



UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

Elementos de NOS y CPC procedimental en clases de evolución: un estudio de caso en Profesoras de Biología

TESINA PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADA EN EDUCACIÓN
EN BIOLOGÍA Y AL TÍTULO PROFESIONAL DE PROFESOR DE
BIOLOGÍA MENCIÓN CIENCIAS NATURALES

AUTORA: SOFÍA LEYTON BULNES

PROFESORA PATROCINANTE: DRA. PATRICIA CASTAÑEDA PEZO

PROFESORA GUÍA: DRA. CLAUDIA VERGARA DÍAZ

SANTIAGO DE CHILE, DICIEMBRE DE 2025

AUTORIZACIÓN

2025, Sofía Fernanda Leyton Bulnes:

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

DEDICATORIA

Deseo para mis estudiantes
Que en la escuela logren
Crear significado,
Cultivarse intelectualmente,
Amar la vida y la naturaleza,
Dar sentido al mundo,
Empoderarse,
Y generar compromiso,
Para hacer del mundo un lugar mejor.
Espero ser instrumento de aquello.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Claudia Vergara, por su acogida y paciencia. Por invitarme a participar del círculo académico de la Didáctica de las ciencias, donde pude pensar y reflexionar, donde encontré personas en las que me puedo reflejar y que me permitieron ampliar el horizonte de mi desarrollo profesional.

A los miembros del Proyecto FONDECYT 1181801; al Dr. Hernán Cofré como investigador responsable, por compartir su espacio de investigación otorgando un punto de partida para este trabajo de tesina. Al Profesor David Santibáñez, por compartir su propuesta de trabajo que fue instrumental en el desarrollo de esta investigación. A Arlette Bassaber, por su generosidad, compañerismo y por su enriquecedora conversación. Nuevamente, a la Dra. Claudia Vergara por guiar y acompañar este proceso. A todos ellos, gracias por contribuir al mejoramiento de la educación científica de nuestro país. Dirijo hacia ustedes mi admiración.

A la Dra. Patricia Castañeda, por respaldar y confiar en este proyecto de tesina, por enseñarme sobre rigor, lealtad e integridad, por haberme invitado a su espacio de ayudantía, y por ser siempre una voz de sabiduría a través de sus relatos y vivencias.

A mis profesores y profesoras, de todas las etapas; desde el jardín infantil, primaria, secundaria y hasta la universidad. Los llevo en el corazón porque tuve una infancia y juventud felices y porque me encanta ser estudiante. Fueron, son y serán una fuente de inspiración.

A mi familia, por darme tiempo y apoyo para cumplir esta meta. Mamá, gracias por esperar, deseo con estas palabras empezar a retribuirte tantos años de incertidumbre. Quiero hacerles saber que todos estos años han valido la pena porque educar me hace feliz, me da sentido y misión.

A mi compañera Gabriela Bascur, por su amistad, comprensión y contención. También a Yenny, Jahir y Constanza, por compartir la experiencia de estudiar en el Pedagógico. A Miguel, por la compañía y empatía del impulso final.

A mis amigas, especialmente Faloon, por la aceptación y el apoyo. A las experiencias del pasado, por la reconciliación personal que condujo a seguir este camino, necesaria para resistir las ganas de rendirse, para seguir soñando, luchando y para confiar en el futuro.

TABLA DE CONTENIDOS

Autorización	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimientos.....	5
Tabla de Contenidos	6
Resumen.....	9
Introducción	10
Capítulo 1: Formulación del problema.....	11
1.1. Pregunta que orienta la investigación.....	12
1.2. Objetivo general	12
1.3. Objetivos específicos.....	12
Capítulo 2: Marco teórico	13
2.1. Naturaleza de la Ciencia.....	13
2.2. Conocimiento Pedagógico del Contenido	17
2.3. Enseñanza de la Evolución.....	22
Capítulo 3: Marco metodológico	26
3.1.1 Estudio de caso	26
3.1.2 Caso de estudio y participantes	27
3.2 Recolección de datos	28
3.2.1 Videograbación	28
3.3 Producción de datos	29
3.3.1 Transcripción	29
3.3.2 Rúbrica	30
3.3.3 Observación no participante.....	31
3.4. Análisis de datos	31

3.4.1 Análisis de contenido	31
3.4.2 Cálculo de puntaje de rúbricas	32
3.4.3 Triangulación metodológica	33
Capítulo 4: Resultados.....	36
4.1. Descripción de la secuencia de clases de evolución de las Profesoras	36
4.1.1 Profesora Bárbara.....	36
4.1.2 Profesora Antonia.....	37
4.2 Identificación de elementos de NOS utilizados en clases de evolución	38
4.3 Análisis de elementos de NOS utilizados en clases de evolución.....	42
4.3.1 Profesora Bárbara	42
4.3.2 Profesora Antonia.....	52
4.4 Determinación del nivel de CPC procedimental de las profesoras	60
4.4.1 Puntajes Rúbrica CPC procedimental de Profesora Bárbara	60
4.4.2 Puntajes Rúbrica CPC procedimental de Profesora Antonia	60
4.5 Análisis del nivel de CPC procedimental de las profesoras.....	61
4.5.1 Análisis del nivel de CPP procedimental de Profesora Bárbara	61
4.5.2 Análisis del nivel de CPP procedimental de Profesora Antonia	63
4.6 Determinación de la relación NOS-CPC procedimental-Enseñanza Evolución	64
4.6.1 Relaciones Profesora Bárbara	65
4.6.2 Relaciones Profesora Antonia	66
Capítulo 5: Conclusión	67
5.1 Caso Profesora Bárbara	67
5.2 Caso Profesora Antonia	68
5.3 Identificación de elementos de NOS.....	70
5.4 Determinación del nivel de CPC procedimental	72
5.4 Determinación relación NOS-CPC procedimental-Enseñanza Evolución.....	72

Capítulo 6: Proyecciones y Limitaciones	74
Referencias.....	75

RESUMEN

La Naturaleza de la Ciencia (NOS) describe las características del conocimiento científico y las formas en que los científicos construyen dicho conocimiento (Cofré y Parraguez, 2022), por otro lado, el Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC) corresponde a un saber propio de los docentes que es dinámico y distingue al docente de un académico o experto en un contenido disciplinar. Este estudio pretende identificar, mediante análisis de contenido, los elementos de NOS enunciados por dos profesoras durante la implementación de sus clases de evolución en dos primeros medios y determinar, a través de una rúbrica de observación de clases, el nivel de CPC procedimental que exhiben ambas profesoras en la ejecución de sus clases. Esto, para determinar la relación que existiría entre los elementos de NOS que emergen en la enseñanza de la evolución y el nivel de CPC procedimental que demuestran en sus clases de evolución. Los resultados muestran que los elementos de NOS que más aparecen en las clases de evolución son la Tentatividad, la Base empírica y la Distinción entre Teoría y Ley. Además, se observa una leve progresión en el nivel de CPC procedimental en la secuencia de clases de cada profesora. Se concluye que existiría una correspondencia entre la incorporación de elementos de NOS y el nivel de CPC procedimental, mediada por el lugar que ocupa NOS como parte de la base de conocimientos del contenido y del currículo que poseen las profesoras en materia de evolución.

PALABRAS CLAVE

Naturaleza de la Ciencia, Conocimiento Pedagógico del Contenido, Enseñanza de la Evolución.

INTRODUCCIÓN

La evolución es considerada un conocimiento clave para lograr la alfabetización científica de las personas. Sin embargo, se ha detectado que gran parte de la población incluyendo profesores de ciencia y estudiantes universitarios, sostienen errores conceptuales en la explicación que hacen de ella (Cofré et al., 2014b). A esto se contraponen que las mediciones realizadas en Chile han indicado que la aceptación de la evolución como un hecho científico es alta, lo cual estaría evidenciando una desconexión entre la comprensión de los mecanismos evolutivos y los procesos que permiten validar dicho conocimiento (Cofré et al., 2017). Este hallazgo ha impulsado una agenda investigativa durante la última década dedicada a elucidar cuáles son los factores involucrados en el aprendizaje y enseñanza de la evolución.

La Naturaleza de la Ciencia o del inglés Nature of Science (en adelante NOS) es un constructo proveniente de la Epistemología de la Ciencia, referido a una forma de saber o a un conjunto de valores y creencias inherentes al desarrollo del conocimiento científico (Lederman, 1992). Ha sido objeto de estudio en el contexto de la enseñanza de las ciencias desde la década de los 50, principalmente porque la NOS supone una oportunidad de comprender los procesos de la ciencia, de incrementar el aprendizaje de los contenidos científicos, de cultivar su interés y contribuir a la toma de decisiones, mejorando así la comprensión de la ciencia (McComas et al., 1998).

Por otro lado, el Conocimiento Pedagógico del Contenido (en adelante CPC) ha sido retratado como un tipo de saber distintivo que poseen quienes ejercen la docencia, referido a la articulación de conocimientos que tienen los docentes y permiten tomar decisiones sobre el diseño, implementación y evaluación de la enseñanza (Shulman, 1986, 1987). Aun cuando existen distintas conceptualizaciones de CPC, la idea central y definitoria es la conjugación de los conocimientos pedagógicos y disciplinares, que permite a los profesores transformar su conocimiento de la disciplina en estrategias efectivas de enseñanza para satisfacer las necesidades de aprendizaje de sus estudiantes (Park, 2012).

Tanto el CPC de los profesores de biología en materia de evolución, como el entendimiento de NOS que tengan en relación a ella, serían factores que inciden en la apropiación que hacen los estudiantes sobre las ideas evolutivas (Bravo y Cofré, 2016; Cofré et al., 2017b).

CAPÍTULO 1: FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Lograr una adecuada comprensión de NOS es una meta de la educación científica pues es necesaria para alcanzar la alfabetización científica de los estudiantes (Cofré et al., 2019; Lederman, 2007). La responsabilidad de alcanzar esta meta recae principalmente en los profesores de ciencias, por lo que es de gran importancia que ellos tengan también una adecuada comprensión de NOS y puedan transferirla de manera efectiva a sus estudiantes (Mesci, 2020). Sin embargo, las investigaciones muestran que estudiantes y profesores de todos los niveles presentan ideas erróneas sobre NOS (Deng et al., 2011; Lederman y Lederman 2014).

La visión positivista de la filosofía de la ciencia aún está presente en las prácticas de aula y permea los materiales curriculares, retratando a la ciencia como una retórica de conclusiones. Independientemente de las intenciones de los profesores, las clases de ciencia transmiten una imagen de NOS a los estudiantes a través del lenguaje, actividades, materiales y estrategias tradicionales de evaluación. En la enseñanza de la ciencia siempre están presentes mensajes implícitos o explícitos en referencia a NOS, de modo que el asunto no es si los profesores enseñan o no NOS, sino que cuál es la imagen de NOS que se transmite a los estudiantes (Clough, 2006).

En este sentido es relevante preguntarse ¿Qué saben los profesores de ciencia sobre NOS en términos generales y específicos? ¿Cómo incorporan las ideas de NOS en sus clases? ¿Qué ideas de NOS están modelando en sus estudiantes?

Por otro lado, tomando en cuenta el rol del CPC en la enseñanza de las ciencias, existen varios modelos que representan este conocimiento. Uno de los modelos más utilizados es el propuesto por Magnusson et al. (1999). Este modelo para la enseñanza de la Ciencia reconoce orientaciones para la enseñanza, el conocimiento de las estrategias, el conocimiento de los estudiantes, el conocimiento de la evaluación, y el conocimiento del currículo. De este modo, se puede establecer que el CPC de un profesor es distinto en cada disciplina y sub-disciplina (Van Driel et al., 1998), pues al variar el contenido; también varían las ideas previas y los formas de aprender de los estudiantes; las estrategias y modos de evaluar.

Por lo anterior, cabe preguntarse también ¿Cómo es el CPC de un profesor para un determinado contenido? ¿Cuál componente del CPC tiene un mejor nivel de desarrollo? ¿Qué

factores considera para la implementación de su enseñanza? En este sentido se plantea la siguiente pregunta de investigación.

1.1 Pregunta de investigación

¿Qué relación existe entre la presencia de elementos de NOS en clases de Evolución y el nivel de CPC procedimental de dos profesoras de Biología?

1.2 Objetivo general:

Describir la relación entre los elementos de NOS presentes en las clases de evolución y el nivel de CPC procedimental de Evolución dos profesoras de biología.

1.3 Objetivos específicos:

1. Identificar elementos de NOS utilizados por dos profesoras en clases de evolución en Primero medio.
2. Determinar nivel de CPC procedimental de dos profesoras en la enseñanza de la unidad de evolución en Primero medio.
3. Determinar el tipo de relación que existe entre la utilización de elementos de NOS en clases de evolución y el nivel de CPC procedimental de Evolución dos profesoras de biología.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Naturaleza de la Ciencia

En el sentido amplio del término, NOS hace referencia a los fundamentos epistemológicos y ontológicos de la ciencia, qué es y cómo funciona, la forma en que operan los científicos como grupo social, y cómo la sociedad influencia y reacciona a la labor científica (Clough, 2006). La filosofía, historia y sociología de la ciencia contribuyen a la construcción de este conocimiento y aunque no hay consenso sobre la exacta definición de NOS y se considera un concepto dinámico, existe acuerdo en que eso no es excusa para evadir el valor y necesidad de su enseñanza (Lederman, 2007), de modo que se ha establecido un grado de pluralidad de lo que se puede enseñar, sin descontar que siguen habiendo discrepancias sobre qué enseñar de NOS o las características del conocimiento científico.

NOS como propósito de la enseñanza de las ciencias constituye una meta muy antigua de la educación científica, que sigue vigente y su aprendizaje continúa considerándose necesario porque se le asocia al desarrollo de la alfabetización científica de estudiantes (Lederman, 2007). Esto significa que futuros ciudadanos puedan adquirir conocimiento científico y entender la relación entre ciencia y sociedad.

En el caso de las bases curriculares (Mineduc, 2016a) para los niveles de Séptimo básico a Segundo medio de CCNN, como lineamiento general se declaran 8 ideas de NOS posibles de adquirir mediante la cobertura y desarrollo de los objetivos de aprendizaje. Esas ideas son:

- 1) El conocimiento científico incluye evidencias empíricas, modelos, leyes y teorías, entre otros.
- 2) El conocimiento científico está sujeto a permanente revisión y a eventuales modificaciones de acuerdo a la evidencia disponible.
- 3) El conocimiento científico es una construcción humana no exenta de limitaciones.
- 4) El conocimiento científico se construye paulatinamente mediante procedimientos replicables.
- 5) De acuerdo a la ciencia, hay una o más causas para cada efecto.

- 6) Las explicaciones, las teorías y los modelos científicos son los que mejor dan cuenta de los hechos conocidos en su momento.
- 7) En algunas tecnologías se usan conocimientos científicos para crear productos útiles para los seres humanos.
- 8) La ciencia es una construcción humana, por lo tanto, está expuesta a intereses y diversos filtros culturales que existen donde se desarrolla (Mineduc, 2016).

Algunos autores plantean que existe una discordancia entre las reformas curriculares para la educación científica en materia de NOS y su real aplicación en el aula, lo cual podría deberse a la falta de consenso filosófico, falta de acompañamiento curricular y desarrollo de CPC de NOS, o también podrían estar involucradas las teorías de aprendizaje a las que adhieren los profesores, entre otras cosas (Hipkins et al., 2005).

El presente estudio, utiliza los aspectos de NOS que se describen a en la tabla 1 porque han sido ampliamente utilizados en estudios previos (Cofre et al., 2018, 2019; Cofré y Parraguez, 2022; Nuñez et al., 2017; Valencia et al., 2022) y comparten similitudes entre investigadores, por lo cual se acepta que hay acuerdo entre educadores sobre este tema y por lo mismo se le ha denominado a este grupo de aspectos; la visión de consenso de NOS (Kampourakis, 2016). Quienes proponen y apoyan esta conceptualización han concluido a partir de investigaciones empíricas que hay ciertos aspectos de NOS que se pueden enseñar efectivamente en la escuela, universidad y educación continua. Sin embargo, esta conceptualización ha sido criticada por considerarse insuficiente e incluso como una representación tergiversada de la ciencia. Estas críticas sugieren que se debería comunicar una imagen más completa de la ciencia, en vez de una lista de aspectos generales. Aun así, esta lista de aspectos generales ofrece un punto de partida efectivo para la enseñanza de NOS y permite abordar las ideas previas de los estudiantes sobre la ciencia. Una vez logrado este punto, la enseñanza de NOS podría incluir aspectos más complejos y atender simultáneamente a múltiples contextos, como pretenden sus críticos (Kampourakis, 2016). No hay evidencias de que esta conceptualización de aspectos generales de NOS lleve a visiones distorsionadas de ella. A continuación, se presentan en la Tabla 1 los Elementos de NOS correspondientes a la visión de consenso, según las descripciones tomadas de Lederman et al. 2013.

Tabla 1*Denominación y Descripción de Elementos de NOS incluidos en la visión de consenso.*

Denominación Elemento de NOS	Descripción Elemento de NOS
Distinción entre Observación e Inferencia	<p>El conocimiento se deriva total o parcialmente de la combinación de estos procesos. Las observaciones son declaraciones descriptivas de algún fenómeno accesibles directamente desde los sentidos y pueden ser consensuadas con facilidad entre los observadores.</p> <p>La inferencia en cambio, es una declaración sobre el fenómeno que no es accesible solo a través de los sentidos, sino que permite acceder al fenómeno indirectamente a través de la medición de sus manifestaciones o efectos. (Lederman, 2007; Lederman et al., 2013). Un científico puede inferir modelos o mecanismos que expliquen observaciones de fenómenos complejos.</p>
Base empírica	<p>Se refiere a que la ciencia como forma de conocer el mundo natural tiene como punto de partida el dato, la evidencia y la experiencia del investigador en algún campo de estudio. Se basa o deriva de la observación, medición y experimentación directa de los fenómenos. Busca obtener más información, que se va conjugando con el conocimiento previo, para sacar nuevas conclusiones (Lederman, 2007).</p>
Distinción entre Teorías y Leyes	<p>Ambas son tipos de conocimientos distintos y por definición una no puede transformarse en la otra, ni así lo pretenden los científicos. Una Ley es una declaración o descripción de la relación entre fenómenos o variables observables de la naturaleza.</p> <p>Una Teoría es una explicación inferida partir de fenómenos observables que sirven para guiar y generar problemas de investigación. Los modelos científicos son ejemplos comunes de teorías. Ambas formas de conocimiento son un legítimo producto de la ciencia (Lederman, 2007).</p>

<p>Creatividad</p>	<p>Si bien el conocimiento científico se deriva total o parcialmente de observaciones del entorno natural, también se construye a partir de la capacidad imaginativa e inventiva de científicos para crear explicaciones y diseñar modelos, lo cual implica que los conceptos son construcciones funcionales más que copias fieles de la realidad. Contrario a la creencia general, la ciencia no es un campo completamente racional y ordenado. La imaginación es una fuente de innovación e inspiración (Lederman, 2007).</p>
<p>Subjetividad o con Carga teórica</p>	<p>Apunta a que el contexto de los científicos incide en la determinación de los problemas que investigan, lo que observan (y no observan), sus interpretaciones y formas de conducir las investigaciones. Además, las preguntas o problemas de investigación surgen desde ciertas perspectivas teóricas, modelos o hipótesis previas que actúan guiando y motivando las observaciones (e investigaciones), por lo tanto, no son neutrales. Factores como conocimientos previos, formación, experiencias, creencias y expectativas influyen en el trabajo de los científicos (Lederman, 2007).</p>
<p>Integración socio-cultural</p>	<p>La ciencia como empresa humana se practica en el contexto de una cultura más amplia y quienes la practican (los científicos) son producto de esa cultura. La ciencia afecta y es afectada por las esferas intelectuales de la cultura en la que está instalada. El entramado social, las estructuras políticas y de poder, factores religiosos y socioeconómicos, de género, entre otros, moldean los procesos y productos de la ciencia (Lederman, 2007).</p>
<p>Tentatividad</p>	<p>El conocimiento científico (hechos, teorías, leyes) nunca es absoluto o incuestionable; es durable, pero puede cambiar en el futuro debido a su naturaleza inferencial, creativa y socio-cultural. Las explicaciones están sujetas a cambios en la medida de que los avances en teoría y tecnología otorgan nuevas evidencias aplicadas a teorías o leyes existentes, o la inversa; a medida que evidencia antigua es</p>

	reinterpretada a la luz de nuevos avances teóricos y tecnológicos, o hay cambios de dirección en los programas de investigación establecidos. Esto no quiere decir que el conocimiento científico sea insustancial o mal fundado (Lederman, 2007).
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2.2 Conocimiento Pedagógico del Contenido

El Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC) fue planteado como una forma especial de conocimiento que poseen los profesores, entendido como la articulación de los conocimientos de la disciplina y pedagógicos, para transformar el conocimiento de un determinado contenido en algo enseñable (Shulman, 1986, 1987). Bajo el supuesto de que los profesores tienen una base de conocimiento vista como la integración de saberes, esto debería tener implicancias en la forma de evaluar la competencia docente para que pueda juzgar la real complejidad de las capacidades de los profesores (Shulman, 1986).

