Usted ha sido invitada/o a participar en el estudio *“Identificación y caracterización de competencias argumentativas y explicativas en profesorado de química y biología en formación inicial. Su contribución al desarrollo profesional docente desde una perspectiva socio-científica”* a cargo del investigador **Dr. Mario Quintanilla-Gatica**, de la Facultad de Educación de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Este estudio está siendo financiado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID), mediante el FONDECYT regular 1231325. El objeto de esta carta es ayudarlo a tomar la decisión de participar en la presente investigación.

#### **¿De qué se trata la investigación científica a la que se lo invita a participar?**

El objetivo principal del estudio es *identificar y caracterizar competencias argumentativas y explicativas en profesionales en formación de carreras de pedagogía en química y biología*.

#### **¿Cuál es el propósito concretamente de su participación en esta investigación?**

Usted ha sido convocado por el Equipo de Investigación que lidera el Dr. Mario Quintanilla con la finalidad de compartir sus conocimientos sobre la ciencia y sus finalidades en el mundo de hoy como una contribución fundamental a la educación cívica, científica y ciudadana en su desarrollo profesional, participando en diferentes actividades tales como aplicación de un cuestionario, y colaborar en otras modalidades de recopilación de datos con el Equipo de Investigación del Proyecto.

#### **¿En qué consiste su participación?**

Participará respondiendo un Cuestionario sobre ciencia y enseñanza de las ciencias para la promoción y el desarrollo de competencias de pensamiento científico explicativas y argumentativas. El formato será de papel y lápiz durante una clase previamente concertada con el/la profesor/a responsable del curso.

#### **¿Cuánto durará su participación?**

El tiempo de duración máxima estimada para responder el Cuestionario será de 50 min.



**¿Qué beneficios puede obtener de su participación?**

No hay beneficios directos.

**¿Qué riesgos corre al participar?**

No existen riesgos.

**¿Cómo se protege la información y datos que usted entregue?**

Los resultados de este estudio y el tratamiento de la información recopilada serán publicados, pero su nombre o identidad no serán revelados y sus datos personales permanecerán en forma absolutamente confidencial. Los datos serán reportados de forma desagregada.

**¿Es obligación participar? ¿Puede arrepentirse una vez iniciada su participación?**

Usted NO está obligada/o de ninguna manera a participar en este estudio. Si accede a participar, puede dejar de hacerlo en cualquier momento sin repercusión negativa alguna para usted.

**¿Qué uso se va a dar a la información que entregue?**

La información que usted entregue será utilizada en publicaciones de artículos, presentaciones en congresos, conferencias u otros similares y que estarán disponibles para la docencia en un portal web. Toda la información que proporcione a la investigación tendrá carácter confidencial y podrá ser utilizada por un máximo de 5 años, omitiendo su identidad, la que será parte de códigos propios de la investigación sin que su nombre aparezca en ningún documento oficial.

**¿Se volverá a utilizar la información que yo entregue?**

En caso de que la información se utilice nuevamente, solo podrá hacerse con los datos anonimizados en una investigación científica, que continúe en la misma línea investigativa.

**¿A quién puede contactar para saber más de este estudio o si le surgen dudas?**

Cualquier pregunta que usted quiera hacer en relación con su participación en este estudio, deberá ser contestada por Don Mario Quintanilla Gatica (fono 686 53.56/ 53.61). Si usted tiene alguna consulta o preocupación respecto a sus derechos como participante de este estudio, puede contactar al Comité Ético Científico de Ciencias Sociales, Artes y Humanidades, cuyo presidente es el señor David Preiss Contreras. Contacto: [eticadeinvestigacion@uc.cl](mailto:eticadeinvestigacion@uc.cl)



**HE TENIDO LA OPORTUNIDAD DE LEER ESTA DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO INFORMADO, HACER PREGUNTAS ACERCA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, Y ACEPTO PARTICIPAR EN ESTE PROYECTO.**

\_\_\_\_\_Acepto participar

\_\_\_\_\_

Firma del/la Participante

\_\_\_\_\_

Fecha

\_\_\_\_\_

Nombre del/la Participante

\_\_\_\_\_

Nombre y firma de quien aplica el CI

\_\_\_\_\_

Fecha

Dr. Mario

\_\_\_\_\_

Quintanilla-Gatica

Nombre y firma del Investigador Responsable

(Firmas en duplicado: una copia para el participante y otra para entrevistador/a)



## ANEXO 4: D1 - PLANIFICACIÓN DE TALLERES DE INTERVENCIÓN



Dispositivo 1 (D1)  
Planificación docente  
Talleres de implementación

### Planificación de talleres de implementación (D1)

#### 1. Contextualización:

Esta planificación contempla el desarrollo de un taller compuesto por dos sesiones, diseñado para su implementación en el contexto de la Formación Inicial Docente (FID) en Ciencias, con un enfoque específico en el área de la química.

Los talleres se basan en intervenciones guiadas por expertos, que abordarán el tema de la astrominería y sus posibles impactos sobre la superficie terrestre. Este tema se presenta como una oportunidad para trabajar con Controversias Sociocientíficas (**CSC**), entendidas como problemáticas complejas y controvertidas que carecen de respuestas definitivas y requieren un enfoque interdisciplinario para su resolución<sup>1</sup>.

La metodología de los talleres se fundamenta en el desarrollo de un Ciclo de Aprendizaje Constructivista (**CAC**), tal como lo proponen Jorba y Sanmartí<sup>2</sup>, que comprende cuatro etapas: exploración, introducción de nuevos conceptos, sistematización y aplicación. Estas etapas no se desarrollan de manera aislada en cada taller, sino de forma secuencial e integrada. Por lo tanto, la sesión 1 no necesariamente abarca las cuatro etapas del CAC, y lo mismo aplica para la sesión 2.