Un punto de partida para averiguar la composición de la base de conocimiento de los profesores fue observar a maestros experimentados para identificar los tipos de conocimiento y destrezas necesarios para enseñar bien un determinado contenido, es decir, que manifiestan la efectividad de un profesor (Shulman, 1987).

Según Shulman, las categorías dentro de esa base de conocimiento son:

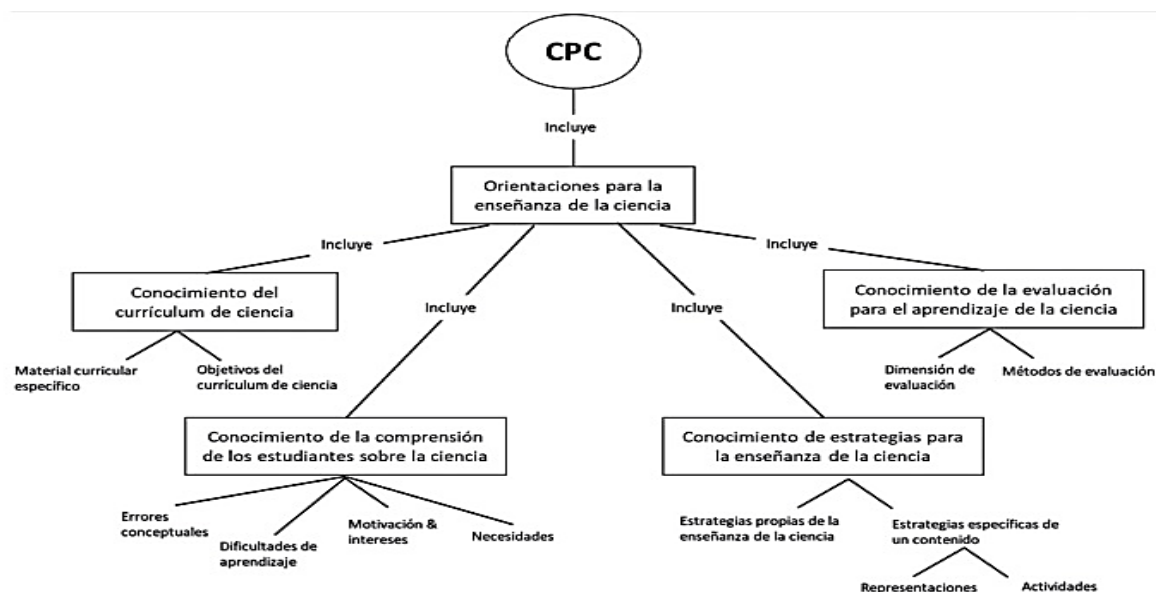
- Conocimiento del contenido.
- Conocimiento pedagógico general.
- Conocimiento del currículo.
- Conocimiento pedagógico del contenido.
- Conocimiento de los estudiantes y sus características.
- Conocimiento del contexto educativo.
- Conocimiento de los objetivos, finalidades y valores educativos.

A partir de las definiciones y categorías que estableció Shulman (1986, 1987) en torno al CPC, otros autores han planteado modelos para explicar la relación entre los tipos de conocimientos que poseen los profesores proponiendo categorías más específicas. El Modelo

de Magnusson et al. (1999) fue desarrollado para el contexto de la enseñanza de las ciencias y plantea los siguientes componentes de CPC, organizados en cinco componentes (Figura 1).

Figura 1

Organización de los componentes de CPC según el Modelo de Magnusson et al. (1999).



El componente de las Orientaciones para la enseñanza de las Ciencias se refiere a las creencias y concepciones generales que los profesores tienen sobre qué significa enseñar ciencias y cuál es el propósito de hacerlo. Estas orientaciones operan como una guía para la toma de decisiones didácticas, como la elección de actividades, la evaluación y los objetivos de clase. Pueden variar desde enfoques expositivos hasta enfoques más centrados en la indagación, el cambio conceptual o el aprendizaje basado en proyectos. Cada orientación influye profundamente en la forma de implementar la enseñanza y en los otros componentes del modelo.

El componente del Conocimiento del Currículo de Ciencias abarca el conocimiento de las metas y objetivos curriculares, esto significa que alude a la noción de qué se espera que los estudiantes aprendan según estándares nacionales o locales, y cómo se articulan esos contenidos a lo largo del tiempo. Además, abarca el conocimiento de programas y materiales curriculares específicos, es decir, indica el dominio que se tiene con los recursos, textos y programas existentes para enseñar ciertos temas de ciencia, así como su adecuación a los objetivos

educativos. También implica saber seleccionar, adaptar o incluso rechazar materiales en función de su coherencia con las metas educativas y las propias creencias del docente.

El componente del Conocimiento de la comprensión de los estudiantes sobre la ciencia apunta al manejo de los requisitos para el aprendizaje, es decir, considerar qué conocimientos previos, habilidades y niveles de desarrollo necesitan los estudiantes para acceder a los contenidos científicos. Y también, apunta al manejo de las dificultades comunes para el aprendizaje de los contenidos, como identificar los aspectos más difíciles de un tema (por ser abstractos o alejados de la experiencia cotidiana), errores frecuentes y concepciones alternativas que puedan obstaculizar el aprendizaje.

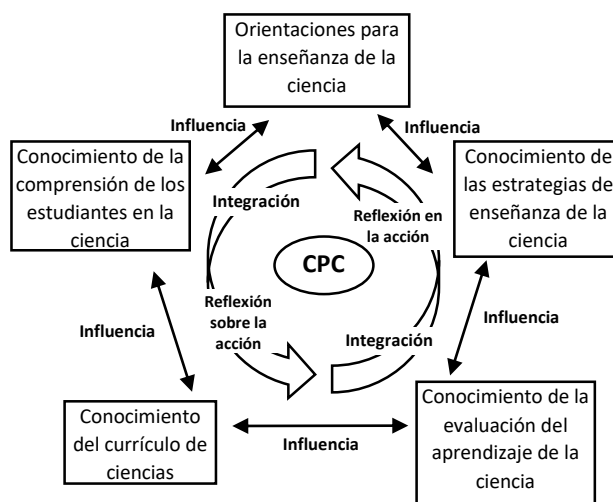
El componente del Conocimiento de la evaluación para el aprendizaje de la Ciencia está integrado por la concepción de qué evaluar y cómo evaluar, discerniendo las dimensiones del aprendizaje científico que son importantes en una unidad de enseñanza y distinguiendo entre la aplicación de métodos de evaluación apropiados según el tipo de aprendizaje esperado. Un buen uso de la evaluación requiere conocer sus ventajas y limitaciones, y saber cómo integrarla al proceso de enseñanza.

El componente del Conocimiento de las estrategias para la enseñanza de la Ciencia considera y distingue entre estrategias generales para la enseñanza de las ciencias y estrategias específicas para abordar temas diversos. El ámbito general se refiere a enfoques de amplio alcance aplicables a las distintas áreas de la ciencia como, por ejemplo, el ciclo de aprendizaje, la indagación o las estrategias de cambio conceptual. El ámbito específico incluye representaciones (analogías, modelos, ejemplos) y actividades (experimentos, simulaciones, problemas) que ayudan a los estudiantes a comprender conceptos particulares, lo cual depende fuertemente del conocimiento disciplinar y de la experiencia del docente con un tema específico.

Posteriormente se presentó el Modelo de Pentágono (Park y Chen, 2012), como se observa en la figura 2, que incluye básicamente los mismos componentes de CPC que en el modelo de Magnusson et al. (1999), pero pone mayor énfasis en la interacción entre todos los componentes y pone al centro del modelo el rol de la reflexión en la práctica y sobre la práctica.

Figura 2

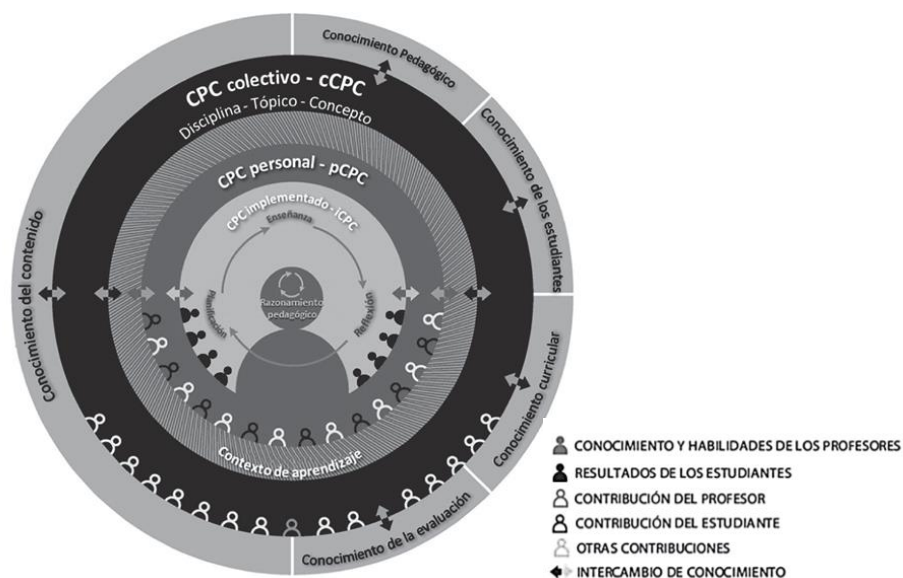
Organización de los componentes de CPC del Modelo de Pentágono según Park y Chen (2012).



Posteriormente, se publica el Modelo de Consenso Refinado (Carlson et al., 2019), que incorpora dominios y componentes de los modelos anteriores, y los presenta de una forma más sistematizada como se observa en la figura 3. Propone además que existen 3 niveles de CPC, que son el CPC implementado, el CPC personal y CPC colectivo. Además incluye el Razonamiento pedagógico y el Contexto de aprendizaje.

Figura 3

Organización de los componentes de CPC del Modelo de Consenso Refinado según Carlson y Daehler (2019).



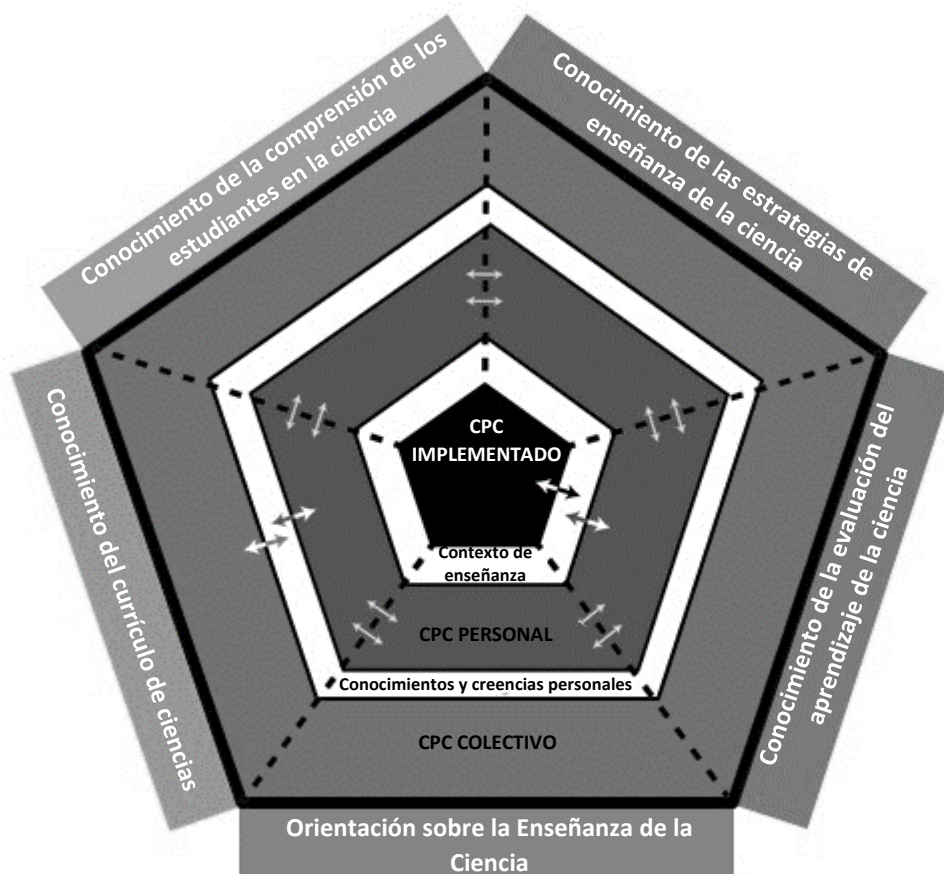
En este modelo, el CPC colectivo se presenta como un CPC que es compartido, debatido y publicado por la comunidad académica. Las bases de conocimiento profesional de los profesores, como el Conocimiento del Contenido o el Conocimiento Pedagógico, junto a la experiencia docente que ha sido documentada, contribuyen al CPC colectivo. Su alcance es un continuo desde las áreas más generales de la ciencia hasta las especialidades y conceptos más específicos, nutriéndose de los componentes mencionados en los modelos anteriores. Luego, el CPC personal corresponde al CPC que un profesor individualmente ha internalizado y que conforma su base de conocimiento profesional a la cual recurre cuando debe tomar decisiones sobre su enseñanza. Se construye a partir del CPC colectivo y de la experiencia. Finalmente, el CPC implementado es la forma de CPC aplicado individualmente en alguna situación de enseñanza ya sea de planificación, ejecución o reflexión y va contribuyendo al CPC personal del docente.

El Modelo de CPC más reciente es el Modelo Mixto de Vergara et al. (2024), que es una combinación del Modelo de Consenso Refinado (2019) y el Modelo de Magnusson et al. (1999), ya que incluye los 5 componentes del modelo de Magnusson et al. (orientaciones, estrategias, currículo, evaluación y comprensión de los estudiantes) y los 3 niveles de CPC del Modelo de Consenso Refinado (implementado, personal y colectivo). A la vez, incorpora otros dos componentes, que son el Contexto de enseñanza, que se ubica entre el CPC personal y el implementado, actuando como un filtro entre el conocimiento y la acción. Además, incorpora el componente de Conocimientos y Creencias personales, que se ubica como una capa entre el CPC personal y el colectivo porque también influye en la base de conocimiento profesional (Figura 4).

Otra forma de clasificar el CPC es según la manifestación declarativa o procedimental de este conocimiento (Schmelzing et al. 2013). El CPC declarativo se ha descrito como el saber proposicional, teórico o factual, que se expresa cuando los docentes pueden identificar y dar sentido a sus ideas o nociones sobre los distintos componentes del CPC, y se puede acceder a él mediante entrevistas o planificaciones. En cambio, el CPC procedimental (también CPCp) es un conocimiento práctico, que abarca las acciones, reacciones, decisiones o rutinas que implementan los docentes cuando se desempeñan en sus labores de clases. Es un conocimiento más tácito y difícil de articular o expresar, por lo que es más difícil de medir también.

Figura 4

Organización de los componentes de CPC del Modelo Mixto según Vergara et al. (2024).



2.3 Enseñanza de la Evolución

La Academia Nacional de Ciencias Leopoldina (2017) en Alemania señala las razones por las cuales la enseñanza de la evolución es necesaria y relevante, como se expone en el siguiente extracto:

La evolución biológica es el mayor principio unificador y explicativo de las ciencias de la vida. La biología evolutiva provee a los humanos de perspectivas sobre la percepción de sí mismos, de su relación con el medio ambiente, sobre su salud, sobre sus interacciones sociales, sobre sus tratos económicos y su desarrollo cultural. Es por esto, que el conocimiento de los conceptos básicos de la biología evolutiva acerca del

desarrollo de la vida en la Tierra, junto a una profunda comprensión de los mecanismos y dinámicas de los procesos evolutivos, son absolutamente fundamentales para la enseñanza de las ciencias naturales en escuelas y universidades. (p. 8)

Ya desde la década de los setenta; luego de la connotada afirmación de Dobzhansky (1973) de que “nada en biología tiene sentido si no es a la luz de la evolución” (p. 1) se ha propuesto que la evolución es una idea central de la Biología por lo que debería tener una prioridad en los currículos nacionales, tanto por su valor explicativo transversal, como por su aporte a una nueva visión del mundo natural (Goldsmith, 1989). Además, teniendo en cuenta las problemáticas socio-ambientales actuales, Pessoa et al. (2024) afirma que la alfabetización evolutiva es indispensable para la planificación y desarrollo de un futuro sustentable que pueda hacer frente a la crisis de cambio climático, salud global y pérdida de biodiversidad, entre otros.

Deniz y Borgerding (2018) hacen una revisión del estado de la enseñanza de la evolución en distintas partes del mundo y señalan que dependiendo de las tensiones en los dominios conceptuales, epistémicos, teísta/ateísta y socio-culturales que se dan en cada país, se configura el currículo de evolución en correspondencia a dichos factores. En muchos países de occidente la evolución está incluida en la enseñanza formal de la Biología, pero en países como Turquía, Arabia Saudita y Argelia, la evolución no está incluida en los programas de estudio.