El taller incluye un dispositivo denominado "Guía de actividades" (D2), el cual está dividido en dos partes (D2.1 y D2.2), uno para cada sesión del taller, y tiene como objetivo sistematizar la participación de cada estudiante para facilitar el posterior análisis de los datos recopilados.

#### 2. Particularidades del proceso:

Esta planificación se inserta en un marco de intervención que tiene como objetivo obtener, a través de la aplicación de la Guía de Actividades, respuestas que aborden las dimensiones de estudio de dos proyectos de tesis de máster. Estos proyectos están relacionados con los perfiles epistemológicos de los docentes de química en formación en cuanto a la resolución de problemas científicos (**RPC**) y las competencias de pensamiento científico (**CPC**).

<sup>1</sup> Zeidler, D. L., y Nichols, B. H. (2009). Socioscientific issues: Theory and practice. *Journal of Elementary Science Education*, 21(2), 49–58.

<sup>2</sup> Jorba, J., y Sanmartí, N. (1996). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de evaluación continua. Propuesta didáctica para las áreas de las ciencias de la naturaleza y matemáticas*. Ministerio de Educación y Cultura.



### 3. Planificación

<b>Taller de Controversias Sociocientíficas - Sesión 1 "Geoquímica de los minerales"</b>			
Objetivo de la sesión	Relacionar las propiedades geoquímicas de ciertos minerales utilizados en el contexto del desarrollo de tecnologías sustentables, con las consecuencias de su explotación a gran escala, identificando argumentos sociocientíficos a partir del desarrollo del taller.		
Objetivos específicos	<p><b>S1-OE1:</b> Identificar propiedades geoquímicas de los minerales claves en el desarrollo de tecnologías sustentables, incluyendo su composición, distribución geográfica y aplicaciones.</p> <p><b>S1-OE2:</b> Analizar el impacto ambiental, social y económico de la explotación a gran escala de minerales como el litio, platino, oro y plata, considerando factores como la degradación del suelo en el análisis crítico de la situación.</p>		
Aprendizajes esperados	<p><b>S1-AE1:</b> Identifican minerales de importancia en el desarrollo de tecnologías sustentables, como el litio, platino, oro y plata, y describen sus propiedades geoquímicas básicas.</p> <p><b>S1-AE2:</b> Relacionan las propiedades geoquímicas, la distribución y uso de los minerales con un impacto a nivel global (ambiental, social y económico) usando argumentos científicos.</p> <p><b>S1-AE3:</b> Reflexionan sobre los conceptos de Astrominería, sostenibilidad e impacto sociocientífico.</p>		
Destinatarios	Profesores de química en formación (Curso Proyecto Didáctico, 8vo semestre)		
Temporalidad	150 minutos		
Etapas de implementación y actividades  (Según CAC)	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center; vertical-align: middle;">Etapa 1: Exploración</td> <td> <p><b>Acciones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentar la temática a tratar, reconociendo los principales desafíos a considerar y estableciendo un punto de partida para el desarrollo de los dos talleres de CSC.</li> <li>- Definir las condiciones bajo las cuales se llevarán a cabo los talleres, incluyendo normas de convivencia y condiciones para el correcto desarrollo de las sesiones.</li> </ul> <p><b>Actividad:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentación general de los talleres por parte de mediadores del taller.</li> <li>- Discusión guiada por experto en el área de Química de los Materiales</li> </ul> </td> </tr> </table>	Etapa 1: Exploración	<p><b>Acciones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentar la temática a tratar, reconociendo los principales desafíos a considerar y estableciendo un punto de partida para el desarrollo de los dos talleres de CSC.</li> <li>- Definir las condiciones bajo las cuales se llevarán a cabo los talleres, incluyendo normas de convivencia y condiciones para el correcto desarrollo de las sesiones.</li> </ul> <p><b>Actividad:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentación general de los talleres por parte de mediadores del taller.</li> <li>- Discusión guiada por experto en el área de Química de los Materiales</li> </ul>
Etapa 1: Exploración	<p><b>Acciones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentar la temática a tratar, reconociendo los principales desafíos a considerar y estableciendo un punto de partida para el desarrollo de los dos talleres de CSC.</li> <li>- Definir las condiciones bajo las cuales se llevarán a cabo los talleres, incluyendo normas de convivencia y condiciones para el correcto desarrollo de las sesiones.</li> </ul> <p><b>Actividad:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentación general de los talleres por parte de mediadores del taller.</li> <li>- Discusión guiada por experto en el área de Química de los Materiales</li> </ul>		



Dispositivo 1 (D1)  
Planificación docente  
Talleres de implementación

	Etapa 2: Introducción de conocimientos nuevos	<p>Acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar nuevos puntos de vista y las definiciones conceptuales que los sustentan.</li> <li>- Levantar ideas que permitan reinterpretar la realidad en contexto con la temática.</li> <li>- Reconocer diferencias entre los puntos de vista, sus argumentos y la fundamentación teórica que los avalan.</li> </ul> <p>Actividad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Discusión guiada por experto en el área de Química de los Materiales</li> <li>- Plenario de reflexiones en torno a la temática presentada.</li> </ul>
	Etapa 3: Sistematización	<p>Acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dar espacio a la creatividad a través de la expresión de ideas acerca de lo aprendido.</li> <li>- Promover la comunicación de aproximaciones al conocimiento explorado en la sesión desde una mirada crítica y autocrítica.</li> </ul> <p>Actividad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Completar Guía de Actividades (D2.1)</li> <li>- Plenario de reflexiones finales y cierre de la sesión</li> </ul>
Evaluación	Instrumento	Guía de Actividades (D2.1: Geoquímica de los minerales)
	Dimensión del perfil epistemológico	Pregunta 1: CPC
		Pregunta 2: RP / CPC
		Pregunta 3: RP
Pregunta 4: RP		