En materia de CPC, la enseñanza efectiva de la evolución requiere una profunda comprensión de las ideas de los estudiantes y para conocerlas Nehm et al. (2012) desarrollaron el instrumento ACORNS (Assessment of Contextual Reasoning about Natural Selection) que ha permitido explorar y describir las distintas explicaciones que elaboran los estudiantes acerca del cambio biológico. En estas explicaciones están mezcladas ideas normativas (científicamente precisas) e ideas no-normativas (ingenuas o imprecisas) tales como que adaptación equivale a aclimatación por necesidad, herencia de rasgos adquiridos por uso y desuso, los cambios son intencionales, entre otras. Además, se ha encontrado que en los estudiantes persiste una brecha entre los ejemplos de cambio biológico y la comprensión de los mecanismos o procesos que los permiten, para lo cual se recomienda contrastar casos de cambio biológico aparentemente muy distintos haciendo énfasis en su causa (Nehm, 2018).

A nivel curricular se ha recomendado introducir conceptos de evolución desde edades tempranas para así realmente integrar la evolución como principio transversal de la biología y no abordarla como un tema aislado. También, se ha señalado la necesidad de enfocarse en aspectos como la selección natural, la variabilidad y el rol de la aleatoriedad (Harms y Reiss, 2019). En relación a los materiales curriculares, los profesores han manifestado que es relevante tratar temas de macroevolución como especiación y extinción, árboles filogenéticos y evolución humana, para lo cual hacen falta materiales curriculares actualizados que presenten datos reales y ejemplos contemporáneos de evolución (Friedrichsen et al. 2016). Cofré et al. (2014a) también sugieren incorporar la Teoría de la descendencia con modificación usando evidencias fósiles. Finalmente, se considera ventajosa para la comprensión de la evolución, que previamente o en paralelo, se incorporen nociones de herencia y variabilidad (Homburguer et al., 2019; Becerra y Cofré, 2021).

En Chile, el currículo nacional (Mineduc, 2016b) establece que el contenido de Evolución se trabaje en el nivel de Primero medio, a través de tres objetivos de aprendizaje que abordan los temas de registro fósil, evidencias y postulados de la Teoría Evolutiva, y Taxonomía (OA 1, OA 2 y OA 3, respectivamente).

En Chile, en materia de NOS y Evolución, Cofré et al. (2013) presentaron un estudio inicial sobre la comprensión y aceptación de la evolución en estudiantes de carreras universitarias del área biológica (incluida Pedagogía), reportando que aunque la mayoría de los encuestados no entendía la diferencia entre teoría-ley y exhibía errores conceptuales, mostraban un alto grado de aceptación de la Evolución como idea científica. En 2014, se reporta que esta misma situación se presenta en la población de profesores, demostrando que es importante mejorar la formación inicial en Evolución de los futuros docentes (Cofré et al., 2014b). Luego, se publicaron los resultados de un proyecto de Programa de Desarrollo Profesional para profesores de biología en ejercicio, que arrojó que los docentes afirman que es relevante abordar la diferencia entre teoría y ley como elemento de NOS estrechamente relacionado a la enseñanza de la Evolución. Además concluyeron que usar NOS como estrategia es útil para la enseñanza de evolución, como por ejemplo, con el uso del registro fósil como evidencia (base empírica) (Bravo y Cofré, 2016). Luego en 2017, se estudió la relación entre la comprensión de NOS de

profesores de biología y el nivel de comprensión y aceptación que tienen de la Evolución, encontrándose que la comprensión de NOS parece no explicar la comprensión-aceptación de la evolución, indicando que la relación entre estas variables sería más compleja (Cofré et al., 2017b). En 2018, se presentó el hallazgo de que, en estudiantes de secundaria, la comprensión de la evolución y selección natural era baja, pero la aceptación de la evolución era alta, indicando que existe una aceptación sin comprensión. Esto significa que la comprensión de la selección natural por sí sola no es suficiente para mejorar considerablemente la aceptación de la evolución, lo cual puede ser explicado porque las ideas erradas en la comprensión de la evolución (ej.: ocurre por necesidad) son distintas a las ideas erradas de la aceptación de la evolución (ej.: no hay evidencia científica que la abale) y, por lo tanto, son 2 fenómenos que deben tratarse por separado y de forma explícita (Cofré et al., 2017a).

Por otro lado, el trabajo de Scharmann (2018) presenta un ejemplo del cruzamiento entre NOS, CPC y Evolución. Si bien sus reflexiones se basan en la experiencia de enseñanza de la evolución en la educación superior, su propuesta se puede trasladar a la educación secundaria. Declara que para enseñar efectivamente la evolución es necesario que haya un manejo previo de los elementos de NOS para luego conectar explícitamente ambos dominios mediante actividades de aprendizaje activo. Además, indica que la evaluación de NOS en materia de evolución debe hacerse de la manera menos confrontacional posible para permitir que los estudiantes comparen sus creencias iniciales con la evidencia y los datos trabajados.

Capítulo 3: MARCO METODOLÓGICO

El presente estudio es de naturaleza cualitativa con enfoque interpretativo, ya que pretende realizar un análisis en profundidad de sus participantes, busca conocer el interior de los sujetos; sus motivaciones, significaciones y su mundo (Flick, 2007). El método es un estudio de caso pues tiene por objetivo el análisis detallado y exclusivo de dos profesoras, y el tipo de análisis es de contenido.

Es un tipo de diseño de la investigación cualitativa que explora una situación acotada temporal y espacialmente, mediante una recolección detallada de datos de múltiples fuentes y reporta una descripción de la situación (Creswell, 2013). Yin (2009) lo define como una estrategia de investigación empírica sobre un fenómeno contemporáneo particular dentro de su contexto de vida real, usando múltiples fuentes de evidencia. En este punto es necesario mencionar que una limitación metodológica de este trabajo de tesina es que se obtuvo datos de una sola fuente.

El estudio se divide en tres etapas. La primera corresponde a la identificación de elementos de NOS presentes en el discurso de dos profesoras durante la implementación de sus clases de evolución en dos Primeros Medios, mediante análisis de contenido. La segunda etapa corresponde a la determinación del nivel de CPC procedimental que exhiben ambas profesoras en la implementación de su enseñanza de la unidad de evolución, a través de una rúbrica de observación de clases. La tercera etapa corresponde a contrastar los hallazgos provenientes de las dos primeras etapas, triangulándolos con el fin de establecer relaciones entre el manejo de elementos de NOS vinculados al contenido de Evolución y el nivel de CPC procedimental de Evolución de las profesoras observadas.

3.1.1 Estudio de caso

El estudio de Caso busca desarrollar un retrato detallado de un fenómeno para entender la experiencia, perspectiva y visiones de las personas en un conjunto particular de circunstancias. Como señalan Hernández et al. (2014), el enfoque cualitativo se centra en comprender los fenómenos explorándolos desde la perspectiva de los participantes, en un ambiente natural y en relación con su contexto, profundizando en sus puntos de vista,

interpretaciones y significados. En este estudio, el fenómeno corresponde a la relación entre la comprensión de NOS y el nivel de CPC de evolución de las profesoras.

Stake (1995) propone que este diseño es “el estudio de la particularidad y la complejidad de un caso singular” (p. 11). Bajo su categorización, este caso corresponde a un Estudio de Caso simple e intrínseco ya que el foco del estudio está en el caso mismo. Por otro lado, este caso se podría considerar de diseño múltiple por el hecho de que describe a más de una persona o situación.

3.1.2 Caso de estudio y participantes

Las principales características que debe reunir un Estudio de Caso son según Creswell (2013), la delimitación y descripción del caso junto a un desarrollo de una profunda comprensión de él. Ragin (1992) plantea que es importante distinguir el fenómeno de interés de la situación o unidad de estudio, donde la operación real de la investigación a través del diseño de Estudio de Caso, es “armar el caso” respondiendo las preguntas ¿Un caso de qué? O ¿de qué es esto un caso? Las personas, objetos o eventos se convierten en un caso de algo al principio o final de la investigación, y este proceso requiere la articulación de argumentos, conceptos, teorías y evidencias (Schwandt y Gates, 2017). Como el título de esta tesina lo anticipa, se puede decir que esto es un Caso del uso de elementos de NOS y del nivel de CPC procedimental observados en clases de evolución.

Participaron de este estudio dos profesoras de Biología en ejercicio, con 13 años de experiencia al momento del registro de sus clases de evolución; esto es, durante el primer semestre del año 2019. Para efectos de confidencialidad se asignaron pseudónimos y serán presentadas como Profesora Bárbara y Profesora Antonia. Ambas completaron su formación inicial docente en la misma universidad e ingresaron a la carrera de Pedagogía el año 2001, siendo de generaciones de egreso cercanas. La Profesora Antonia se encontraba haciendo clases en un establecimiento particular pagado y la Profesora Bárbara lo hacía en un colegio particular subvencionado. Ninguna de las dos había realizado una capacitación previa en materia de NOS, CPC o Evolución.

Las clases registradas se realizaron en dos Primeros Medios; uno a cargo de cada profesora, dado que en ese nivel se debe efectuar la enseñanza de la Evolución por disposición

curricular. La profesora Antonia realizó siete clases y la Profesora Bárbara realizó cinco clases de la unidad de evolución.

Es importante señalar que las profesoras no planificaron implementar aspectos de NOS en sus respectivas secuencias de clases, ni sabían que se les iba a observar en busca de ellos. Es por esto que la presencia y detección de elementos de NOS presentes en sus discursos es de naturaleza incidental y emergente. Por otro lado, las profesoras sí sabían que estaban siendo estudiadas en relación al desarrollo de su CPC, ya que habían sido entrevistadas previamente.

3.2 Recolección de datos

La obtención de datos para la realización de este estudio fue posible gracias a la generosa contribución de la candidata a Magíster Arlette Bassaber, quien facilitó el material recolectado en su proyecto de investigación, el cual tenía por objetivo observar el desarrollo del CPC de evolución de dos profesoras.

Las clases de evolución de las profesoras fueron registradas mediante videgrabaciones con el objetivo de obtener un insumo para la reflexión en posteriores entrevistas de recuerdo estimulado. Para conseguir esto, se sostuvo reuniones con las profesoras y directivos de los establecimientos educacionales para presentar los objetivos del estudio, su metodología y antecedentes. A los estudiantes también se les presentó el proyecto de investigación y se les pidió firmar un asentimiento informado, mientras que a sus apoderados se les pidió firmar un consentimiento informado en el cual declararon aceptar ser participantes del estudio y ser grabados.

3.2.1 Videgrabación.

La recolección de datos es una forma de interacción social, de modo que la interacción social es tanto el fenómeno en estudio, como el medio de investigación del fenómeno (Jenks, 2018). Entrar al sitio de investigación, instalar el aparato de grabación, manipularlo, obtener consentimiento, tomar notas o interactuar con los participantes del estudio, son todas formas de interacción social. Nunca pueden ser aisladas o removidas del fenómeno en estudio, sino que se sitúan dentro de él y son una parte de lo que eventualmente queda almacenado como registro de la interacción social. Por lo tanto, el registro o recolección de datos es una labor subjetiva, para lo cual quien investiga debe asumir su influencia en la producción de datos (Jenks, 2018). En

este sentido, debe tenerse en cuenta la paradoja del observador presentada por Labov (1972) que implica que los participantes de la investigación podrían hablar o interactuar distinto a cuando no están siendo observados o grabados. La posibilidad real de influenciar a los participantes debe animar a quien hace los registros a considerar cuidadosamente cómo su presencia y sus decisiones modelan la forma en que se interpreta la realidad (Jenks, 2018). La persona que entraba a las salas a realizar las videograbaciones fue la investigadora Arlette Bassaber, quien permanecía allí durante toda la duración de las clases registradas. Su interacción con las profesoras y estudiantes fue mínima pero inevitable, por lo que no se puede descartar completamente su influencia en el desempeño de las profesoras.

Las videograbaciones fueron transcritas para la identificación de los elementos de NOS y fueron observadas para la aplicación de una rúbrica de medición de CPC procedimental.

3.3 Producción de datos

3.3.1 Transcripción

Una transcripción se refiere a cualquier representación gráfica y/o textual de aspectos selectivos del comportamiento verbal, prosódico y paralingüístico, es decir, se limita al comportamiento vocal, siendo el componente verbal su parte más básica (Kowal y O'Connell, 2013). En este estudio, la transcripción se hizo a partir del registro de las videograbaciones y puso énfasis principalmente en el componente verbal de la comunicación. Esto, porque en la transcripción se buscarían segmentos del discurso de las profesoras que aludieran a los elementos de NOS delimitados en el Capítulo 2, para posteriormente realizar un Análisis de contenido.

A pesar de que existe la idea de que transcribir es una acción objetiva, las transcripciones son objetos altamente contextualizados. Además, el hecho de que la transcripción esté restringida por el medio en el que se recogen y representan los datos obtenidos, requiere un acto de reduccionismo, por lo que nunca son representaciones completas del fenómeno. Tampoco son totalmente precisas ya que las grabaciones poseen innumerables matices y capas de la interacción social (Jenks, 2018). Debido a que las videograbaciones no tenían el objetivo de ser transcritas, no se tuvo el suficiente cuidado de asegurar la calidad del audio con micrófonos de respaldo. Por este motivo, el ruido ambiente y el murmullo de los estudiantes en ocasiones

impidieron distinguir lo que estaban expresando las profesoras. Así, las transcripciones quedaron con algunos vacíos.

3.3.2 Rúbrica

Como señala Waugh y Gronlund (2013) y Jonsson y Svingby (2007) las rúbricas pueden ser consideradas como instrumentos de evaluación y en este sentido corresponden a un conjunto de pautas que describen ciertas características de diferentes niveles de desempeño que pueden ser usadas para establecer puntuaciones o para juzgar ciertos desempeños. El uso de rúbricas con propósitos investigativos, aunque laboriosas, pueden ser prometedoras ya que aportan datos de calidad que pueden utilizarse cuantitativa y cualitativamente (Clement et al., 2003).

En este estudio, a las clases de las profesoras registradas en las videograbaciones se les aplicó una rúbrica de CPC procedimental basada en la propuesta de Park et al. (2011), que a su vez está basada en el modelo pentagonal (Park & Oliver, 2008) que plantea la noción de CPC “en acción”, la cual es acuñada posteriormente como CPC procedimental o implementado en los posteriores modelos de CPC. Este instrumento proporcionó un mecanismo para observar cómo los profesores integran sus conocimientos con sus prácticas de planificación, implementación y reflexión. Sin embargo, la adaptación de la rúbrica usada en este estudio sólo consideró la etapa de implementación.

Luego de la adaptación de la rúbrica, en conjunto a dos investigadoras más se revisó su pertinencia en la medición de CPC procedimental a partir de la observación de las videograbaciones. Luego, 2 de las investigadoras aplicaron la rúbrica de forma independiente a la totalidad de las clases registradas, obteniendo puntajes coincidentes en la mayoría de los criterios de evaluación. Al reportar y comparar dichos puntajes, las investigadoras pudieron llegar a consenso cuando hubo diferencias en la asignación de puntajes, obteniendo un Kappa de 0,78. Sin embargo, en las ocasiones en que no se logró acuerdo, la tercera investigadora zanjó las diferencias.

Según las categorías señaladas en Moskal (2000), la rúbrica que se presenta a continuación (en la Tabla 2) es de tipo analítica ya que asigna puntajes, y es tarea-específica (o tópico-específica), ya que su estructura permite evaluar exclusivamente clases de evolución. Aquí, los criterios de evaluación se diseñaron en base a cuatro componentes de CPC tomados

del Modelo de Magnusson et al. (1999). La rúbrica quedó compuesta de 2 criterios sobre conocimiento curricular, 1 criterio sobre conocimiento de los estudiantes, 1 criterios sobre conocimiento de las estrategias y 1 criterio sobre conocimiento de la evaluación (5 criterios en total). Cada uno de los criterios de evaluación tiene cuatro niveles de logro; limitado, básico, hábil y avanzado, a los cuales se les asignó 0 puntos, 1 punto, 2 puntos y 3 puntos, respectivamente. Por lo tanto, la rúbrica tiene un puntaje máximo de 15 puntos por clase.

3.3.3 Observación no participante

Con mayor o menor grado de participación, el observador usualmente está involucrado en lo que se está observando. En este estudio se ha empleado la observación no participante en dos grados. Quien acudió a las clases de las profesoras y realizó las videograbaciones no pertenece al grupo en estudio, es externa, y se mantuvo distante de la interacción social, actuando como espectadora. En cambio, quien revisó las videograbaciones y las transcribió se considera un observador completo, ya que no fue visto ni conocido por el grupo en estudio (Creswell, 2013).

3.4 Análisis de datos

3.4.1 Análisis de contenido

En el marco interpretativo de la investigación cualitativa, el análisis de contenido se implementa como una técnica de reducción de datos principalmente para producir códigos y categorías. Consiste en un análisis sistemático de texto que puede ser inductivo; las categorías emergen del texto, o deductivo; las categorías están predefinidas (Margolis y Zunjarwad, 2017). En este estudio, las categorías están predefinidas y corresponden a los elementos de NOS presentados previamente en el Capítulo 2, Tabla 1.

Se diferencia del análisis de contenido cuantitativo en que no se adjudica importancia a una categoría en base a su frecuencia, sino que a su significado (Kracauer, 1952). En la tradición cuantitativa el análisis de contenido es una técnica de recolección de datos, mientras que en la tradición cualitativa es una técnica de análisis de datos, que busca proveer de una descripción detallada del material analizado (Schreier, 2013). De esta manera, aunque una idea de NOS surgiera solo una vez en el discurso de las profesoras, sí se consideró significativo.

El análisis de contenido tiene tres características fundamentales; es reduccionista, sistemático y flexible. Reduccionista, porque requiere que el investigador se enfoque en aspectos preseleccionados relacionados con la agenda de investigación, en la cantidad que el investigador sea capaz de manejar. Es sistemático en el sentido de que tiene una secuencia de etapas, siendo un proceso iterativo; repitiendo, revisando y modificando la acción de codificación. Es flexible porque combina categorías derivadas del marco conceptual y derivadas de los datos, dentro del mismo marco de codificación, lo cual asegura que las categorías se ajustan a los datos (Schreier, 2013). En este estudio, se utilizó el programa ATLAS.ti 9.0 para gestionar las categorías y códigos, y luego para representar los resultados en redes.

Las etapas ideales del análisis de contenido cualitativo que vienen a continuación de las fases más anteriores de la investigación, como establecer la pregunta de investigación, objetivos, seleccionar el caso y recolectar los datos, son: construir el marco de codificación, fase de prueba, evaluar y rectificar el marco de codificación, fase de codificación principal y finalmente la presentación e interpretación de los hallazgos (Schreier, 2013).

Una vez transcritas las clases de las profesoras, se procedió a buscar ideas dentro de sus discursos que aludieran a ideas de NOS. La primera etapa de codificación consistió en clasificar esas ideas según siete categorías generales de códigos correspondientes a los siete elementos de NOS delimitados por Lederman (2007). La segunda etapa, consistió en generar códigos más específicos que manifestaran ideas de NOS relacionadas a la evolución. En este proceso, se pudo apreciar que algunas de esas ideas representaban 2 elementos de NOS a la vez, por lo que surgen categorías mixtas, como por ejemplo Creatividad-Subjetividad. Finalmente, los códigos (generales, específicos y mixtos) de cada profesora se presentan en una tabla de frecuencias (Tabla 3 y Tabla 4) para expresar su recurrencia y, además, se representan en una red (Figura 5 y Figura 6) para visualizar la composición y riqueza de los códigos en el caso de cada profesora.