<b>Taller de Controversias Sociocientíficas - Sesión 2 "Astrominería"</b>	
Objetivo de la sesión	Debatir los posibles impactos geoquímicos de la saturación de minerales en la superficie terrestre como consecuencia de la astrominería, identificando posibles problemáticas y proponiendo soluciones argumentadas científicamente a partir de la discusión guiada por un experto.
Objetivos específicos	<p><b>S2-OE1:</b> Describir los posibles impactos ambientales que la saturación de minerales provenientes de la astrominería podría tener sobre los ecosistemas terrestres.</p> <p><b>S2-OE2:</b> Proponer soluciones a las problemáticas detectadas relacionadas con la saturación de minerales en la Tierra por la astrominería, fundamentando con análisis sociocientífico y desde la discusión crítica del taller.</p>
Aprendizajes esperados	<p><b>S2-AE1:</b> Explican los efectos potenciales de la saturación de minerales en la superficie terrestre debido a la astrominería, identificando de manera crítica las problemáticas ambientales, sociales y económicas que podrían surgir con la introducción de minerales extraterrestres en la Tierra.</p> <p><b>S2-AE2:</b> Proponen soluciones fundamentadas para resolver las problemáticas surgidas de los impactos de la astrominería, integrando argumentos sociocientíficos y considerando diversas perspectivas éticas, ambientales y sociales.</p>
Destinatarios	Profesores de química en formación (Curso Proyecto Didáctico, 8vo semestre)
Temporalidad	150 minutos
Etapas de implementación y actividades <i>(Según CAC)</i>	<p>Etapa 2: Introducción de conocimientos nuevos</p> <p>Acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar nuevos puntos de vista y las definiciones conceptuales que los sustentan.</li> <li>- Levantar ideas que permitan reinterpretar la realidad en contexto con la temática.</li> <li>- Reconocer diferencias entre los puntos de vista, sus argumentos y la fundamentación teórica que los avalan.</li> </ul> <p>Actividad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Discusión guiada por experto en el área de Astrofísica</li> </ul>
	<p>Etapa 3: Sistematización</p> <p>Acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dar espacio a la creatividad a través de la expresión de ideas acerca de lo aprendido.</li> <li>- Promover la comunicación de aproximaciones al conocimiento explorado en la sesión desde una mirada crítica y autocrítica.</li> <li>- Identificar posibles problemáticas que surjan a partir de la temática discutida.</li> </ul>



		<p>Actividad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plenario de reflexiones en torno a la temática presentada.</li> </ul>
	Etapa 4: Aplicación	<p>Acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dar espacio para plantear posibles soluciones a partir de las problemáticas identificadas.</li> <li>- Relacionar los conocimientos explorados con la realidad en contexto con la temática.</li> <li>- Buscar aplicaciones de los nuevos conceptos según los intereses y motivaciones particulares.</li> <li>- Monitorear la progresión del aprendizaje en las sesiones a través de la evaluación de los dispositivos.</li> </ul> <p>Actividad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Completar Guía de Actividades (D2.2)</li> <li>- Plenario de reflexiones finales y cierre de la sesión</li> </ul>
Evaluación	Instrumento	Guía de Actividades (D2.2: Astrominería)
	Dimensión del perfil epistemológico	Pregunta 1: No aplica
		Pregunta 2: RP / CPC
		Pregunta 3: RP / CPC
		Pregunta 4: RP / CPC
		Pregunta 5: CPC
		Pregunta 6: RP / CPC
		Pregunta 7: RP / CPC

#### 4. Orientaciones para la aplicación:

Las actividades planificadas para los talleres de implementación, así como las respuestas obtenidas en el dispositivo 2 (Guía de Actividades), el cual a su vez está dividido en el Dispositivo D2.1 (Geoquímica de los minerales) y Dispositivo D2.2 (Astrominería), permiten completar la fase de implementación, en el marco de dos investigaciones aplicadas que buscan evidenciar las Habilidades de Resolución de Problemas Científicos (RPC) y el desarrollo de Competencias de Pensamiento Científico (CPC) en el profesorado en formación inicial docente de química.

Los talleres serán implementados en conjunto por el equipo de investigación, para luego analizar de manera independiente las dimensiones de RPC y CPC, como una propuesta metodología que contribuya a detectar hallazgos libres de preconcepciones por parte de quienes guían la investigación.

## ANEXO 5: DISPOSITIVO D2.1 - GEOQUÍMICA DE LOS MINERALES

Taller de Controversias Sociocientíficas - Sesión 1

# Geoquímica de los minerales

Nombre: \_\_\_\_\_

<b>Objetivo de la sesión</b>	Relacionar las propiedades geoquímicas de ciertos minerales utilizados en el contexto del desarrollo de tecnologías sustentables, con las consecuencias de su explotación a gran escala, identificando argumentos sociocientíficos a partir del desarrollo del taller.
<b>Descripción de la actividad</b>	En esta primera sesión te invitamos a responder las siguientes preguntas según los temas tratados con el experto invitado. <b>Tendrás un tiempo de 60 minutos</b> para responder abiertamente a las preguntas planteadas.

Las controversias, problemas o cuestiones sociocientíficas (CSC), conocidas en inglés como *socioscientific issues* (SSI), son problemáticas complejas y controvertidas que no tienen respuestas definitivas y requieren un enfoque interdisciplinario para su resolución. Además, implican juicios morales, éticos, políticos y económicos, y están profundamente enraizadas en el entorno social<sup>1,2</sup>. Las CSC exigen el uso del pensamiento crítico y científico para explorar múltiples perspectivas y encontrar soluciones que consideren tanto el contexto local como global<sup>3</sup>.

Estas controversias pueden evolucionar de problemas locales a crisis de mayor escala como la situación medioambiental. Las CSC surgen a partir de los avances tecnológicos, que son el resultado directo de los desarrollos científicos, influyendo profundamente en la sociedad y provocando diversas percepciones, opiniones y debates sobre temas controvertidos que abordan cuestiones complejas con impactos tanto científicos como sociales<sup>4</sup>.

1. Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513-536.
2. Zeidler, D. L., y Nichols, B. H. (2009). Socioscientific issues: Theory and practice. *Journal of Elementary Science Education*, 21(2), 49-58.
3. Suparman, A. R., Rohaeti, E., y Wening, S. (2022). Development of Attitude Assessment Instruments Towards Socio-Scientific Issues in Chemistry Learning. *European Journal of Educational Research*, 11(4), 1947-1958.
4. Cayci, B. (2020). A study on the effectiveness of a teaching based on socio-scientific issues in the training of pre-service teachers. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 15(2), 220-231.

Taller de Controversias Sociocientíficas - Sesión 1



1. A partir del taller sobre la geoquímica de los minerales, ¿Qué ideas centrales destacarías de lo expuesto? Argumenta brevemente tu elección.

2. El tema expuesto se relaciona con situaciones que a la humanidad le interesa resolver. En este sentido, ¿qué aspecto científico podría considerarse como una controversia? ¿Cuáles serían sus implicancias, alcances e impactos?

Geoquímica de los minerales

Taller de Controversias Sociocientíficas - Sesión 1



3. Desde tu perspectiva en una futura práctica docente de química y ciencias, ¿observas una relación entre identificar situaciones controversiales con definir problemáticas a resolver? Argumenta brevemente tu respuesta.

4. Considerando que una controversia sociocientífica sea un desafío por abordar, en el contexto del tema discutido en la sesión, ¿Cómo lo abordarías desde la enseñanza de la química?

Geoquímica de los minerales

## ANEXO 6: DISPOSITIVO D2.2 – ASTROMINERÍA

Taller de Controversias Sociocientíficas - Sesión 2

# Astrominería

Nombre: \_\_\_\_\_

<b>Objetivo de la sesión</b>	Debatir los posibles impactos geoquímicos de la saturación de minerales en la superficie terrestre como consecuencia de la astrominería, identificando posibles problemáticas y proponiendo soluciones argumentadas científicamente a partir de la discusión guiada por un experto.
<b>Descripción de la actividad</b>	En esta segunda sesión te invitamos a responder las siguientes preguntas <b>poniéndote en el caso de que estuvieras preparando una carta</b> para enviarla a alguna empresa que esté desarrollando proyectos de astrominería. <b>Tendrás un tiempo de 80 minutos</b> para responder abiertamente a las preguntas planteadas.

La minería espacial o astrominería es una opción de explotación de recursos que ha llamado la atención de diversas entidades espaciales a nivel mundial hace ya más de una década, considerando que los mismos criterios de evaluación de recursos minerales de la Tierra pueden ser aplicados en otros objetos astronómicos<sup>1</sup>. Entre los diversos candidatos de extracción, los asteroides son considerados como un grupo potencialmente atractivo, sobre todo aquellos con propiedades metálicas y que presentan oro, plata, platino o galio<sup>2</sup>, los cuales son materiales utilizados actualmente en la fabricación de tecnologías de generación energética sustentable como paneles fotovoltaicos o celdas de combustible de H<sub>2</sub>. Si bien la astrominería es viable desde el punto de vista tecnológico, aún es necesaria una discusión acerca de sus alcances socioambientales y sus ventajas económicas, ambientales y morales<sup>3</sup>.

1. Keszthelyi, L. et al. (2017). Feasibility Study for the Quantitative Assessment of Mineral Resources in Asteroids. U.S. Geological Survey Open-File Report 20171041.  
2. Jakhu, R.S., Pelton, J.N. & Nyampong Y.O.M. (2017). Space Mining and its Regulation. Suiza: Springer.  
3. Marinho, H. y Reis, C. (2019). Minerales espaciales: cosas de nadie en beneficio de todos. Derecho PUCP, (83), 89-131.

Taller de Controversias Sociocientíficas - Sesión 2



1. ¿A quién iría dirigida la carta? ¿Cuál será la temática a tratar en ella?

2. ¿Cuáles son las problemáticas que quieres plantearle al destinatario? ¿Por qué sugieres que son problemáticas a tener en cuenta?

3. ¿Qué contextos se verían afectados con las problemáticas identificadas? ¿A qué escala de la población afectaría?

Astrominería

Taller de Controversias Sociocientíficas - Sesión 2



4. ¿Cuáles podrían ser posibles soluciones a las problemáticas detectadas? ¿Qué recursos, teorías, modelos, disposiciones y consideraciones serían necesarias para llevarlas a cabo?

5. ¿Cuáles serían las consecuencias de llevar a cabo las soluciones planteadas? ¿De qué manera impactaría en la vida de las personas y del medio ambiente?

Astrominería



6. ¿Cuál sería el impacto del contenido de esta carta, en el desarrollo profesional de las y los docentes de química en formación?

A large, empty rounded rectangular box intended for the student's response to question 6.

7. ¿Qué le aporta esta actividad a su futura práctica docente?

A large, empty rounded rectangular box intended for the student's response to question 7.

## ANEXO 7: VALIDACIÓN PARA EL DISEÑO DE INSTRUMENTOS



Instrumento: Proceso de Validación

### **Validación para el diseño de instrumento: “Taller de Controversias Sociocientíficas”**

#### **Estimado/a validador/a:**

En primer lugar, agradecemos su aporte en este trabajo, que se enmarca en el desarrollo de la obtención del grado de Magíster en Didáctica de las Ciencias Naturales y las Matemáticas de los estudiantes: María Inés Cerda ([maria.cerda2023@umce.cl](mailto:maria.cerda2023@umce.cl)) y Bernardo Madariaga ([bernardo.madariaga2023@umce.cl](mailto:bernardo.madariaga2023@umce.cl)), bajo la dirección de la Dra. Carla Olivares Petit<sup>1</sup> (UMCE) en co dirección del Dr. Mario Quintanilla Gatica (PUC).