3.4.2 Cálculo de puntaje de rúbricas

Una vez aplicadas las rúbricas a cada clase de las profesoras y después del proceso de consenso, se procedió a contar sus puntajes. Para traducir esos puntajes a un nivel de CPC procedimental concreto, se establecieron 3 rangos de puntajes para clasificar el desempeño de las profesoras, como se detalla a continuación: de 0 a 5 puntos, se consideró como CPC procedimental bajo. De 6 a 10 puntos, se consideró como CPC procedimental medio. Y de 11 a

15 puntos, se consideró como CPC procedimental alto. Los puntajes de cada clase fueron promediados y graficados, como se muestra más adelante en la sección de resultados.

3.4.3 Triangulación metodológica

Entendida como la combinación de distintas técnicas y fuentes de información con el propósito de ampliar la comprensión del fenómeno y fortalecer la credibilidad de los hallazgos. Como señalan Patton (2014) y Flick (2018), la triangulación permite abordar un mismo fenómeno desde diferentes perspectivas y no solamente validar resultados, sino también enriquecer y complejizar su interpretación.

Como advierte Flick (2018b), la triangulación no busca únicamente confirmar que los resultados coincidan, sino comprender las posibles divergencias y matices entre las mediciones obtenidas por los distintos métodos, de modo que las diferencias se convierten en una oportunidad para enriquecer el análisis. En el sentido descrito por Flick (2018a), no sólo se pretende verificar los resultados por medio de diferentes técnicas, sino también ampliar la mirada sobre la relación entre los constructos en estudio.

Siguiendo estos principios, los resultados obtenidos en la primera etapa de identificación de elementos de NOS mediante análisis de contenido y los resultados de la segunda etapa; determinación del nivel de CPC procedimental evaluado con la rúbrica, fueron contrastados y analizados conjuntamente, integrando ambas perspectivas para interpretar la relación entre el uso de elementos de NOS y el nivel de CPC procedimental de las profesoras.

Tabla 2*Rúbrica de CPC procedimental.*

Elementos	Limitado 0	Básico 1	Hábil 2	Avanzado 3	Puntaje
CU3. Conocimiento sobre cómo desarrollar una clase centrada en la idea central del contenido curricular	Se presentan errores conceptuales graves que generen confusión del contenido o los contenidos no corresponde al tema curricular del nivel.	Se presentan errores conceptuales menores o se revisan temas prescindibles asociados a la idea central, pero se revisa correctamente al menos un concepto asociado a la idea central del contenido curricular del nivel.	No comete errores conceptuales y los contenidos corresponden o tributan a la comprensión de la idea central asociada.	Contenido tratado tributa a la idea central del contenido curricular del nivel y agrega otros componentes del currículo para enriquecer aprendizaje del contenido (ej. genética, ecología)	
CU4. Conocimiento sobre cómo desarrollar una clase incorporando la Naturaleza de la Ciencia (NOS)	No se incorporan aspectos de NOS en la clase	Se incorporan aspectos de NOS en la clase, pero de forma implícita y sin hacer conexión con la comprensión de la idea central (ej. Se analiza la evidencia recolectada por Darwin necesaria para desarrollar la teoría)	Se incorporan de forma explícita aspectos de NOS, como la definición de teoría y ley, pero se hace de forma expositiva sin que haya gran conexión entre NOS y evolución	Se incorpora algún aspecto de NOS de importancia para comprender la teoría de la evolución y esto se realiza mediante estrategias activas centradas en el estudiante (ej. Se comparan las teorías y leyes de la evolución con otras leyes y teorías científicas o se analizan datos empíricos que aportan evidencias para validar la teoría de la evolución)	
ES4. Comprensión de las ideas y modos de aprender de los estudiantes	No hay evidencias de tomar en cuenta las ideas y modos de aprender de los estudiantes (ej. ignora intervenciones de los estudiantes que alertan confusión o no indaga sobre las preconcepciones de los estudiantes)	Comprensión limitada de las ideas y modos de aprender de los estudiantes (ej. identifica una confusión de un estudiante, pero no profundiza sobre ella en el resto del curso)	Comprensión adecuada de las ideas y modos de aprender de los estudiantes (ej. Indaga activamente sobre ideas erróneas de algunos estudiantes)	Comprensión sofisticada de las ideas y modos de aprender de los estudiantes (ej. utiliza actividades o preguntas para indagar y desafiar la existencia de ideas erróneas en el grupo curso)	
EV3. Formulación de preguntas para poner a prueba la comprensión de los estudiantes ^b	Sin preguntas para averiguar la comprensión de los estudiantes.	Se presenta una pregunta para averiguar la comprensión de los estudiantes de forma general	Se presentan dos o más preguntas para averiguar la comprensión de los estudiantes de forma general (grupo curso)	Se presentan dos o más preguntas para averiguar la comprensión de los estudiantes incluyendo la aplicación a un	

		(grupo curso) sin llevar la aplicación a un nuevo contexto	incluyendo la aplicación a un nuevo contexto	nuevo contexto, pero al menos una es de forma individual o grupal en la cual se realiza retroalimentación (ej. Cuando los estudiantes trabajan en grupo la o el profesor realiza preguntas en cada grupo en la cual desafía las explicaciones y retroalimenta)	
EN2. Conocimiento de estrategias de enseñanza	Sin evidencia de conocimiento ni aplicación de estrategias idóneas para la enseñanza del contenido (ej. la clase se basa en el texto escolar o en la explicación de diapositivas)	Se usan estrategias limitadas como la lectura del texto escolar o la explicación de diapositivas, pero se incluye un contexto cercano a los estudiantes para motivarlos (ej. Se dan ejemplos de adaptaciones humanas, diversidad de flora y fauna nativa, la evolución de especies carismáticas, etc.) o se incluye el contexto histórico de desarrollo del conocimiento evolutivo (HOS)	Conocimiento adecuado de estrategias de enseñanza del contenido las cuales se fundamentan en la indagación, la argumentación o el cambio conceptual (ej. Se presentan ejemplos cercanos con análisis de datos empíricos reales y preguntas de orden superior o la generación de debates en el grupo curso).	Conocimiento sofisticado de estrategias de enseñanza del contenido las cuales se centran en desafiar no solo las preconcepciones de evolución, sino también aquellas sobre el estatus científico de la teoría, incorporando el trabajo dialógico en grupo (ej. En grupos pequeños estudiantes debaten sobre 3 explicaciones alternativas de cómo evolucionó el perro)	

CAPÍTULO 4: RESULTADOS

4. 1 Descripción de la secuencia de clases de evolución de las Profesoras

4.1.1 Profesora Bárbara

La profesora Bárbara realizó cinco clases de 90 minutos sobre evolución. A continuación, se describe brevemente cada clase.

Clase 1: La profesora inicia retomando ideas sobre biodiversidad y sus distintos niveles ya que indica que la clase se tratará de teorías que explican el origen de la biodiversidad. Presenta 3 gráficos de Tiempo v/s Características para contrastar Fijismo, Transformismo y Evolucionismo. Cuando explica Fijismo lo diferencia de Creacionismo y utiliza el registro fósil para avanzar a Transformismo. Finaliza introduciendo el gráfico de evolucionismo.

Clase 2: La profesora inicia la clase retomando el gráfico de Evolucionismo y usa la idea de ancestros, parentescos y árbol filogenético. Además, introduce el concepto de extinción y empieza a discutir el proceso de especiación. Estudiantes proponen explicaciones relacionadas a hibridismo, panspermia, migración y descendencia con modificación. La profesora aclara diferencia entre aclimatación y adaptación para abordar noción de cambio por “necesidad” y cuestiona largamente a los estudiantes sobre cómo ocurre la adaptación, quién se adapta y quién se reproduce.

Clase 3: La profesora retoma la clase con el concepto de éxito reproductivo y la variación en la frecuencia de los rasgos de una población, aclarando la diferencia entre adaptación y ontogenia. Luego reflexiona sobre el efecto de la inmigración (pasada y presente) en la variación de tonos de piel en Chile. Introduce a Darwin; su viaje, su metodología y sus aportes. Se refiere a la relación sobrevivencia-reproducción y menciona el factor del azar. Finaliza con las evidencias de la evolución.

Clase 4: La profesora retoma la clase anterior con un video que profundiza en la explicación de las evidencias de la evolución. Luego da instrucciones para la confección de una maqueta, en equipos, sobre alguna de las evidencias de la evolución que los equipos

tendrán que presentar al curso con nota sumativa y ocupa el resto de la clase para que los estudiantes se organicen.

Clase 5: Presentaciones por equipo y retroalimentación de la profesora.

4.1.2 Profesora Antonia

La profesora Antonia realizó siete clases de evolución. A continuación, se realiza una breve descripción de cada una de las clases.

Clase 1: La profesora inicia recordando contenidos previos sobre características de los seres vivos y tipos de células. Explica que la clase se centrará en la diversidad de la vida y cómo se clasifica. Presenta el concepto de Dominios y Reinos, explicando las diferencias entre Arqueas, Eubacterias y Eukarya. Detalla las características de cada grupo e incluye ejemplos sobre organismos con reproducción sexual y asexual. Finaliza introduciendo el concepto de taxonomía presentando a Carlos Linneo, y menciona las categorías taxonómicas.

Clase 2: La profesora inicia repasando las categorías taxonómicas desde dominio hasta especie, usando ejemplos para explicar nombre científico, género y especie. Luego presenta y analiza gráficos de árboles filogenéticos para explicar las relaciones de parentesco entre especies, destacando nodos y antepasados comunes. Explica el concepto de especie e introduce rol de genes y ADN en la clasificación de organismos, utilizando ejemplos para mostrar adaptaciones evolutivas. Finaliza describiendo el orden evolutivo de los vertebrados.

Clase 3: La profesora inicia con retroalimentación de prueba sobre diversidad y taxonomía. Luego introduce el concepto de evolución como un proceso lento y gradual, explicando evolución convergente y divergente- Explica los conceptos de órganos homólogos, análogos y vestigiales como evidencias evolutivas. Finalmente, introduce la embriología comparada mostrando similitudes en embriones de distintas especies como evidencia de un origen común, y cierra anunciando que la próxima clase abordarán teorías evolutivas y adaptación.

Clase 4: La profesora inicia anunciando que la clase se tratará de teorías evolutivas. Presenta a los pre-evolucionistas Carlos Linneo con su taxonomía y George Cuvier con su catastrofismo como explicación para las extinciones. Luego presenta a Lamarck como el primero en proponer una teoría evolutiva, mencionando sus postulados. Comenta cómo

August Weismann refutó la herencia de caracteres adquiridos con su experimento de cortar colas a ratones. Continúa con la teoría de Darwin y Wallace, destacando los principios del evolucionismo. Finaliza señalando las diferencias entre Lamarck y Darwin, usando el ejemplo de la evolución de la jirafa.

Clase 5: La profesora inicia recordando las teorías de Lamarck y Darwin- Luego introduce la Teoría Sintética, explicando que integra aportes de diversas ciencias, como la genética y la bioquímica, para actualizar las ideas de Darwin. Destaca que la unidad de evolución es la población, no el individuo ni la especie, y discute conceptos como mutaciones, recombinación genética, gradualismo y selección natural. Luego, aplica estas ideas a ejemplos concretos como la jirafa y la atrofia de los ojos en topos. Para finalizar, deja una actividad sobre la evolución de las ballenas.

Clase 6: La profesora inicia retomando actividad sobre evolución de ballenas e indica que la clase tratará sobre teorías que explican el origen de la vida. Presenta Creacionismo, Panspermia, Generación espontánea y la Teoría Químico-sintética de Oparin y Haldane. Posteriormente, describe los experimentos de Redi y Spallanzani, para refutar idea de generación espontánea. Señala que en próxima clase hablarán del experimento de Luis Pasteur.

Clase 7: La profesora inicia recordando las teorías sobre el origen de la vida vistas previamente. Después explica el experimento de Pasteur como nuevo aporte para refutar generación espontánea. Luego, retoma la explicación de la teoría químico-sintética de Oparin y Haldane, junto con el experimento de Urey y Miller. La profesora concluye entregando una guía de trabajo con nota acumulativa.

4.2 Identificación de elementos de NOS utilizados en clases de evolución.

A continuación, en la Tabla 3 se presentan los aspectos de NOS identificados en las clases de Evolución de la Profesora Bárbara. Las categorías principales de codificación fueron los siete elementos de NOS definidos por Lederman (2007) descritos en el capítulo 2, Tabla 1, junto a ciertos elementos mixtos detectados, como por ejemplo Tentatividad + Base empírica. Los códigos que indican subcategorías corresponden a aspectos más particulares

dentro de cada elemento de NOS en relación al contenido de evolución. Se muestran también sus frecuencias y se indica en qué momento de la secuencia de clases fueron emitidos.

Tabla 3

Elementos de NOS utilizados por la Profesora Bárbara en sus clases de Evolución.

Profesora Bárbara							
Elementos NOS	N° Códigos	Códigos específicos (Subcategorías)	Clases				
			1	2	3	4	5
Teoría-Ley	4	Biodiversidad es explicada por teorías.		x	x		
		Teoría representada en un gráfico.	x	x			
		Teorías tienen premisas.			x		
		Fijismo, Transformismo y Evolución son Teorías.		x			
Observación-Inferencia	1	Cambios en el ambiente son observables			x		
Base empírica	7	Evidencia permite afirmar Teoría					x
		Evolución tiene varios tipos de evidencia.		x	x		
		Fósiles como evidencia dan información.	x	x			x
		Darwin como naturalista principalmente observa y registra.			x		
		Observación como medio de estudio			x		
		Extinción es inferencia a partir de fósiles.		x	x		
		Fósil como medio de observación de algo ausente actualmente.			x		x
Tentatividad	5	Argumentos permiten validar, refutar o replantear una explicación.	x				
		Azar como explicación.			x		
		Fijismo es distinto de Creacionismo.	x				
		Fijismo proviene de la ciencia. Creacionismo proviene de Iglesia.	x				
		Hay cosas que a la ciencia le cuesta explicar.			x		
Subjetividad	4	A la base de un descubrimiento hay conocimientos previos.			x		

		Conocimiento científico es distinto de creencias y sentimientos.	x		x		
		Conocimiento científico permite superar ideas previas.			x		
		Había cosas que Darwin conocía pero no entendía.			x		
Creatividad	1	Darwin propone Evolución y por eso se le considera "Padre de la evolución".			x		
Social-Cultural	5	Rasgo de Color de piel en población chilena ha cambiado en el tiempo.			x		
		Contexto cultural determina la generación de explicaciones.	x				
		Fenómenos sociales pueden ser vistos desde perspectiva evolutiva.			x		
		Fijismo es explicación surgida en el pasado histórico.	x				
		Migraciones humanas son procesos normales.			x		
Elementos de NOS mixtos	N° Códigos	Códigos específicos (Subcategorías)	Clases				
			1	2	3	4	5
Teoría-Ley + Subjetividad	1	Formación de opinión mediada por sustento teórico.			x		
Tentatividad + Social-Cultural	1	Explicaciones cambian en el tiempo e historia.	x				
Tentatividad + Base empírica	1	Nuevas evidencias permiten replantear explicaciones.	x				
Subjetividad + Base empírica	2	Conjugación de conocimientos previos y observaciones permitieron a Darwin generar explicaciones.			x		
		Nuevas evidencias no necesariamente modifican creencias.	x				
Total	32		11	6	20	0	3

Como se puede ver en la Tabla 3, en el discurso de las clases de la Profesora Bárbara, a lo largo de sus cinco clases, se encontraron en total 32 ideas de NOS en relación a la Evolución, siendo el elemento de Base empírica el más recurrente con 7 apariciones. Los

elementos de Observación-Inferencia y Creatividad obtienen sólo una aparición y los demás elementos de Tentatividad, Integración Socio-Cultural, Subjetividad y Teoría-Ley aparecen de 4 a 5 veces. Además, se detectaron 5 ideas provenientes de elementos de NOS mixtos.

A continuación, en la Tabla 4 se presentan los códigos detectados en las clases de la Profesora Antonia, quien realizó un total de siete clases de la secuencia de evolución.

Tabla 4

Elementos de NOS utilizados por la Profesora Antonia en sus clases de Evolución.

Profesora Antonia									
Elementos NOS	N° Códigos	Códigos	Clases						
			1	2	3	4	5	6	7
Teoría-Ley	4	Evolución sigue siendo teoría porque todavía no se puede comprobar.				x			
		Teorías son supuestos.		x		x		x	
		Sabemos que la evolución existe y tiene teorías.				x			
		Una teoría es ley cuando se puede comprobar.				x			
Observación-Inferencia	2	Conclusión (inferencia) es distinto de observación.			x				
		Observación es algo evidente.			x				
Base empírica	1	Las ciencias dan cuenta de la evolución a través de evidencias.			x				
Tentatividad	1	Con el paso del tiempo y el desarrollo de la tecnología la Ciencia avanza.	x			x	x		
Subjetividad	1	Darwin no sabía de ADN entonces no pudo explicar variaciones.				x	x		
Creatividad	1	Experimentos fueron sencillos.				x		x X	
Social-Cultural	1	Raza es un término más social que biológico y se ha limitado su uso por efecto del racismo.	x						
Elementos de NOS mixtos	N° Códigos	Códigos específicos (Subcategorías)	Clases						
			1	2	3	4	5	6	7

Teoría-Ley + Base empírica	1	Evidencias ayudan a entender qué es un proceso evolutivo, aunque aún no se compruebe.					x			
Base empírica + Subjetividad	2	Teoría quimio-sintética es más creíble porque tiene más evidencia.							x	
		Nueva evidencia genera dudas y cambio de creencias.					x			
Total	14		2	1	3	9	2	3	1	

En el discurso de la Profesora Antonia, a lo largo de sus siete clases, se encontraron en total 14 ideas de NOS de las cuales; 4 pertenecen al elemento de Distinción Teoría-Ley, 2 pertenecen al elemento de Distinción Observación-Inferencia, un elemento de Base empírica, un elemento de Subjetividad, un elemento de Tentatividad, un elemento Integración Socio-Cultural, un elemento de Creatividad y 3 ideas mixtas.

4.3 Análisis de elementos de NOS utilizados en clases de evolución

4.3.1 Profesora Bárbara

La Profesora Bárbara ocupa en seis oportunidades ideas del elemento de Teoría-Ley, distribuidos en las tres primeras clases, apareciendo uno de ellos mezclado con Subjetividad. Ella utiliza las ideas de este elemento para establecer que la biodiversidad de organismos se ha explicado a través de Teorías, como lo son el Fijismo, Transformismo y Evolución, planteando que éstas se pueden representar en gráficos, los cuales usa para contrastarlas y para mostrar cómo han cambiado las explicaciones en el tiempo. En sus intervenciones no se define o distingue la noción de Teoría ni se alude al concepto de Ley, pero se puede apreciar que la profesora entiende que las teorías son modelos explicativos. A continuación, se da un ejemplo del uso que se le da a este elemento, en una alusión implícita ya que no se hace referencia a su propiedad como elemento de NOS, sino que se usa por su rol en el contenido.