Este trabajo tributa en su desarrollo al proyecto FONDECYT 1231325, a cargo del IR. Dr. Mario Quintanilla Gatica<sup>2</sup> (PUC).

La validación solicitada es para el instrumento denominado: “Taller de Controversias Sociocientíficas”, el cual se adjunta en el sobre entregado en físico, junto a la planificación de los talleres de implementación (D1) del proceso. El modelo de validación es por medio de 5 criterios<sup>3</sup>, de acuerdo a la propuesta de Reyes y Hernández (2021)<sup>3</sup>, que de acuerdo a la definición se evalúa en la escala siguiente:

#### **Escala de valoración:**

- 1: No se entiende o no cumple
- 2: Bajo nivel de cumplimiento
- 3: Medio nivel de cumplimiento
- 4: Alto nivel de cumplimiento

Finalmente, al término de su validación, se adjunta un cuadro de identificación y antecedentes generales.

**Muchas gracias**

<sup>1</sup> [carla.olivares@umce.cl](mailto:carla.olivares@umce.cl) (Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación)

<sup>2</sup> [mquintag@uc.cl](mailto:mquintag@uc.cl) (Pontificia Universidad Católica de Chile)

<sup>3</sup> Reyes, O., Hernández Moncada, (2021). Formato de Validación de Contenido por Juicio de Expertos. Instrumentos Cuantitativos. 10.13140/RG.2.2.26812.36486.



<b>Validación para el diseño de instrumento: “Taller de Controversias Sociocientíficas”</b>						
<b>Criterio 1: Suficiencia</b>						
Este criterio evalúa si el planteamiento o desarrollo del taller de Controversias Sociocientíficas tiene elementos y/ argumentos para cumplir con los objetivos y la planificación propuesta.	<b>Diseño</b>		<b>Contenido</b>		<b>Estructura</b>	
	1		1		1	
	2		2		2	
	3		3		3	
	4		4		4	
<b>Observaciones:</b>						
<b>Criterio 2: Claridad</b>						
Este criterio evalúa si se comprende el uso de las palabras empleadas en el instrumento, tanto desde la redacción, sintaxis como semántica.	<b>Diseño</b>		<b>Contenido</b>		<b>Estructura</b>	
	1		1		1	
	2		2		2	
	3		3		3	
	4		4		4	
<b>Observaciones</b>						
<b>Criterio 3: Coherencia</b>						
Este criterio evalúa el grado de relaciones lógicas entre lo que plantea el instrumento, con el objeto que se espera abordar.	<b>Diseño</b>		<b>Contenido</b>		<b>Estructura</b>	
	1		1		1	
	2		2		2	
	3		3		3	
	4		4		4	
<b>Observaciones</b>						



Criterio 4: Importancia						
Este criterio mide que lo presentado en el instrumento es relevante para entender el objeto de estudio.	Diseño		Contenido		Estructura	
	1		1		1	
	2		2		2	
	3		3		3	
	4		4		4	
<b>Observaciones</b>						

El instrumento refiere Diseño, a todos los elementos gráficos y simbólicos de apoyo que contiene el instrumento a evaluar.

El instrumento refiere Contenido, a todos los elementos del desarrollo conceptual y de texto explícito que contiene el instrumento a evaluar.

El instrumento refiere Estructura, a todos los elementos contenidos en modo secuencial que contiene el instrumento a evaluar.

Validación para el diseño de instrumento: “Taller de Controversias Sociocientíficas”

Identificación	
En esta sección, desarrolle de acuerdo a su criterio, su área de especificidad y/o datos según lo que se indica:	
Nombre (Si lo estima)	
Grado	
Área de desarrollo o especialidad	
Líneas de Investigación	
Autorización para usar sus respuestas en el proceso de investigación:	
Si autorizo <input type="checkbox"/>	No autorizo <input type="checkbox"/>
Muchas gracias por su apoyo en este proceso, su tiempo es muy valioso y su validación es vital para las adecuaciones del instrumento de esta investigación.	

## ANEXO 8: RESPUESTAS A DISPOSITIVO D2.1 - GEOQUÍMICA DE LOS MINERALES

**PREGUNTA 1. A partir del taller sobre la geoquímica de los minerales, ¿qué ideas centrales destacarías de lo expuesto? Argumenta brevemente tu elección.**

Sujeto de estudio	Respuesta
(2) PTU4MQCOPQ-FC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El impacto medioambiental</li> <li>- El uso indiscriminado de recursos naturales</li> <li>- Es necesario sacrificar la salud de las personas, impacto medioambiental y ecosistemas a cambio de un crecimiento económico, que se ve reflejado para el beneficio de algunos y no para todos los ciudadanos. Debido a que a largo plazo los costos ambientales, pudiendo superar cualquier ganancia financiera.</li> </ul>
(5) PTU4MQCOPQ-MG	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se rescata mucho la relevancia de la discusión de las CSC, para fomentar la reflexión de diferentes temas y responder preguntas como: ¿vale la pena el desarrollo tecnológico y económico a pesar de la destrucción ambiental?</li> <li>- además de la idea del encuentro de un 78% de Li en Chile, se me hace muy interesante para trabajar y ejemplificar contenidos en clase, considerando el historial minero que tiene Chile.</li> </ul>
(6) PTU4MQCOPQ-HS	Destaco que el tema sobre el impacto climático y el proceso de purificación del cobre, fue expuesto con imágenes ilustrativas e impactante.
(7) PTU4MQCOPQ-JJ	Las ideas centrales que más destaco es la especie de "balanza" que se forma entre la ganancia y el costo de la vida de los y las trabajadores y ... (palabra inentendible).
(8) PTU4MQCOPQ-FR	La importancia de los recursos en Chile, debido a que hay varias cosas que se desconocen acerca del tema de los recursos y elementos químicos, sobre todo acerca del litio.
(9) PTU4MQCOPQ-MT	Elegir espacio para trabajar minería poner en balanza que pasa con la fauna, la flora o la sociedad y las ganancias que esta te da.
(10) PTU4MQCOPQ-SM	Toda acción humana tiene consecuencias sobre otros ámbitos y es importante informar sobre estas acciones a la sociedad, puesto que como futura docente me gustaría lograr un nivel de conocimiento más profundo en la comunidad estudiantil, y de ser posible desarrollar en ellos un gusto por la ciencia demostrando que la ciencia está en todo.

**PREGUNTA 2. El tema expuesto se relaciona con situaciones que a la humanidad le interesa resolver. En este sentido, ¿qué aspecto científico podría considerarse como una controversia? ¿Cuáles serían sus implicancias, alcances e impactos?**

Sujeto de estudio	Respuesta
(2) PTU4MQCOPQ-FC	<p>Una controversia es el uso de tecnologías para la explotación ambiental.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Implicancias: tecnología, la inversión y costo de mantención es de alto costo y gran impacto en la huella ambiental.</li> <li>- Política: no existen las políticas, regulaciones necesarias para proteger recursos naturales y la salud de las personas.</li> <li>- Alcances: economía para el país y/o generación de nuevos empleos.</li> <li>- Impactos: medioambiental y salud.</li> </ul>
(5) PTU4MQCOPQ-MG	<p>Con relación a la geoquímica, se puede considerar una controversia el hecho de hacer una nueva minera para el proceso de extracción del Li. Es controversial ya que hay que considerar que podría traer muchos beneficios económicos y avances tecnológicos, sin embargo hay gran fauna que habita en el salar, como lo es el flamenco chileno, junto a todo el ecosistema que allí se encuentra.</p>
(6) PTU4MQCOPQ-HS	<p>Considero que la modificación genética, tanto animal como vegetal implica tanto aspectos científicos como éticos como sociales.</p>
(7) PTU4MQCOPQ-JJ	<p>Un aspecto científico podría ser la contaminación del agua en la minería, ya que los desechos contaminan el agua, afectando la fauna y flora y las localidades cercanas.</p>
(8) PTU4MQCOPQ-FR	<p>El impacto que tiene en la sociedad y en los ecosistemas el explotar dichos elementos en una determinada zona, dado que son impactos negativos para la flora y fauna del entorno.</p>
(9) PTU4MQCOPQ-MT	<p>El peligro que pone a la flora fauna y la salud de la sociedad.</p>
(10) PTU4MQCOPQ-SM	<p>La creación de una mina para extraer litio. Implica la destrucción de un salar, por ende la destrucción de un ecosistema, además, ya no sería un lugar de turismo por lo cual también afectaría a la sociedad del sector y su economía. Importante también destacar que Chile no está preparado para manipular o aprovechar los desechos que esto conllevará.</p>

## ANEXO 9: RESPUESTAS A DISPOSITIVO D2.2 - ASTROMINERÍA

**PREGUNTA 2. ¿Cuáles son las problemáticas que quieres plantearle al destinatario? ¿Por qué sugieres que son problemáticas a tener en cuenta?**

(2) PTU4MQCOPQ-FC	<p>1. Desafíos tecnológicos desarrollo eficiente para la extracción. Creación de artefactos o infraestructura sostenible en el espacio.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Es una problemática debido a que al ser una etapa temprana es crucial pensar en un desarrollo eficiente y no costoso.</li> </ul> <p>2. Riesgo de apropiación de que empresas o países se apoderen de los recursos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Al igual que los recursos de la Tierra, puede generar una concentración.</li> </ul>
(5) PTU4MQCOPQ-MG	<p>Me gustaría plantear el hecho de habitar otro planeta, siento que se debe tener en cuenta por el hecho de que hay muchos factores que se pueden alterar, como la calidad de vida de las personas que van a investigar.</p>
(6) PTU4MQCOPQ-HS	<p>Plantearía que tiene que considerar el riesgo-beneficio. No en el sentido monetario. sino que humanitario. Los beneficios deben ser mayores para el planeta que los daños al medio ambiente.</p>
(7) PTU4MQCOPQ-JJ	<p>Las principales problemáticas que quiero plantear son primero el impacto ambiental ya que es un proceso que puede generar químicos, bacterias y desechos que pueden ser tóxicos para el sistema y nosotros ya que a su vez la regulación de esto ya que no hay un marco legal definido que contribuya a la seguridad en este aspecto.</p>
(8) PTU4MQCOPQ-FR	<p>¿Qué decisión tomarían y por qué razón sería? Son problemáticas a tener en cuenta, dado que, hoy en día se debe proteger el medioambiente y a la sociedad del futuro planteando de esta forma un problema ético.</p>
(9) PTU4MQCOPQ-MT	<p>Considero que una de las problemáticas más importante es la salud de los trabajadores, me refiero a que esta fundación quiere incentivar estos viajes e investigación pero no señalan la salud como eje, entonces ¿cómo van a preparar algo con personas no sanas?</p>
(10) PTU4MQCOPQ-SM	<p>Lo importante que es mantener la salud de las personas que irán a trabajar/investigar a otros planetas puesto que es muy importante que para desarrollar y encontrar soluciones que buscamos, estas personas estén cuerdas y con sus capacidades máximas para la hora de volver a la Tierra.</p>

**PREGUNTA 3. ¿Qué contextos se verían afectados con las problemáticas identificadas? ¿A qué escala de la población afectaría?**