... Van a existir fenómenos de diversificación y van a existir otros fenómenos ¿Cómo cuáles? ... Fenómenos de extinción y fenómenos de diversificación. Esas dos características son fundamentales de esta Teoría evolutiva o evolucionismo como manera o mecanismo de explicar la biodiversidad ya. La biodiversidad; la diversidad de especies que existe en la actualidad y que ha existido también en el pasado ya. ¿Cómo reconocemos o cómo podemos evidenciar la extinción? ¿por qué se habla de extinción? ¿por qué aparece en el gráfico una línea que llega hasta la mitad si nosotros no estuvimos presentes en ese tiempo? ¿conocen alguna especie extinta?... (transcripción Clase 2, líneas 93-104)

Sin embargo, se reconocen dos manifestaciones explícitas dentro de este elemento que sí hacen referencia a las características de los elementos de NOS, tales como la composición y rol de una teoría, que pueden desprenderse de la siguiente situación:

... Saqué algunas ideas de frases del video que finalmente son ideas que sustentan la Teoría de Darwin. Existen premisas que son la base del pensamiento evolutivo, por lo tanto, estas premisas ustedes tienen que manejarlas ¿Qué significa que existan premisas? Que hay ideas que son su piso y a partir de ese piso ustedes tienen que elaborar pensamientos, entonces en una prueba se pueden encontrar con casos, con análisis de casos ... uno tiene que analizarlas bajo este piso ya, con este sustento teórico, con éstas ideas fuerza, con estas ideas base, pensar de una forma específica. No es lo que yo siento ni lo que yo creo ni lo que yo pensaba hace dos meses o el año pasado, ahora ustedes tienen un conocimiento nuevo ... (transcripción Clase 3, líneas 223-232).

El extracto anterior muestra la comprensión que tiene la profesora Bárbara sobre la estructura de una Teoría mediante el código de las *Teorías tienen premisas* y hacia el final del extracto se manifiesta una idea mixta con elemento de Subjetividad, que da a entender que una vez que se adquiere un conocimiento se piensa de forma distinta, lo cual sustenta el código de que la *Formación de opinión está mediada por un sustento teórico*. Además, la última parte del extracto sostiene los códigos del elemento de Subjetividad de que el *Conocimiento científico es distinto de creencias y sentimientos* y que el *Conocimiento científico permite superar ideas previas*.

El elemento de Creatividad no aparece ligado a otros elementos de NOS y aparece solo una vez en la tercera clase como introducción a un video que verán los estudiantes que describe el desarrollo del pensamiento evolutivo del científico Charles Darwin. Hace alusión al hecho de que él inventó la explicación evolutiva inicial y por ello se le considera el Padre de la Evolución. Este episodio se considera implícito ya que es muy anecdótico y no hace referencia al rol de la creatividad en la generación de explicaciones, como se muestra en el siguiente extracto:

... ¿por qué a una persona se le puede catalogar como el Padre de? El padre de la química, el Padre de la biología, a este caballero lo catalogan como el Padre de la Evolución ... Entonces como que Darwin "inventó", por decirlo así, la teoría o a partir de él surge esta teoría de la Evolución, y se encargó de que todos supieran ... Entrega entonces información respecto de cosas nuevas ya, que van en contra de los científicos de esa época, entonces se otorga una base y por ese motivo se le puede considerar Padre ... (transcripción Clase 3, líneas 77-99)

El elemento de Integración Socio-Cultural de la ciencia se presenta tanto implícita como explícitamente en seis oportunidades, en la primera y tercera clase. En la primera clase la Profesora Bárbara presenta tres tipos de explicaciones que se le ha dado a la biodiversidad de organismos en el orden cronológico en que se han planteado, señalando que el contexto cultural influyó en esos planteamientos, como se muestra a continuación:

... Las creencias desde el inicio de los tiempos del hombre, en su naturaleza humana de tratar de analizar todo lo que tiene alrededor ¿Qué ha hecho? Ha ido tomando su contexto, tomando el ambiente donde está viviendo y tratando de darle explicaciones, por lo tanto, si estamos en una cultura occidental; si nos vamos a una cultura oriental, si nos transportamos en el tiempo hacia atrás en la época de los romanos, se le asignan diversos dioses y le van cambiando el nombre a estas entidades divinas que tienen mucho poder para poder explicar esto (señalando gráfico Fijismo); la presencia de distintas especies ... El tema es que lo que están tratando de hacer es explicar de dónde aparecen los seres vivos y los distintos tipos de seres vivos... (transcripción Clase 1, líneas 86-96)

El extracto anterior se considera una instancia explícita de enseñanza de NOS ya que aun cuando no se dice directamente que la ciencia tiene un componente Socio-cultural, el uso de este elemento tiene la función de revelar esa integración entre ciencia y sociedad. Junto con esto, la profesora hace énfasis en que las explicaciones han ido cambiando, lo cual hace referencia al elemento de Tentatividad, de forma explícita también como se muestra a continuación:

... Esto (Fijismo) de todas maneras hay que contextualizarlo históricamente ya, porque Fijismo es una idea que se remonta como explicación al pasado histórico. En una línea de tiempo si yo voy desde el pasado hasta la actualidad, este es el orden de las explicaciones, el orden en que han ido apareciendo explicaciones para la Biodiversidad, ya ... (transcripción Clase 1, líneas 124-128)

En la tercera clase la Profesora hace una reflexión para retomar lo visto en la clase anterior respecto a la Evolución como cambio en las frecuencias de rasgos observables en la población y para ello utiliza el ejemplo de migraciones actuales y pasadas que han ocurrido en Chile. La función de esta intervención es mostrar a los estudiantes que los fenómenos sociales tales como las migraciones y sus consecuencias pueden verse desde la perspectiva evolutiva, como se muestra en el siguiente extracto:

... Piensen por ejemplo qué ocurre actualmente en este país con el tema de la migración, cómo era el color de piel en los chilenos en promedio, cuáles eran las frecuencias con qué nos encontrábamos. Si uno va al sur de Chile a observar las distintas comunidades ¿Cómo son si va hacia el norte? ¿Cómo son en la zona central? ¿Qué conocen ustedes? ¿Qué es lo que observan a diario? ¿con qué se encuentran cuando salen a la calle o aquí mismo en el colegio, dentro de la sala de clase? ¿Cómo somos nosotros? ¿Cómo son las personas en cuanto a color de piel que están llegando a Chile? En la actualidad la migración tiene una connotación que el color de piel es más oscuro, están llegando poblaciones haitianas, poblaciones de colombianos, venezolanos, etcétera, pero en la antigüedad hubo otro tipo de migraciones, los colonos chilenos, grupos de personas que llegaron a Chile arrancando de la primera o segunda guerra mundial, también eran inmigrantes, también venían con problemas, también traían problemas económicos y en ese momento eran alemanes, eran franceses, eran italianos y en la actualidad nadie le dice a ese tipo de personas, así como “vienes a quitarnos nuestro alimento” que es uno de los comentarios que uno escucha de repente por ahí, ya. Entonces analicémoslo a nivel de genética, a nivel biológico, cuál es la importancia a nivel evolutivo, las consecuencias evolutivas de este tipo de eventos ya, y cuando uno empieza a analizar desde el punto de vista de la evolución estos eventos se da cuenta que da lo mismo el color y empieza a tener otra visión de fenómenos que son sociales, ya, estamos estudiando biología, pero podemos tener otra visión de fenómenos sociales ya... (transcripción Clase 3, líneas 35-53)

Lo anterior es un uso implícito de este elemento ya que no está contextualizado como un aspecto de NOS, pero es una aplicación muy específica de este elemento, que se realiza a través de una reflexión que manifiesta que la Profesora Bárbara relaciona temas de contingencia social con perspectivas científicas.

El elemento de Distinción Observación-Inferencia se presenta con una idea implícita en la tercera clase de manera muy acotada mientras la profesora en una breve intervención está hablando del cambio de frecuencia del rasgo de color de piel de la población chilena, en la que expresa “*entonces siempre estamos sometidos a cambios, cambios en el ambiente y esos cambios son observables en la realidad, o sea yo no necesito leer un libro, miro mi entorno y me doy cuenta de esos cambios*”... (transcripción Clase 3, líneas 63-67), de lo que se desprende que posee la noción de que los cambios en el ambiente son observables; de que son evidentes.

El elemento de Tentatividad se encuentra en siete momentos en la primera y tercera clase, con ideas tanto implícitas como explícitas, dos de ellas enlazadas a los elementos de Integración Socio-cultural (descrito previamente) y Base empírica. Cuando en la primera clase la Profesora va transitando de una teoría a otra, va presentando datos y procesos que permitieron el desarrollo de las explicaciones evolutivas y es en ese contexto que presenta el

código de que hay *Argumentos que permiten validar, refutar o replantear una explicación*, como se expone en el siguiente extracto:

... Ahora esa línea de creencia (*Fijismo*), se basa en la actualidad y para que siga existiendo debe tener argumentos a favor y también argumentos en contra para la gente que la retracta ... ¿Por qué se cae la Teoría del *Fijismo*? ¿De qué manera aparece esta segunda (señalando gráfico B de *Transformismo*)? ... busquen (en el texto escolar) por qué esta teoría (señalando gráfico de *Fijismo*) se cae. Tiene argumentos, aparecen argumentos en contra, que la refutan, que permiten el surgimiento de una idea nueva, la replantean ¿Qué pasa?... (transcripción Clase 1, líneas 79-86)

Luego la Profesora utiliza el código de que el *Fijismo es distinto del Creacionismo* para hacer la distinción entre ambos conceptos, porque el *Fijismo* atiende al hecho de que las especies no han cambiado y el *Creacionismo* se refiere al origen de los organismos, y lo plantea de la siguiente manera:

... El tema es que, bajo esa línea de pensamiento, lo que están tratando de hacer es explicar de dónde aparecen los seres vivos y los distintos tipos de seres vivos, entonces ¿Qué dice el *Creacionismo*? Que hay una entidad superior que creó en algún momento a todas las distintas especies, este es un ejemplo con 3 especies (señalando gráfico de *Fijismo*). Estamos hablando de que todas las especies que están en la actualidad fueron creadas en un momento inicial y se han mantenido intactas: *Fijismo* porque sus características son fijas en el tiempo. No han cambiado, no han tenido ningún tipo de variación, ya ... "Teoría que explica que las diferentes especies que existen en la actualidad, fueron creadas en un tiempo anterior – no importa cuándo, pero hace mucho tiempo – por una divinidad y sus características iniciales no han variado en el tiempo – que es súper importante, ya, de ahí el nombre *Fijismo* ... Desde el punto de vista de la ciencia *Fijismo* habla de que las características están fijas desde un inicio hasta la actualidad, ya, el *Creacionismo* no me habla, no me dice nada como palabra acerca de esto, ya, se va para otro lado con la explicación... (transcripción Clase 1, líneas 94-108)

Después la Profesora establece el código de que *el Fijismo proviene de la ciencia y el Creacionismo proviene de la Iglesia*, afirmando:

... Tiene un nombre, ya, a nivel de análisis científico. A través de la iglesia el nombre puede ser *Creacionismo*, ya, pero desde el punto de vista de la ciencia tiene un nombre y es *Fijismo*, ya. *Fijismo*, puse entre paréntesis *Creacionismo* porque es el nombre como más popular, ya... (transcripción Clase 1, líneas 82-85)

Estas tres ideas recién expuestas son presentadas de forma implícita ya que se utilizan con el fin de avanzar en el contenido y no son emitidas para marcar el dinamismo de la construcción del conocimiento científico. También en la primera clase y de forma implícita

se presenta el código de que *Nuevas evidencias permiten replantear explicaciones*, que es un momento mixto entre Tentatividad y Base empírica, como se puede ver en el siguiente extracto:

... Se dieron cuenta con el fósil, que fue cambiando en el tiempo. Entonces no lo podían explicar y ¿Qué hicieron? Tomaron el gráfico (Transformismo) y modificaron las características, mantuvieron la creación, las mismas especies están hasta el día de hoy, pero han sufrido cambios físicos ¿por qué? Porque los fósiles que encontraron eran distintos, tenían algunas diferencias con las especies que se observaban en la actualidad ... (transcripción Clase 1, líneas 198-203)

El siguiente enunciado también manifiesta la relación entre las evidencias y la cualidad tentativa en la construcción de explicaciones, pero se añade un código mixto implícito de Base empírica y Subjetividad, que es *Nuevas evidencias no necesariamente modifican creencias*, ya que se comenta que las nuevas evidencias que se fueron presentando no necesariamente fueron suficientes para modificar las creencias sobre la evolución y la profesora da a entender que respecto a este tema existe la libertad de creer o no, en base a conocimiento e información, como se aprecia a continuación:

... en una línea de tiempo si yo voy desde el pasado hasta la actualidad, este es el orden de las explicaciones, el orden en que han ido apareciendo explicaciones para la Biodiversidad, ya. Aparecen evidencias en contra en el camino que me tirarían al suelo el Fijismo y ahí surge como alternativa esta otra explicación (señalando gráfico B de Transformismo), pero hay personas que siguen adhiriendo hasta el día de hoy a la creencia A (de Fijismo) ya, y hay otras personas que también adhieren a la creencia B en la actualidad. Y si esta es la última (señalando gráfico de Evolucionismo) o por lo menos una de las últimas explicaciones que ha tenido evidencias más contemporáneas, hay personas, muchas, que no adhieren a la idea de la evolución biológica, ya, entonces ustedes tienen la libertad. ¿Cuál es la idea de venir al colegio y estudiar y tener un proceso de formación? Es informarse, adquirir conocimiento y en base al conocimiento tu tomas tus propias decisiones, ya. Entonces ¿Es compatible creer en Dios con entender la Teoría de la evolución? Va a depender de ustedes cuando terminemos la unidad de evolución, la respuesta. Yo tengo mi opinión, ustedes van a tener la suya.... (transcripción Clase 1, líneas 126-140)

Luego, en la tercera clase ocurre el único momento explícito detectado del elemento de Tentatividad, ya que se habla directamente de una cualidad de la Ciencia y se emplea para mostrar los códigos de que *Hay cosas que a la ciencia le cuesta explicar* y que ante eso se ha recurrido al factor del *Azar como explicación*, lo cual se refleja en el siguiente extracto:

... La sobrevivencia ¿qué ocurre con la sobrevivencia? Son ellos los que quedan, por lo tanto, son ellos los que se van a reproducir finalmente ya, y de los pocos que quedan quizás algunos van a tener más suerte; el famoso éxito reproductivo, y otros no tanto, por lo tanto, también hay un componente quizás no tan potente pero sí existe, que es el azar ya, tampoco hay que ser como, ponerle tanta intención al tema de la evolución; que el que sobrevive después todos van a ser como él, no, la ciencia no es tan cuadrada, tan perfecta y hay muchas cosas que cuesta mucho explicarlas ya, entonces cuando cuesta tanto buscarle la lógica y la causa, se adjudica al azar ya ... (transcripción Clase 3, líneas 277-284)

El elemento de Subjetividad se compone de siete momentos presentados en seis códigos en la primera y tercera clase. Una situación que contiene el código de que el *Conocimiento científico es distinto de creencias y sentimientos* se expuso a partir del extracto previamente citado que exhibe la idea de que las teorías tienen premisas, pero hay otro momento de esa idea que ocurre en la primera clase, cuando una estudiante le pregunta a la Profesora Bárbara que, si para creer en la evolución es necesario o no creer en Dios, a lo que le responde:

... Sí es compatible. Creer en Dios no implica adherir a una iglesia... dentro de los derechos humanos, como respuesta así bien rápida, dentro de los derechos humanos está el libre albedrío, que es como la libertad de pensamiento y de decisión ya, hay muchas leyes que tratan de velar por el respeto a esos derechos en todo tipo de persona; personas con discapacidad, personas sin discapacidad, entonces ustedes tienen la libertad de pensar lo que quieran, pero esto es evidencia, yo les muestro información y evidencia de distinta índole ... (transcripción Clase 1, líneas 114-124)

De modo que la Profesora establece que lo que presenta la ciencia no es lo mismo que las creencias que se puedan tener. Luego en la tercera clase, se presenta la vida y obra del científico Charles Darwin, mediante el siguiente relato:

... Por ejemplo la Tierra está siempre cambiando de forma natural, uno de esos cambios que observó él (Darwin) en terreno fue uno de los más grandes sismos, terremotos que han ocurrido en Chile ya, Terremoto de Concepción y posterior a ese terremoto un Tsunami, por lo tanto de esas observaciones, y le tocó coincidentemente vivirlo, surgen también explicaciones a muchas cosas que él sabía, conocía pero no sabía por qué, no tenía el por qué muy claro ya, pero dense cuenta ... Leía mucho ya, él leía mucho y tenía mucho conocimiento, sabía ya antes de comenzar el viaje qué cosas y qué lugares quería recorrer ya, le explica a su ayudante de las tortugas Galápagos por qué se llamaban así y las características de las islas, lo sabía ya, no es una persona que ande descubriendo cosas por la vida por casualidad, tenía una idea clara, tenía un objetivo definido y simplemente lo concretó y a partir de lo que concretó fue obviamente construyendo nuevas ideas, generando nuevos pensamientos y surge esta Teoría de la evolución; logró ver en terreno lo que le había pensado, lo que se imaginaba en base a lo que había leído ... (transcripción Clase 3, líneas 237-257)

Con lo cual se respalda el código de que *A la base de un descubrimiento hay conocimientos previos*, lo cual se considera un momento explícito del elemento de Subjetividad. Luego, un estudiante pregunta si Darwin fue afortunado de haberse encontrado un terremoto y un tsunami en su viaje, a lo que la profesora da a entender que no fue fortuna, sino que preparación porque Darwin ya sabía cosas, ya venía pensando cosas y finaliza con:

... de esa forma funciona el conocimiento, ustedes tienen una cantidad de cosas que saben, que conocen, que han vivido y en la medida que se van encontrando con otras nuevas, se les va iluminando la ampollita, se les van ocurriendo otras cosas ya, van conectando el conocimiento que tenían con lo nuevo que van adquiriendo ... (transcripción Clase 3, líneas 312-316)

De lo cual se extrae también el código de que el *Conocimiento científico permite superar ideas previas*.

El elemento de Base empírica se manifiesta a través de 14 momentos, distribuidos en nueve ideas, dos de las cuales son mixtas y ya fueron descritas. La profesora Bárbara recurrentemente emplea el recurso del fósil como pieza clave para pasar de una explicación a otra. En la primera clase el relato se despliega de la siguiente manera:

... entonces aparece un concepto que son los restos fósiles... Entonces empieza a hacer ruido un argumento que son los fósiles. Los fósiles es materia, es algo concreto, no es un pensamiento ... La misma especie se modificó en sus características, entonces si esto surge con la idea de los fósiles, ¿Qué encontraron en los fósiles, que permitió presentar esta idea? ... Se dieron cuenta con el fósil, que fue cambiando en el tiempo. Entonces no lo podían explicar y ¿Qué hicieron? Tomaron el gráfico (señalando gráfico B de Transformismo) y modificaron las características. Mantuvieron la creación, las mismas especies están hasta el día de hoy, pero han sufrido cambios físicos, ¿por qué? Porque los fósiles que encontraron eran distintos, tenían algunas diferencias con las especies que se observaban en la actualidad ... (transcripción Clase 1, líneas 157-162)

En la segunda clase continua:

... ¿Cómo reconocemos o cómo podemos eh evidenciar la extinción? ¿Por qué se habla de extinción? ¿Por qué aparece en el gráfico una línea que llega hasta la mitad si nosotros no estuvimos presentes en ese tiempo? ¿Conocen alguna especie extinta? ... los dinosaurios. Súper típico, ya, como demasiado famoso. Los dinosaurios, y así muchas otras especies, que se siguen extinguiendo actualmente también ¿Cuáles son las evidencias que nos permiten a nosotros hablar de la extinción? ... los fósiles, ya y de los fósiles también hablamos la clase pasada. Fósiles como evidencia, ya, ese es un tipo de evidencia ... (transcripción Clase 2, líneas 100-110)

Finalmente en la tercera clase el tema el tema de los fósiles sigue así:

... ¿Existe la evolución? Según lo que hemos conversado existen los cambios, ya, veamos la evolución como sinónimo de cambio, entonces existen estos cambios, existen especies que surgen, nuevas, existen especies que se extinguen, está el registro fósil como evidencia de eso pero también hay otro tipo de evidencia que no solamente son los fósiles ... lo que a nosotros nos importa para términos de análisis en que estamos, si nosotros tenemos un fósil en nuestras manos estamos observando algo que no tenemos la posibilidad de observar a simple vista en la naturaleza porque ya no está o quizás está a nivel de especie pero con algunos cambios, por lo tanto, permite evidenciar esos cambios. Entonces recordar que puede ser un trozo de algo o puede ser ese algo completo. Yo puedo encontrar un huesito, un ala de un insecto, un insecto completo o puedo encontrar vestigios del esqueleto completo por ejemplo de un dinosaurio ... (transcripción Clase 3, líneas 325-338)

Luego los códigos de *Darwin como naturalista principalmente observa y registra, y Observación como medio de estudio*, se desprenden de la tercera clase del siguiente momento:

... Darwin recolectó muestras de animales y plantas. Salió de Inglaterra y viajó por todo el hemisferio sur, fue a Brasil, Uruguay, Argentina, Chile y Perú donde descubrió nuevas especies, ehm, pero Darwin no solamente recolectaba muestras sino que también hacía observaciones de los seres vivos en otros países ... o sea, los observaba en su propio entorno natural, es como si alguien viniese acá a observarlos a ustedes en su entorno natural para ver como se comportan, qué características tienen, de qué se alimentan, eso hacía, por eso naturalista, porque sus observaciones y todas sus ideas, sus conclusiones, sus teorías, nacen de contextos naturales ya ... (transcripción Clase 3, líneas 175-83)

4.3.2 Profesora Antonia

La profesora Antonia ocupa en siete oportunidades aspectos del elemento de Teoría-Ley, a partir de cinco ideas distribuidos en la segunda, cuarta y sexta clase, siendo uno de ellos mixta con Base empírica. El código de que *Las Teorías son supuestos* se aprecia en tres momentos. La primera vez que alude a este elemento es en la segunda clase en el contexto de la explicación del concepto de Gen como segmento de la hebra de ADN para explicar relaciones filogenéticas y frente a la pregunta de un estudiante *¿Existen varias teorías sobre el ADN?* Ella responde *“más respecto de la forma, hay otras cosas que ya se saben”* (transcripción Clase 2, líneas 626-630), de lo cual se desprende que la profesora Antonia asocia el status de Teoría con algo que aún no se sabe o que aún es incierto. Luego, en la cuarta clase mientras se encuentra explicando el concepto de Catastrofismo se menciona la extinción de dinosaurios debido a la caída de meteoritos y ella afirma:

... entonces lo más probables que fue un meteorito que se fue fragmentando y cayeron en varios lugares, provocaron desastres naturales y por eso finalmente terminan enfermos seguramente los dinosaurios y después se murieron ya, no fue como que impactó y los mató a todos ya, pero también es teoría en realidad... (transcripción Clase 4, líneas 165-169)

Con lo que vuelve a expresar que una Teoría es algo de lo que no se tiene certeza; una suposición. La tercera vez que se exterioriza esta idea, ocurre en la sexta clase mientras presenta la Teoría de la Panspermia como explicación al origen de la vida en la Tierra y al respecto manifiesta:

... Igual hay gente que lo cree ¿y por qué? Porque siguen siendo teorías acuérdense ya, mientras no las podamos probar a ciencia cierta, que va a ser muy difícil, todavía entonces hay gente que las va a creer ... (transcripción Clase 6, líneas 120-122)

Continuando con la noción de que las teorías son supuestos de los que no se conoce su grado de certeza. Estas tres manifestaciones se consideran expresiones implícitas de NOS porque en su uso no se resalta la cualidad de una teoría, sino que se usa secundariamente para explicar otra cosa.

Aparece en la cuarta clase la única manifestación explícita de este elemento de NOS porque se trató abiertamente la distinción entre una teoría y una ley. Se exhibe una visión equivocada de este elemento, como se puede ver en el siguiente diálogo (P representa a la profesora y E representa la intervención de estudiantes):

... P: Ya, la temática para hoy día son Teorías evolutivas ¿sí? ¿Quién sabe lo que es una Teoría? O ¿de qué se trata una teoría?
E: Es algo que se piensa.
P: Ya, tiene un pensamiento detrás de eso cierto ¿qué más?
E: Algo que se cree sobre algo.
P: Empecemos a usar un poquito más de vocabulario ya, una creencia, un pensamiento ¿Qué más? ¿Qué creen?
E: Es como la resolución que se le da algo.
P: Ya, seguimos con el algo.
E: Especie, cosa, objeto.
E: Un pensamiento que postula cómo se creó una cosa.
P: Ya, hay un postulado también, sí. ¿y por qué es una teoría y no es una ley?
E: Porque no se ha comprobado si en realidad es así o no.
P: Exacto ya. Y eh ¿tú crees que se puede comprobar?
E: Sí.
P: Una teoría evolutiva en este caso.
E: Sí.
P: ¿sí? ¿por qué?
E: Porque a medida de como uno progresa con su investigación a lo mejor sí.
P: Quizás en el tiempo, cierto.
E: Claro.
P: Podríamos llegar a probar alguna cosa ya ... (transcripción Clase 4, líneas 1-21)

Del extracto anterior se desprende el código de que *Las Teorías se convierten en Leyes cuando se comprueban*, que es un error bastante común. Por otro lado, específicamente sobre el tema de Evolución la Profesora muestra una contradicción al afirmar que *Sabemos que la Evolución existe*, a la vez que afirma que *Evolución sigue siendo Teoría porque todavía no se puede comprobar*. Ambos códigos se desprenden del siguiente extracto:

... Por mientras todavía sigue como teoría ya (la Evolución), porque se acuerdan que la semana pasada vimos evidencias como la anatomía, como la embriología, entonces esas son ciencias que ayudan a entender qué es un proceso evolutivo, pero ¿lo podemos comprobar? Todavía no cierto, sabemos que existe la evolución pero las teorías todavía no están cien por ciento comprobadas ninguna de ellas ya... (transcripción Clase 4, líneas 32-36)

A partir del segmento anterior, también se desprende el código mixto entre el elemento de Distinción Teoría-Ley y Base empírica que es *Evidencias ayudan a entender qué es un proceso evolutivo, aunque aun no se compruebe*, ya que indica la relación que

establece la Profesora Antonia entre el rol de las evidencias y el planteamiento de teorías. Esto resulta problemático porque se afirma que existen evidencias de la evolución, solo que éstas sirven para su comprensión y no para su comprobación. Esta idea se considera implícita porque es muy específica y aplicada al contenido, y no hace énfasis en las características de estos elementos de NOS.

El elemento de Integración Socio-Cultural se presenta con el código de *Raza es un término más social que biológico y se ha limitado su uso por efecto del racismo*, en la primera clase de la Profesora Antonia ante la pregunta de un estudiante sobre si existen las razas, como se muestra a continuación:

... No sé si la palabra es biológicamente que no haya razas; producto del racismo ¿sí? se ha eliminado o se ha limitado el hablar de razas porque nosotros somos como todos de la misma especie, solamente que tenemos algunas diferencias, entonces quizás es más social que biológico ya. Creo que si mal no recuerdo, pregúntale al Profe de historia, se habla de etnias, ya, eso es lo correcto ahora ... es que por eso te digo; se evita hablar de razas, ya hace tiempo que la idea es no hablar de razas. Uno lo sigue utilizando porque es más fácil, uno está acostumbrado ... (transcripción Clase 1, líneas 1090-1101)

Con este extracto se puede ver que la Profesora Antonia entiende que la idea de razas dentro de la especie humana es un concepto problemático en el que confluyen perspectivas sociales y científicas. Si bien esta intervención permite recoger la visión de la profesora sobre este elemento de NOS, se considera una idea implícita porque atiende un tema muy específico que no se emplea para demostrar una característica más amplia del conocimiento científico.

El elemento de Creatividad está presente con el código de *Experimentos fueron sencillos*, que aparece en la cuarta, sexta y séptima clase cada vez que la profesora relata la realización de alguna actividad experimental que sirvió para confirmar o refutar los planteamientos de científicos. Como por ejemplo, que le cortaban la cola a ratones para desvalidar el postulado de caracteres adquiridos de Lamarck, luego con los experimentos de Redi-Spallanzani-Pasteur para refutar Generación espontánea, y finalmente con el experimento de Urey y Miller para respaldar la Teoría quimio-sintética. En todos los casos la profesora emite el comentario “*si se fijan son experimentos simples*” o “*era un buen experimento; sencillo dentro de todo*”, con lo que da a entender que no se necesitaba mucho

para diseñar procedimientos que sirvieran para comprobar teorías y que los científicos tuvieron buenas ideas, como por ejemplo con el comentario:

... entonces el experimento (de Pasteur) era muy simple y a él se le ocurrió más encima, doblar entonces el cuello del matraz. Este matraz que existe hasta el día de hoy se llama matraz cuello de cisne y se le ocurrió a él ... (transcripción Clase 7, líneas 307-309)

El elemento de Tentatividad aparece con el código de *Con el paso del tiempo y el desarrollo de la tecnología la Ciencia avanza*, que expone la noción de que el desarrollo de tecnologías es un aporte al conocimiento científico y lo hace avanzar. Esta idea se presenta en tres oportunidades en la primera, cuarta y quinta clase, y en todas de manera implícita porque se utiliza para contextualizar el contenido sin que se ponga el foco en la noción de que el conocimiento está sujeto a cambios. En la primera clase la Profesora está hablando de las categorías taxonómicas y comenta:

... Él (Linneo), con la tecnología de la época que era mucho menos de la que tenemos ahora, el trataba, lo que alcanzaba a observar, trataba de buscarle una categoría ya ... entonces, este caballero propuso la Taxonomía, pero obviamente esta ciencia ha ido avanzando, ahora ya hay muchos microscopios, con mejor tecnología, eh cada vez se descubren más especies ya, por lo tanto, la taxonomía ha ido variando y ha ido mejorando ... (transcripción Clase 1, líneas 1033-1039)

Luego en la cuarta clase, la Profesora se encuentra dando antecedentes del trabajo de Darwin para presentar los postulados de la Teoría evolutiva indicando:

... Él (Darwin) lo que hizo fue que en su viaje, él se llevó especies, dibujaba las especies, las analizaba y donde podía se las llevaba ¿sí? No sé; una lagartija; un pajarito, los tomaba y se los llevó entonces para seguir estudiándolos y analizándolos en su laboratorio o en el lugar donde el estuviera. Y en base a eso, más todo lo que ya se sabía de Lamarck - porque a él le enseñó su abuelo la Teoría de Lamarck –y entonces él elaboró una teoría ya, que obviamente si han pasado cien años desde Lamarck, era un poquito mejor ¿cierto? Ya se sabían más cosas, ya habían más ideas ... (transcripción Clase 4, líneas 597-602)

Con este extracto también se aprecia la noción de que la ciencia inevitablemente con el paso del tiempo va a cambiar. La última manifestación de esta idea ocurre en la quinta clase, cuando la Profesora está terminando de exponer la Teoría evolutiva de Darwin y empezando con la Teoría sintética de la Evolución y plantea:

... Y ahí teníamos entonces el concepto de selección natural que habíamos revisado también, que decía que el ambiente seleccionaba a los ventajosos. Ventajoso para ese ambiente en ese minuto cierto. Podría ser que yo tenga la ventaja bajo estas condiciones climáticas, pero si me ponían en otras condiciones climáticas me podía morir cierto, como especie ya. ¿se entienden las ideas de las grandes diferencias? Bien. Entonces, luego estábamos hablando de nuevo del mil ochocientos acá ¿sí? Cercano al mil novecientos; mil ocho ochenta y algo ya, entonces, después con el desarrollo de la tecnología, con más descubrimientos, más cultura, aparece una tercera Teoría que se llama Teoría sintética de la Evolución ... (transcripción Clase 5, líneas 97-105)

El elemento de Distinción Observación-Inferencia se detecta con dos códigos que son *Observación es algo evidente y Conclusión (inferencia) es distinto de observación*, que se utilizan en la tercera clase en el contexto de revisión de una pregunta de prueba que requería sacar conclusiones de una tabla de clasificación taxonómica de organismos. Estas ideas se consideran enunciadas explícitamente ya que se refieren a la definición de este elemento, sin embargo, es de forma débil porque se hace mediante ejemplos y en una situación muy particular de evaluación que no se vuelve a trabajar con los estudiantes.

... Acá en la conclusión chiquillos eh también, estoy demasiado generosa yo, porque en realidad, por ser la primera prueba y como no hemos trabajado tanto el tema de hacer conclusiones ¿sí? si usted colocó alguna observación yo igual se lo consideré bueno ¿Qué sería una observación? "Los dos son Eukarya" porque eso me lo dice la tabla cierto, yo lo veo que lo dice ¿Qué sería una observación? "se parecen en todo, eh solamente en Eukarya y de lo demás se diferencian" o "se diferencian en todo desde el Reino para abajo", ese tipo de cosas ya ... ¿Qué sería una buena conclusión? "como pertenecen", creo que alguien lo colocó por acá, "como ambos pertenecen al Dominio de Eukarya, entonces sus células contienen núcleo, por ejemplo ¿sí? ... en otro contexto creo que alguien había colocado "dado que se alejan en su taxonomía, se alejan en el árbol filogenético" miren que bonita esa conclusión ... (transcripción Clase 3, líneas 142-156)

El elemento de Subjetividad se presenta a través del código *Darwin no sabía de ADN entonces no pudo explicar variaciones*, en dos oportunidades durante la cuarta y quinta clase, que se consideran implícitas porque si bien se aborda el papel que juegan los conocimientos previos y las observaciones de los científicos, la idea se emite mediante la explicación de un contenido, como se puede ver a continuación:

... P: entonces hay variaciones dentro de los individuos ya. La diferencia, que lo vamos a ver la próxima semana, es cómo lo explicó el neodarwinismo porque ¿Darwin sabía explicar las variaciones?

E: No.

P: No, él sabía y observaba que había variaciones ya. Ustedes que saben un poquito más que Darwin ¿Cómo explicarían las variaciones? ¿se les ocurre?

E: La genética.

P: Por la genética cierto, entonces nosotros ya sabemos de genes. Darwin no tenía idea de gen, no existía la genética en el tiempo de Darwin, recién se estaba empezando a desarrollar ya, entonces la persona que estaba haciendo genética nunca se pudo comunicar con Darwin, no había WhatsApp, no había Facebook, no había ni una cosa ya, entonces no se conocieron sus trabajos, no pudieron hacer este cruce de información y por ende entonces, Darwin nunca tuvo idea de genética y hubiera sido una genética muy simple todavía, probablemente ... (transcripción Clase 4, líneas 1003-1015)

Por otro lado, el elemento de Subjetividad se presenta combinado con el elemento de Base empírica mediante dos códigos que son *Nueva evidencia genera dudas y cambio de creencias* y *Teoría Quimiosintética es más creíble porque tiene más evidencia*, que ocurren en la cuarta y sexta clase respectivamente.

En la cuarta clase la profesora hace un recorrido de las proposiciones de Linneo y Cuvier para llegar al Transformismo de Lamarck, y en esa circunstancia plantea:

... Entonces, este es el punto de partida porque después como bien decían ustedes, a través del desarrollo de la ciencia, las ideas que fueron cambiando, los pensamientos, los postulados que ustedes también me dijeron, resulta que hubo gente que empezó a dudar si esto (Catastrofismo) sería verdad ya, empezaron a aparecer evidencias y la gente entonces, mucha, empezó a creer que sí seguramente existía la evolución. Entonces ahora vamos a ver a un caballero bien importante que se llamaba Lamarck y es uno de los primeros que propone teorías evolutivas ¿ya?... (transcripción Clase 4, líneas 189-194)

En esta situación la Profesora expresa que con la incorporación de nuevas evidencias se pone en duda el conocimiento vigente y eso daría espacio a la modificación de creencias de investigadores”. En la sexta clase la profesora presenta el Creacionismo, Panspermia y Teoría quimio-sintética, como teorías que explican el origen de la vida, a lo que un estudiante pregunta *¿Cuál es más creíble?* Y la Profesora responde *“La última (Teoría quimiosintética). Ahora, uno puede creer lo que uno quiera digamos cierto, pero en términos de evidencias hay más evidencias que apoyan la quimio-sintética ¿si?”* (transcripción Clase 4, líneas 248-

250) por lo tanto, da a entender que hay una relación entre la cantidad de evidencia de un planteamiento y su credibilidad.