<b>Sujeto de estudio</b>	<b>Respuesta</b>
(2) PTU4MQCOPQ-FC	Legislaciones. Medioambiente espacial.
(5) PTU4MQCOPQ-MG	Principalmente siento que afectaría a las personas que irían a investigar al exterior porque finalmente son sus vidas las que están en riesgo.
(6) PTU4MQCOPQ-HS	Todos los contextos, dado a que es una problemática que afecta a nivel global. Afectando más a países tercermundistas como Chile, donde las repercusiones llegarán primero que los beneficios.
(7) PTU4MQCOPQ-JJ	Todos los contextos se verían afectados ya que algunos se verían beneficiados y otros perjudicados pero ya al ser algo de impacto global todos se ven involucrados, en específico la población de menores recursos se verían más afectados ya que por dinero pueden ser los primeros expuestos a nuevas situaciones, además estos avances muchas veces quedan en la desinformación para la mayoría de la población y la minoría es la que sabe realmente la información y avances.
(8) PTU4MQCOPQ-FR	Ético, económico, político y ecológico. Depende del impacto que esto tenga, puede ser una zona local específica como a su vez algo global.
(9) PTU4MQCOPQ-MT	Creo que en base a las investigaciones, las personas que trataron con el material o que viven cerca del tratamiento podrían verse afectados y eso que no sabemos la escala de esto o las consecuencias.
(10) PTU4MQCOPQ-SM	Probablemente el proyecto/investigación en sí se vería afectado y/o retrasado puesto que una persona sin salud no puede, comprensiblemente realizar sus actividades con normalidad. Sin mencionar también el daño que cause en las familias de estas personas y los dueños de estos proyectos que verán pérdidas económicas

**PREGUNTA 4. ¿Cuáles podrían ser posibles soluciones a las problemáticas detectadas? ¿Qué recursos, teorías, modelos, disposiciones y consideraciones serían necesarias para llevarlas a cabo?**

Sujeto de estudio	Respuesta
(2) PTU4MQCOPQ-FC	Habría que desarrollar tecnología avanzada que esté al alcance. Se requieren marcos legales, minimizar el impacto ambiental.
(5) PTU4MQCOPQ-MG	Quizás una mejora en cuanto a recursos tecnológicos ayudaría a asegurar o no una óptima calidad de vida de las personas que irían a investigar. Sin embargo, eso aplica un gasto muy grande en recursos que no todos los países pueden costear.
(6) PTU4MQCOPQ-HS	No se me ocurre ninguna solución. Podría quizás ser un impuesto que vaya directo a reparar el daño medioambiental causado por la exploración espacial. Además, el uso que se le dará a estos minerales espaciales, no puede ser para uso militar.
(7) PTU4MQCOPQ-JJ	Las soluciones pueden ser que realice una organización mundial que regule esto y que divulgue e informe a toda la población del impacto y beneficios de las astrominería, sin embargo para eso se necesitan de muchos expertos en diversas áreas tanto científicas como sociales y económicas además de todos los países estar de acuerdo.
(8) PTU4MQCOPQ-FR	Consideraciones éticas asociadas a los riesgos. Modelos que predigan los impactos de un posible asteroide. Recursos de desvíos para minimizar un posible impacto.
(9) PTU4MQCOPQ-MT	Una de las posibles soluciones es que se estudien los daños a humanos que puede causar esta investigación y buscar soluciones a estos efectos y a los que ya se conocen, para esto sería necesario insertar un capital para solo esta parte de la investigación.
(10) PTU4MQCOPQ-SM	Elección adecuada de personas para llevar a cabo este proyecto. incluyendo preparación psicológica, física y por supuesto, planes de alimentación y/o suplementos alimenticios adecuados a sus necesidades en su estadía fuera del planeta Tierra. Agregando también actividades y/o hobbies que se puedan desarrollar en ese transcurso.

**PREGUNTA 5. ¿Cuáles serían las consecuencias de llevar a cabo las soluciones planteadas?  
¿De qué manera impactaría en la vida de las personas y del medio ambiente?**

Sujeto de estudio	Respuesta
(2) PTU4MQCOPQ-FC	<p>Consecuencias:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tecnológicas: nuevas industrias, empleos sin agotar recursos terrestres.</li> <li>- Legales: Establecer normas internacionales, reduciría conflictos y explotación de recursos.</li> <li>- Económicos: Ser equitativos con la distribución de los beneficios obtenidos.</li> <li>- Impacto en la vida de las personas</li> <li>- Medioambiente: probablemente se reduzca la explotación de recursos en la Tierra</li> </ul>
(5) PTU4MQCOPQ-MG	<p>Aunque las soluciones fuesen óptimas, la calidad de vida de las personas no se va a poder asegurar en un 100% con ningún tipo de recursos. El medioambiente podría verse muy afectado, puede ser que con las personas que investiguen traigan virus, enfermedades o materiales que no tengamos conocimiento y no sepamos como nos afecta a nosotros o al medioambiente (<i>como Venom</i> ♡)</p>
(6) PTU4MQCOPQ-HS	<p>Creo que, si se utilizan para avances médicos, tecnológicos o medioambientales, el impacto sería muy positivo. Todo recae en la finalidad que se le den a estos minerales.</p>
(7) PTU4MQCOPQ-JJ	<p>Las consecuencias serían que los privados no podrían regirse por su cuenta y quedaría este proyecto en manos de una organización mundial, impactaría de una forma innovadora ya que cada sociedad y rango etario.</p>
(8) PTU4MQCOPQ-FR	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Costos altos en investigaciones y toma de decisiones sobre qué es ético y que no es ético.</li> <li>- En el medioambiente según como se maneje podría producir sostenibilidad o riesgo de una contaminación (basura espacial).</li> <li>- En las personas generar seguridad del riesgo que implica esto.</li> </ul>
(9) PTU4MQCOPQ-MT	<p>Las consecuencias de llevar a cabo dichas investigaciones, ayudarían a mejorar la calidad de vida de las personas, tanto las que trabajan en ésta como a personas x con enfermedades parecidas y si por a,b,c se dieron cuenta del riesgo seguirían investigando lo que ayudaría a buscar seguridad y con ello el tiempo de investigar otras aristas como el medioambiente.</p>
(10) PTU4MQCOPQ-SM	<p>Se obtendría más seguridad tanto para el desarrollo y continuidad del proyecto como de la persona involucrada. Implicaría tal vez un poco más de aceptación por parte de la sociedad, aunque la aceptación también depende del fin para el cual se desarrollaría el proyecto.</p>

## ANEXO 10: TRABAJOS ASOCIADOS AL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1. PUBLICACIONES





TÍTULO PUBLICACIÓN	AUTORES	AÑO	REVISTA O EDITORIAL	INDEXACIÓN (Si corresponde)	Tipo (artículo, acta de congreso, libro, capítulo de libro, otro)
<b>Controversias Sociocientíficas en la Formación Inicial Docente: Una Reflexión desde el Contexto Chileno</b>	Carla Olivares-Petit, María Inés Cerda, Bernardo Madariaga y Mario Quintanilla	2024	Sysiphus	WoS  DOI: <a href="https://doi.org/10.25749/sis.36567">https://doi.org/10.25749/sis.36567</a>	<i>Artículo de Revista</i>  Vol. 12(3): Las Controversias Sociocientíficas en la Formación del Profesorado de Ciencias: Experiencias de investigación y perspectivas
<b>Competencias de Pensamiento Científico en la Formación Inicial del profesorado en Química: nuevos desafíos</b>	Mario Quintanilla, Carla Olivares y Bernardo Madariaga	2024	Dykinson	SP1 - Q1  ISBN: <a href="https://doi.org/10.25749/sis.36567">9788410705074</a>	<i>Capítulo de libro</i>  Libro: Investigación para la mejora de las prácticas educativas desde una perspectiva holística
<b>Evaluación inicial para el desarrollo de talleres sobre controversias sociocientíficas: uso de mapas mentales</b>	Carla Olivares-Petit, Bernardo Madariaga, María Inés Cerda y Mario Quintanilla Gatica	2024	Dykinson	SP1 - Q1  <i>en proceso de galerada</i>	<i>Capítulo de libro</i>

## 2. PRESENTACIONES A CONGRESOS

TÍTULO DE LA PONENCIA AUTORES	FUENTE FINANCIAMIENTO	NOMBRE DEL EVENTO	FECHA	INSTITUCIÓN/ CIUDAD/ PAÍS
Competencias de Pensamiento Científico en la Formación Inicial del profesorado en Química: nuevos desafíos  <b>Mario Quintanilla, Carla Olivares y Bernardo Madariaga</b>	FONDECYT 1231325	XVII Congreso Internacional de Educación e Innovación - CIEI	Abril de 2024	Universidad Andrés Bello, Santiago, Chile
Evaluación inicial para el desarrollo de talleres sobre controversias sociocientíficas: uso de mapas mentales  <b>Carla Olivares-Petit, Bernardo Madariaga, María Inés Cerda y Mario Quintanilla Gatica</b>	FONDECYT 1231325	III Congreso Internacional en Innovación para la Docencia en Educación Superior - CIIDES	Agosto de 2024	Universidad Andrés Bello, Santiago, Chile

## ANEXO 11: AUTORIZACIÓN PARA USO DE MATERIALES EN SIBUMCE

La presente autorización faculta al Sistema de Bibliotecas UMCE para alojar y publicar el trabajo de investigación identificado más abajo, en las plataformas electrónicas que estime conveniente, a fin de permitir el libre acceso a los materiales producidos por la institución y su comunidad, entre ellos tesis, memorias, seminarios y otros. Contribuyendo de esta forma a la preservación digital, difusión y visibilidad nacional e internacional de las investigaciones, siempre patrocinando el respeto de los derechos establecidos por la Ley de Propiedad Intelectual vigente.

 <b>UMCE</b> <small>el poder transformador de la educación</small>	UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE LA EDUCACION SISTEMA DE BIBLIOTECAS – DIRECCION DE INVESTIGACION	 BIBLIOTECA	
<b>IDENTIFICACION DE TESIS/INVESTIGACION</b>			
Título de obra :			
<b>COMPETENCIAS DE PENSAMIENTO CIENTÍFICO EN LA FORMACIÓN INICIAL DOCENTE: REPRESENTACIONES EPISTEMOLÓGICAS Y SU RELACIÓN CON LA REALIDAD COMPLEJA DE UNA CONTROVERSIA SOCIOCIENTÍFICA</b>			
Fecha de publicación : <b>enero, 2025</b>			
Facultad : <b>Ciencias Básicas</b>			
Departamento : <b>Dirección de Posgrado e Investigación</b>			
Carrera : <b>Magister en Didáctica de las Ciencias Naturales y las Matemáticas</b>			
Título y/o grado : <b>Magister en Didáctica de las Ciencias Naturales y las Matemáticas</b>			
Dirección/Co-Dirección: <b>Dra. Carla Olivares Petit (UMCE) y Dr. Mario Quintanilla Gatica (PUC)</b>			
<b>AUTORIZACIÓN</b>			
A través de este documento autorizo la reproducción total de este trabajo de investigación para fines académicos, su alojamiento y publicación en las plataformas electrónicas que estime conveniente el Sistema de Bibliotecas UMCE para su difusión.			
<b>Bernardo Madariaga</b>  Nombre/Firma			
Santiago de Chile, 06 de enero de 2025			
Se sugiere realizar el licenciamiento de su trabajo bajo licencia creative commons, más información en: <a href="https://www.umce.cl/index.php/dir-biblioteca-recursos-tecnologicos/dir-formulario-de-autorizacion-2">https://www.umce.cl/index.php/dir-biblioteca-recursos-tecnologicos/dir-formulario-de-autorizacion-2</a>			
Imprima más de una autorización en caso de que los autores excedan la cantidad de firmas para este documento			
* Este documento quedará en los archivos internos de Biblioteca.			