El elemento de Base empírica presenta el código *Las ciencias dan cuenta de la evolución a través de evidencias* emitida en la tercera clase, en que la Profesora expone las evidencias anatómicas y embriológicas de la evolución, cuyas alusiones no se consideran por sí solas como aspectos de este elemento porque conforman un objetivo curricular y por lo tanto, son un contenido que debe manejar y enseñar la profesora sin que eso signifique que maneja aspectos del elemento de Base empírica. De manera que sólo cuando la profesora enuncia en un contexto más generalizado el rol de la evidencia en relación al contenido de evolución, se considera como una idea perteneciente a este elemento. Hacia el final de la clase la Profesora comenta:

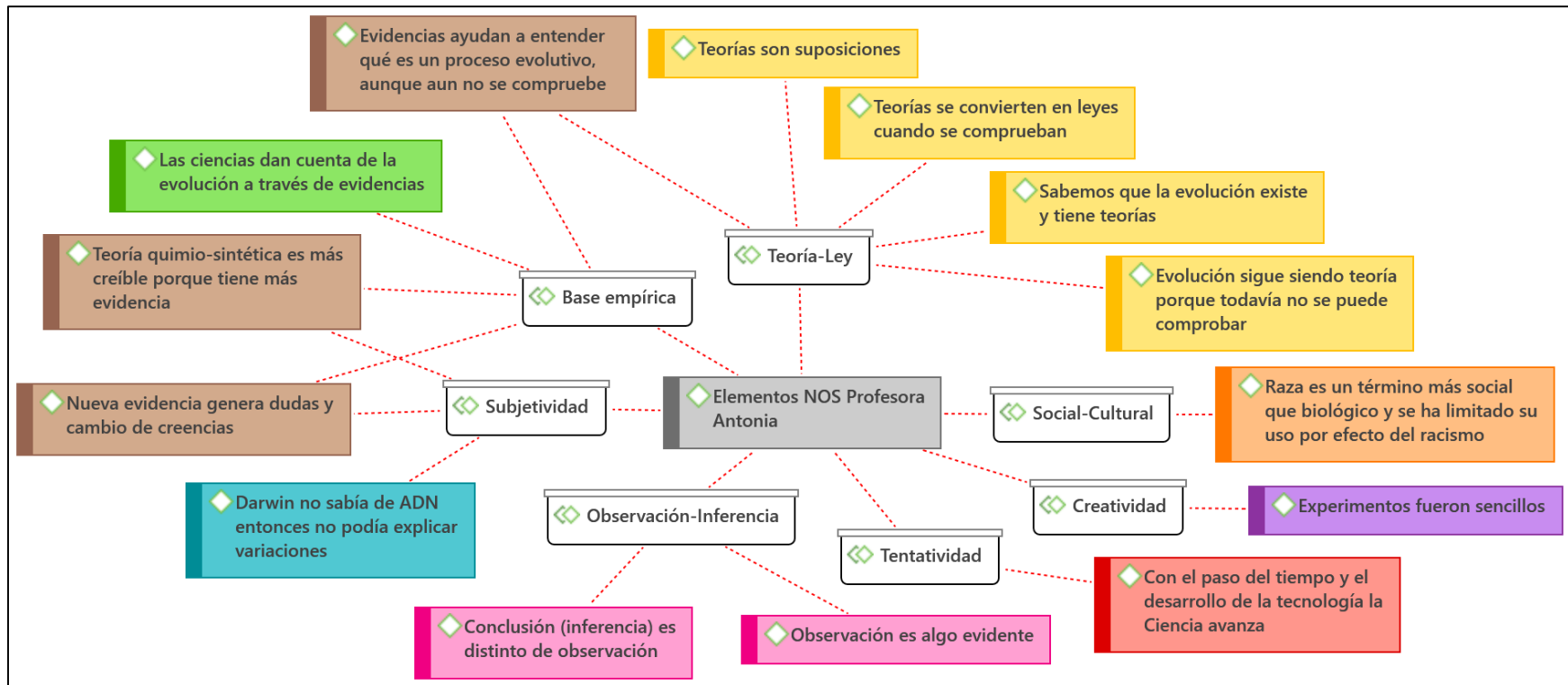
... P: En cualquiera de los casos (divergencia y convergencia), como no podemos ver la evolución porque se demora tanto, ustedes me dijeron cientos de años, miles de años, entonces ¿cómo puedo saber yo que la evolución es verdad?

E: Hay que comparar.

P: Si no la veo ... Hay que contrastarla cierto ¿con qué? Con los antepasados ¿Quién hacía eso? Por ejemplo, la embriología, por ejemplo, la anatomía ya, que son ciencias entonces que toman a los distintos organismos y los van entonces moldeando ... para eso entonces tenemos las ciencias que nos dan cuenta de la evolución a través de evidencias ... (transcripción Clase 3, líneas 1182-1203)

Figura 6

Organización de las ideas de evolución categorizadas según los elementos de NOS (Lederman, 2007) mencionados por la Profesora Antonia.



Nota: De color rojo se ha representado la idea del elemento Tentatividad. De color anaranjado se ha representado la idea del elemento Socio-cultural. De color amarillo se han representado las ideas del elemento Teoría –Ley. De color morado se ha representado la idea del elemento Creatividad. De color rosado se han representado las ideas del elemento Observación-Inferencia. De color verde se ha representado la idea del elemento Base empírica. De color celeste se ha representado la idea del elemento Subjetividad. Y, de color marrón se han representado las ideas mixtas de dos elementos de NOS.

4.4 Determinación del nivel de CPC procedimental de las profesoras.

4.4.1 Puntajes Rúbrica CPC procedimental de Profesora Bárbara

La secuencia de la Profesora Bárbara consta de 5 clases, para cada una de las cuales su puntaje total de CPC procedimental fue el siguiente: Clase 1 (10 puntos - nivel medio), clase 2 (9 puntos - nivel medio), clase 3 (9 puntos - nivel medio), clase 4 (10 puntos - nivel medio), clase 5 (11 puntos - nivel alto). El promedio del CPC procedimental de la profesora Bárbara obtenido en las 5 clases es de 9,8 puntos (DS = 0,748), correspondiente a una clasificación de nivel medio de CPC procedimental para el tópico de evolución.

Tabla 5

Resumen de puntajes de CPC procedimental obtenidos por la Profesora Bárbara en cada clase según los componentes de CPC Magnusson (1999).

Elemento por componente de CPC	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
Conocimiento del Currículum CU3	3	2	3	2	2
Conocimiento del Currículum CU4	2	0	1	1	0
Conocimiento de los Estudiantes ES4	2	3	2	2	3
Conocimiento de la Evaluación EV3	1	2	2	3	3
Conocimiento de las Estrategias EN2	2	2	1	2	3

El promedio obtenido por la profesora por componente de CPC procedimental para la secuencia completa de clases es: Conocimiento del Currículum CU3 = 2,4 (hábil-avanzado), Conocimiento del Currículum CU4 = 0,8 (limitado-básico), Conocimiento del Currículum (promedio CU3, CU4) = 1,6 (básico-hábil), Conocimiento de los Estudiantes ES4 = 2,4 (hábil-avanzado), Conocimiento de la Evaluación EV3 = 2,2 (hábil-avanzado) y Conocimiento de las Estrategias EN2 = 2 (hábil).

4.4.2 Puntajes Rúbrica CPC procedimental de Profesora Antonia

La secuencia de la Profesora Antonia consta de 7 clases, para cada una de las cuales su puntaje total de CPC fue el siguiente: Clase 1 (4 puntos - nivel bajo), clase 2 (3 puntos - nivel bajo), clase 3 (3 puntos - nivel bajo), clase 4 (5 puntos - nivel bajo), clase 5 (7 puntos - nivel medio), clase 6 (5 puntos - nivel bajo) y clase 7 (6 puntos - nivel medio). El promedio del CPC

procedimental de la profesora Antonia obtenido en las 7 clases es de 4,7 puntos (DS = 1,385), correspondiente a una clasificación de nivel bajo de CPC procedimental para el tópico de evolución.

Tabla 6

Resumen de puntajes de CPC procedimental obtenidos por la Profesora Antonia en cada clase según los componentes de CPC Magnusson (1999)

Elemento por componente de CPC	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	Clase 6	Clase 7
Conocimiento del Currículum CU3	1	1	1	1	1	1	1
Conocimiento del Currículum CU4	1	0	0	1	1	1	1
Conocimiento de los Estudiantes ES4	1	1	1	1	1	1	1
Conocimiento de la Evaluación EV3	0	0	0	1	2	0	1
Conocimiento de las Estrategias EN2	1	1	1	1	2	2	2

El promedio obtenido por la profesora por componente de CPC procedimental para la secuencia completa de clases es: Conocimiento del Currículum CU3 = 1 (Básico), Conocimiento del Currículum CU4 = 0,714 (limitado-básico), Conocimiento del Currículum (promedio CU3, CU4) = 0,857 (limitado - básico), Conocimiento de los Estudiantes ES4 = 1 (Básico), Conocimiento de la Evaluación EV3 = 0,571 (limitado-básico) y Conocimiento de las Estrategias EN2 = 1,429 (Básico - Hábil).

4.5 Análisis del nivel de CPC procedimental de las profesoras.

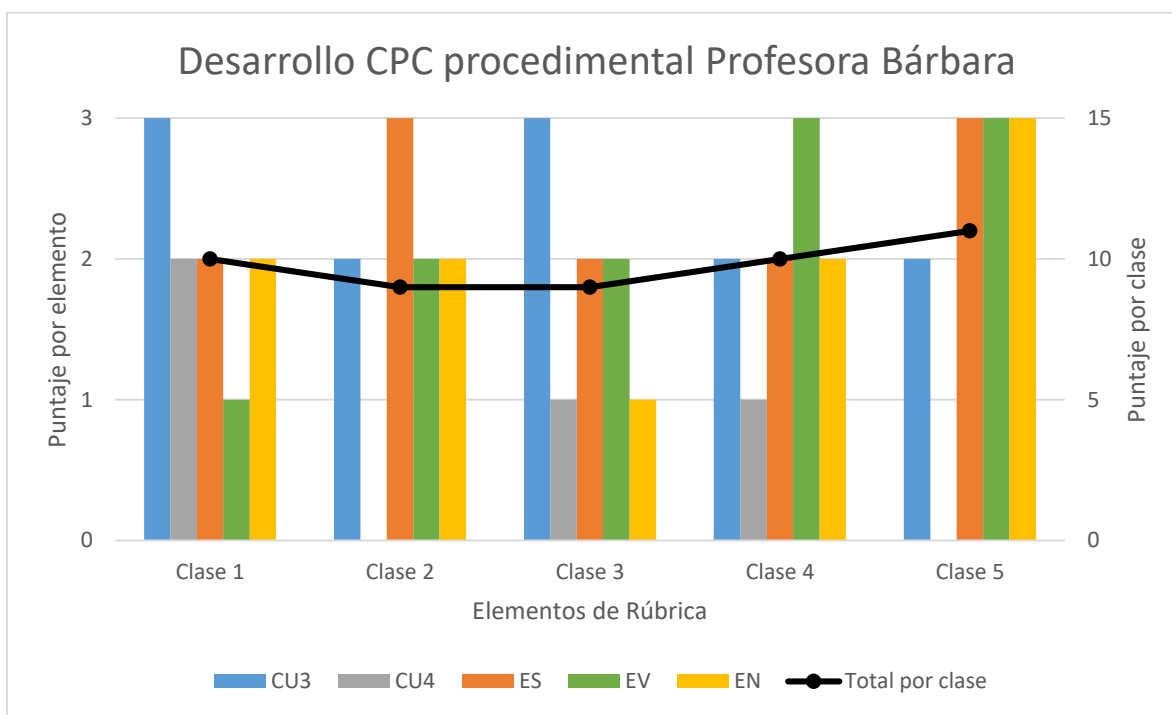
4.5.1 Análisis del nivel de CPC procedimental de Profesora Bárbara

Al observar la Figura 7 se puede señalar que el desempeño global de la Profesora Bárbara queda categorizado como nivel medio de CPC procedimental (en adelante CPCp), ella inicia la secuencia con un nivel medio de CPCp, el cual mantiene a lo largo de la secuencia, aumentándolo a nivel alto en la última clase. En dicha clase obtiene la mayor puntuación total debido a que alcanza el máximo puntaje en los componentes de Conocimiento de los

Estudiantes, Conocimiento de la Evaluación y Conocimiento de las Estrategias. Al observar el componente de Conocimiento de las Estrategias se aprecia que este fluctúa entre los niveles básico, hábil y avanzado, en cambio el componente de Conocimiento de la Evaluación progresa desde el nivel básico hacia el nivel avanzado a medida que transcurre la secuencia. Por su parte, el componente de Conocimiento de los Estudiantes oscila entre los niveles hábil y avanzado, al igual que el componente de Conocimiento del Currículo; en el ámbito del contenido de evolución. Sin embargo, en el ámbito de NOS se determinó tras el proceso de consenso metodológico, que en las clases 2 y 5 la profesora no incorpora aspectos de NOS y que en el resto de las clases este componente varía entre los niveles básico y hábil.

Figura 7:

Gráfico de desarrollo de CPC procedimental de la Profesora Bárbara.



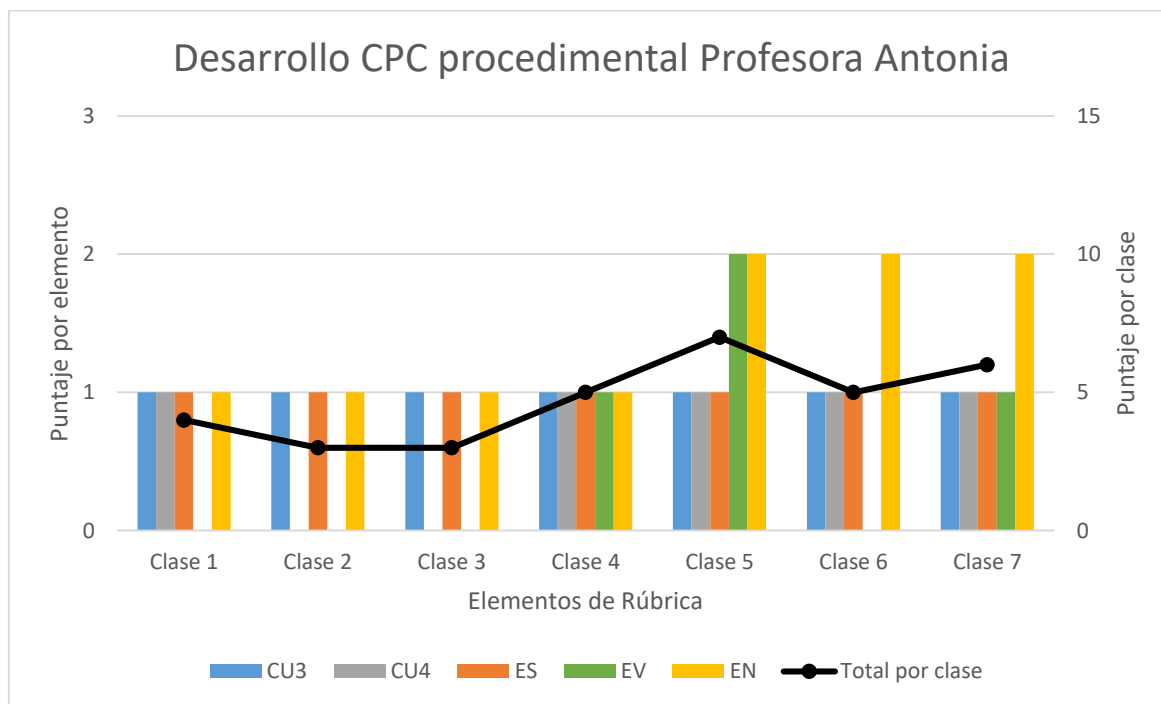
Nota: En el eje vertical izquierdo se muestran los puntajes asignados a cada uno de los componentes evaluados representados con barras de colores. CU4: Componente del Currículo (NOS) en color gris, CU3: Componente del Currículo en celeste, ES: Componente de los Estudiantes en color anaranjado, EV: Componente de la Evaluación en color verde, EN: Componente de las Estrategias en color amarillo. En el eje vertical derecho se muestran los puntajes totales de cada clase representados por puntos negros y unidos en una línea continua de color negro. La rúbrica tiene un máximo de 15 puntos, considerado como CPC procedimental alto en un rango de 11 a 15 puntos, medio entre 6 y 10 puntos y bajo entre 0 y 5 puntos. A su vez, al analizar cada clase se otorga un puntaje por componente, siendo 0 = limitado, 1 = básico, 2 = hábil y 3 = avanzado.

4.5.2 Análisis del nivel de CPC procedimental de Profesora Antonia

Al observar la figura 8 se puede apreciar el desempeño global de la Profesora Antonia, la cual se sitúa en la categoría de CPCp bajo, con un leve aumento de puntajes en la quinta y séptima clase donde logra alcanzar el nivel medio de CPCp. El componente que contribuye a esta alza es principalmente el de Conocimiento de las Estrategias, el cual se mantiene en nivel básico durante la primera parte de la secuencia (clases 1 a clase 4) y a partir de la clase 5 sube a nivel hábil, manteniéndose en dicho nivel durante el resto de la secuencia. En relación al componente Conocimiento de la Evaluación, en cuatro de las siete clases está ausente, sin embargo, también se observa una contribución de puntajes hacia la segunda mitad de la secuencia donde alcanza su máximo en la quinta clase. En el componente de Conocimiento de los Estudiantes el puntaje se mantiene invariable en nivel básico de principio a fin de la secuencia. En el componente de Conocimiento del Currículum; en el ámbito del contenido de evolución, la profesora mantiene un nivel básico durante toda la secuencia, pero en el ámbito de NOS cabe señalar que en el consenso metodológico entre las investigadoras se estableció que en la clase 2 y 3 la profesora no incorpora aspectos de NOS. La clase 5 constituye un momento importante en el cual se observa un despegue que le permite cambiar de nivel bajo a medio de CPCp. Aun así, la Profesora Antonia no obtiene nivel avanzado para ningún componente de CPC a lo largo de la secuencia y tampoco alcanza el nivel alto de CPC en ninguna de sus clases.

Figura 8

Gráfico de desarrollo de CPC procedimental de la Profesora Antonia.



Nota: En el eje vertical izquierdo se muestran los puntajes asignados a cada uno de los componentes evaluados representados con barras de colores. CU4: Componente del Currículo (NOS) en color gris, CU3: Componente del Currículo en celeste, ES: Componente de los Estudiantes en color anaranjado, EV: Componente de la Evaluación en color verde, EN: Componente de las Estrategias en color amarillo. En el eje vertical derecho se muestran los puntajes totales de cada clase representados por puntos negros y unidos en una línea continua de color negro. La rúbrica tiene un máximo de 15 puntos, considerado como CPC procedimental alto en un rango de 11 a 15 puntos, medio entre 6 y 10 puntos y bajo entre 0 y 5 puntos. A su vez, al analizar cada clase se otorga un puntaje por componente, siendo 0 = limitado, 1= básico, 2 = hábil y 3 = avanzado.

4.6 Determinación de la relación NOS-CPC procedimental-Enseñanza Evolución

Para determinar si existe o cuál sería la relación entre estos constructos, se han triangulado los resultados de la identificación de elementos de NOS con los resultados de la determinación del nivel de CPC procedimental de las clases de evolución de las profesoras; principalmente contrastando los puntajes del componente CU4 (NOS) de la rúbrica con la cantidad y calidad de los elementos de NOS codificados. Así surgen algunas asociaciones y algunas incongruencias, que serán descritas a continuación.

4.6.1 Relaciones Profesora Bárbara

En el caso de la profesora Bárbara, quien manifestó 32 ideas vinculadas a elementos de NOS a lo largo de su secuencia de cinco clases, y que a la vez obtuvo puntajes medios-altos en la rúbrica de CPC procedimental, se percibe que los momentos en que su enseñanza integró más elementos de NOS estuvieron asociados con instancias de mayor solidez conceptual y de interacciones significativas con el grupo de estudiantes.

Luego, al hacer un análisis más detallado de los resultados, se observa que en la cuarta clase de la secuencia no se detectaron elementos de NOS; pero se le asignó un punto en el componente CU4 (NOS) de la rúbrica. A la vez, la segunda y quinta clase quedaron sin puntaje para el componente CU4 (NOS) de la rúbrica, siendo que sí se identificaron elementos de NOS en dichas clases. Esta discrepancia podría deberse a dos razones. La primera, estaría vinculada al hecho de que la autora de esta tesina quizás estaba más sensibilizada a la detección de elementos de NOS porque previamente había realizado las transcripciones y codificaciones; a diferencia de las otras dos investigadoras que también aplicaron la rúbrica de observación de clases. De esta forma, las ideas de NOS identificadas en la segunda y quinta clase, probablemente fueron consideradas simplemente como parte del contenido por las otras investigadoras al momento de asignar los puntajes en la rúbrica. La segunda razón de esta discrepancia sería que los elementos de NOS se codificaron a partir del discurso de la profesora, por lo tanto, cuando hubo recursos audiovisuales o cuando los estudiantes tuvieron más protagonismo y la clase se puso en función de ellos, fue más difícil identificar directamente las ideas de NOS elaboradas y enunciadas por la profesora (como sucede en la cuarta clase). Aquí, cabe mencionar que el punto que se le asigna a la cuarta clase en el componente CU4 (NOS) se sustenta en el énfasis que le da la profesora a las evidencias de la evolución (Base Empírica) abordadas en un video explicativo y a través de la presentación de la evaluación.

Podría decirse que el dominio y correcto uso que le da a los elementos de NOS en sus clases de evolución es un factor, entre varios, que contribuye a su buen nivel de CPC procedimental, porque implementa una enseñanza más contextualizada y porque articula los aspectos conceptuales y epistemológicos del currículo.

4.6.2 Relaciones Profesora Antonia

En el caso de la profesora Antonia, quien con 14 ideas de NOS manifestadas a lo largo de su secuencia de siete clases, y que a la vez obtuvo puntajes bajos-medios en la rúbrica de CPC procedimental, se percibe que el surgimiento de elementos de NOS está desasociado de variaciones en el desempeño de los componentes de CPC procedimental.

Al contrastar los resultados se detecta que, si bien en todas las clases de esta secuencia se identificó al menos una manifestación de NOS, ocurre que en la asignación de puntajes de la rúbrica de CPC procedimental de la segunda y tercera clase se le otorgó cero puntos al elemento CU4 (NOS). Esta discrepancia podría deberse al carácter mayoritariamente implícito de las intervenciones reconocibles como elementos de NOS, que al momento de aplicar el instrumento se observaron como piezas del contenido por parte de las otras dos investigadoras que aplicaron la rúbrica (al igual que en el caso de la Profesora Bárbara).

De forma global, podría decirse que la manera exigua en que esta profesora incorpora elementos de NOS en sus clases de evolución, se corresponde con el desempeño básico que demuestra de CPC procedimental, porque comete errores conceptuales y epistemológicos y su enseñanza es mínimamente contextualizada a través de episodios de la Historia de la Ciencia.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIÓN

Las conclusiones y discusión del presente estudio se presentarán considerando cada uno de los objetivos específicos, finalizando con el objetivo general, a partir de cada uno de los casos.

5.1 Caso Profesora Bárbara

La Profesora Bárbara realiza una secuencia de cinco clases en la que hace una cobertura acotada, focalizada y directa sobre las teorías y evidencias de la evolución. Su principal recurso de enseñanza es la pizarra, donde anota las ideas de los estudiantes y las ideas claves del contenido, las cuales utiliza para poner a prueba la lógica de los planteamientos que van aportando los estudiantes a medida que ella los va cuestionando e interpellando. Su clase tiene un estilo dialogante y desafiante, estructurada en torno a una dinámica de preguntas y respuestas desde donde van surgiendo las explicaciones a partir de la participación de los estudiantes.

Respecto del objetivo específico 1, Identificar elementos de NOS utilizados por dos profesoras en clases de evolución en Primero medio, en el caso de la profesora Bárbara fue posible identificar abundantes y variadas ideas de NOS provenientes de todos los elementos delimitados en la propuesta de Lederman (2007), incluidos frecuentemente en su discurso de forma más bien explícita. Esto último, se establece en base a la observación de que ella demuestra la capacidad de contextualizar las ideas de NOS al conectarlas con afirmaciones sobre las características del conocimiento científico; sobre la experiencia de investigadores, sobre el desarrollo de la ciencia y sus modelos. No se debe perder de vista que ninguna de las ideas de NOS enunciadas fue previamente planificada con la intención de enseñar aspectos de NOS a sus estudiantes. Por ello, se destaca el hecho de que no se detectaran errores vinculados a las definiciones de los elementos de NOS, es decir, las ideas emitidas por esta profesora son correctas en el marco delimitado en este estudio. En el caso de la Profesora Bárbara, se observa una relativa fortaleza en el elemento de Base empírica dado que esta profesora le da relevancia a las evidencias que sostienen la Teoría de la Evolución, tanto para construir las explicaciones como para la evaluación. Otra fortaleza relativa de esta profesora queda manifestada en la detección de cinco ideas mixtas surgidas a partir de la combinación de cinco elementos distintos de NOS, lo cual estaría indicando la capacidad de asociar diversas cualidades del conocimiento

científico. De esta manera, se concluye que la Profesora Bárbara posee y transmite visiones apropiadas de NOS a sus estudiantes.

Respecto del objetivo específico 2, Determinar el nivel de CPC procedimental de dos profesoras en la enseñanza de la unidad de evolución en Primero medio, en el caso de la profesora Bárbara se logró establecer que posee un nivel de CPC procedimental medio, que se conforma eminentemente a partir del componente de Conocimiento del Currículo dado el dominio conceptual demostrado del contenido de evolución que implementa, y además, por la fortaleza que demuestra en la interacción con sus estudiantes. Ella promueve la participación y considera el razonamiento detrás de las dudas o planteamientos de los estudiantes para responderles. Se cuenta con el antecedente de que Bárbara fue la profesora de ciencias de este curso desde quinto año básico y además fue profesora jefe de ellos en años anteriores (Bassaber, 2022), por tanto, esto podría haber reforzado su dominio en el componente de Conocimiento de los Estudiantes. El componente de Conocimiento de la Evaluación contribuye en menor medida a su puntaje total, pero se observa un desarrollo progresivo de él, tanto en lo formativo como en lo sumativo, culminando con una actividad en que los estudiantes debían presentar modelos (por equipos) de las distintas evidencias de la evolución, donde al finalizar la profesora les proveía de retroalimentación. El componente de Conocimiento de las Estrategias si bien se muestra fluctuante a lo largo de la secuencia, se categoriza en nivel hábil (en promedio), lo cual se sustenta en el hecho de que la profesora Bárbara genera discusión, promueve la argumentación e implementa una actividad de indagación.

5.2 Caso Profesora Antonia

La Profesora Antonia realiza una secuencia de siete clases en la que hace una cobertura amplia, aunque superficial, de contenidos que van desde la taxonomía y filogenia hasta las teorías sobre el origen de la vida. Su secuencia incluye aspectos macroevolutivos y microevolutivos y presenta bastantes episodios de la historia de la ciencia. Su principal recurso de enseñanza es la presentación de diapositivas con variadas imágenes, con las cuales les va indicando a los estudiantes lo que hay que escribir (u omitir) en el cuaderno, además de irles mencionando lo que va a entrar en las pruebas. Su clase tiene un estilo rápido, expositivo y

retórico, donde las explicaciones vienen preparadas con anterioridad y las oportunidades para hacer preguntas que otorga a sus estudiantes son para resolver dudas muy puntuales del contenido.

Respecto del objetivo específico 1, Identificar elementos de NOS utilizados por dos profesoras en clases de evolución en Primero medio, en la secuencia de clases de la profesora Antonia fue posible identificar al menos una idea por cada elemento de NOS y la mayoría de ellas fue enunciada de forma más bien implícita ya que se reconocen indirectamente a través de opiniones sobre el contenido o en respuestas a dudas de estudiantes, y con un carácter anecdótico en torno a episodios históricos. Se observa una relativa fortaleza en el elemento de Base empírica dado que ella hace alusión al rol de las evidencias en la comprensión o aceptación de la evolución, y porque es el único elemento que se observa en asociación con otros en las ideas mixtas detectadas.

Se destaca que particularmente en el elemento de Distinción Teoría-Ley esta profesora demuestra poseer una visión distorsionada de este aspecto, que al parecer tiene muy arraigada, pues la utiliza en varias áreas del contenido y es de las pocas expresiones explícitas que realiza. Esto se manifiesta en afirmaciones tales como “una teoría es ley cuando se puede comprobar” o “evidencias ayudan a entender qué es un proceso evolutivo aunque aún no se compruebe”, por ejemplo. Sin embargo, se observa una contradicción donde la profesora también afirma que “sabemos que la evolución existe y tiene teorías” o “las ciencias dan cuenta de la evolución a través de evidencias”. Por lo anterior, no queda completamente claro en qué medida la Profesora Antonia considera la evolución como un conocimiento científico válido, pero sí es posible concluir que transmitió un mensaje confuso a sus estudiantes en relación a NOS.

Respecto del objetivo específico 2, Determinar nivel de CPC procedimental de dos profesoras en la enseñanza de la unidad de evolución en Primero medio, se logró determinar que la Profesora Antonia posee un nivel de CPC procedimental bajo conformado por un dominio básico de los componentes de Conocimiento del Currículo, de los Estudiantes y de las Estrategias. Se estimó que la profesora hace una cobertura de variados temas pero se mostró débil en conectarlos de manera efectiva con los principios de la evolución. Por otro lado, cuando

los estudiantes manifestaron dudas, éstas fueron de bajo orden cognitivo y fueron resueltas de manera directa, sin profundizar o cuestionarles de vuelta. Lo anterior está muy relacionado al componente del Conocimiento de la Evaluación, que es donde obtiene el menor puntaje, ubicándose en un nivel entre limitado y básico, con base en el hecho de que, en cuatro de sus siete clases, no se observó ninguna instancia de evaluación formativa y la profesora estaba más bien preocupada de avanzar con el contenido. Cabe mencionar que a diferencia de la Profesora Bárbara, se cuenta con el antecedente de que la profesora Antonia no conocía al grupo de estudiantes de años anteriores (Bassaber, 2022).

El componente de Conocimiento de las Estrategias es el componente con mejor puntaje en la secuencia de la Profesora Antonia, ubicándose en un nivel de dominio entre básico y hábil. Esto se manifiesta a través de la realización de clases frontales y expositivas, donde a partir de la quinta clase, se añade el análisis de casos para que trabajen los estudiantes. Aquí, cabe mencionar que en una bitácora de entrevistas (facilitada por la investigadora colaboradora) quedó registrado que la profesora solicitó apoyo para la realización de la quinta clase, pues manifestó la necesidad de contar con una actividad para que los estudiantes realicen ya que reconoce que sus clases anteriores fueron totalmente expositivas. Esta reacción de la profesora podría demostrar un grado de reflexión acerca de sus prácticas de aula, pues se da cuenta que es momento de generar un cambio, lo cual podría explicar el incremento de puntajes en este componente en las tres últimas clases de la secuencia. Este mismo antecedente podría explicar que en la quinta clase también se eleva su puntaje en el Componente de Evaluación.

En la bitácora de entrevistas de la investigadora colaboradora también se documenta que reiteradamente la profesora busca la aprobación o retroalimentación de la investigadora que hace la grabación, de modo, que se puede afirmar que el CPC de la profesora estuvo altamente influenciado por su rol como sujeto de estudio de la investigación.

5.3 Identificación de elementos de NOS

Se puede decir que sí fue posible identificar elementos de NOS a partir del análisis de contenido del discurso de las profesoras a lo largo de sus secuencias de clases. Dicho esto, se

puede establecer que el contenido de evolución permite incorporar y modelar todos los elementos de NOS a través de su enseñanza, sin embargo, hay algunos elementos que presentan más oportunidades de ser abordados ya que son muy compatibles con la forma en que está planteado el objetivo curricular en el programa de ciencias naturales de primero medio, y porque se observa que surgen naturalmente a partir de la interacción con los estudiantes. Estos elementos son la Tentatividad, la Base empírica y la distinción entre Teoría y Ley.

El elemento de Tentatividad tuvo la oportunidad de trabajarse cuando ambas profesoras hicieron el recorrido a través de las distintas teorías que explican el estado de la biodiversidad; los procesos de extinción y especiación, y las distintas explicaciones que se le ha dado al cambio biológico. Como se pudo ver en la secuencia de la Profesora Alejandra, la narrativa en torno al desarrollo del pensamiento evolutivo es una instancia para ocuparse de la definición de Teoría científica y para establecer la diferencia con lo que se define como Ley científica. Finalmente, el objetivo curricular más focalizado en la evolución (OA 2) pone énfasis en el análisis de las evidencias de la evolución, lo cual se puede aprovechar para desarrollar la noción de que el conocimiento científico tiene una Base empírica.

Se puede decir que el elemento de Subjetividad muestra gran potencial para trabajarse a través de la enseñanza de la evolución dado que ambas profesoras le dan relevancia a los conocimientos previos de Darwin; lo que sabía y lo que no sabía, lo cual podría servir también para incluir el ámbito genético a la comprensión del rol de la variabilidad en la selección natural.

Ambas profesoras hacen intervenciones inesperadas relacionadas al elemento de Integración Socio-Cultural al abordar los conceptos de raza, migración, mestizaje y racismo, lo cual permite visibilizar temas contingentes que también tienen potencial para ser comprendidos desde una perspectiva evolutiva.

Los elementos de NOS con menos apariciones en las clases de evolución que implementaron las profesoras son la Creatividad y la Distinción entre Observación e Inferencia, de lo que se puede inferir que el contenido de evolución quizás no es el más pertinente para trabajar estos aspectos con los estudiantes.

5.4 Determinación del nivel de CPC procedimental

Se puede decir que sí fue posible determinar el nivel de CPC procedimental de las profesoras a partir de una rúbrica de observación de clases de evolución. En ambos casos, se observa una progresión en el nivel de CPCp desde el inicio de la secuencia hacia el final, especialmente en el caso de la Profesora Antonia, quien inicia su secuencia en el nivel básico y la termina en el nivel hábil. En menor medida, esto ocurre también en la secuencia de la Profesora Bárbara, quien inicia la secuencia en el nivel hábil y la termina en el nivel avanzado. A partir de este hallazgo, se podría inferir que mientras más bajo sea el nivel de CPCp inicial existe mayor potencial para desarrollarlo durante la implementación de la enseñanza del contenido. En cambio, cuando el CPCp inicial se encuentra en un nivel alto, su desarrollo sería más complejo.

Considerando las diferencias en el desempeño de las profesoras al enseñar la secuencia de evolución y teniendo en cuenta que las profesoras tienen una trayectoria similar en cuanto a su formación inicial docente y cantidad de años de ejercicio profesional, se concluye que la experiencia por sí sola no es suficiente para lograr altos niveles de CPC procedimental. En base a los antecedentes y resultados de este estudio, se puede decir que la base de conocimientos de cada profesora es distinta, en el sentido de que los distintos componentes de CPC se estructuran e interactúan de formas distintas al momento de enseñar el contenido de evolución.

5.5 Determinación relación NOS - CPCp - Enseñanza Evolución

Finalmente, respecto del objetivo específico 3, Determinar el tipo de relación que existe entre la utilización de elementos de NOS en clases de evolución y el nivel de CPC procedimental de Evolución de dos profesoras de biología, al analizar ambos casos se aprecia que existe una correspondencia entre la incorporación de elementos de NOS a la secuencia de clases y el nivel de CPCp medido, puesto que la profesora Bárbara que incluyó más veces, y más acertadamente, elementos de NOS a sus clases se calificó con mejor nivel de CPCp que la profesora Antonia; que los incluyó menos veces y cometiendo errores. Ahora bien, esto se debe interpretar con cautela puesto que el diseño metodológico de este estudio no permite establecer una correlación

de dependencia o causalidad entre estos constructos. No obstante, lo que podría estar explicando esta asociación, es que NOS forma parte del Conocimiento del Contenido en los distintos modelos de CPC, y como tal, estaría modulando la expresión de sus distintos componentes, influyendo así en la toma de decisiones que realizan las profesoras durante el acto de enseñar el contenido de evolución. Además, en el contexto de este estudio, NOS está presente en los lineamientos de las bases curriculares ministeriales, por lo que también está conformando el componente de Conocimiento del Currículo. De esta manera, se puede concluir que NOS y CPC están conectados por un puente conformado por el Conocimiento del Contenido; en este caso Evolución, y por el componente de Conocimiento del Currículo. Este análisis también permite dar cuenta de la pregunta de investigación.

CAPÍTULO 6: PROYECCIONES Y LIMITACIONES

Dentro de las limitaciones de este estudio está el aspecto metodológico. En primer lugar, hay que decir que el trabajo de codificación durante el análisis de contenido para identificar elementos de NOS fue realizado por una sola investigadora, que además es la misma que realizó las transcripciones, de modo que cabe la posibilidad de que se hallan construido códigos que podrían percibirse “forzados” producto de una sobreexposición al material. Esto pudo causar también una mayor sensibilización a los aspectos de NOS con impacto en la valoración de CPC procedimental de las profesoras durante la revisión de las videograbaciones de las clases al momento de aplicar las rúbricas.

Otra limitación metodológica tiene que ver con el instrumento de rúbrica para evaluar el nivel de CPC procedimental, pues el gradiente de niveles en el criterio CU4 que va desde el nivel limitado al nivel avanzado, está redactado en términos de presencia o ausencia de elementos de NOS, pero omite la posibilidad de que dichos elementos aparezcan con errores, como en el caso de la Profesora Antonia. Por otro lado, de no haberse incorporado este criterio, hubiera sido más difícil relacionar el ámbito de NOS con el ámbito de CPC.

Sobre las proyecciones de este trabajo y tema de estudio, se puede afirmar que sigue existiendo una tensión entre la aceptación de la evolución y la comprensión de la evolución, que se puede visualizar en el mensaje que transmiten las profesoras sobre el rol que tiene la evidencia en la modificación de las creencias. Con declaraciones como “Uno puede creer lo que quiera”, “Nuevas evidencias no necesariamente modifican creencias”, “Conocimiento científico es distinto de creencias y sentimientos”, “Nueva evidencia genera dudas y cambio de creencias”, se puede apreciar que hay espacio para seguir indagando en los fenómenos de aceptación versus fenómenos de comprensión de la evolución en específico, y del conocimiento científico en general.

Por otro lado, sería interesante considerar la creación de materiales curriculares que permitan abordar las ideas de NOS más relacionadas al contenido de evolución y considerar cómo se pueden trabajar los elementos de Creatividad y Observación-Inferencia en la enseñanza del tema de evolución.

REFERENCIAS

- Bassaber, A. (2022). *Desarrollo del Conocimiento Pedagógico del Contenido de evolución en profesores de biología: un estudio de caso en primero medio* [Tesis de Magíster]. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Becerra, B., & Cofré, H. (2021). Evolución en el currículum nacional e internacional. En H. Cofré, C. Vergara, & Á. Spotorno (Eds.), *Enseñar evolución y genética para la alfabetización científica* (pp. 279–292). Ediciones Universitarias de Valparaíso PUCV.
- Bravo, P., & Cofré, H. (2016). Developing biology teachers' pedagogical content knowledge through learning study: the case of teaching human evolution. *International Journal of Science Education*, 38(16), 2500–2527. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1249983>
- Carlson, J., Daehler, K. R., Alonzo, A. C., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A., Carpendale, J., Chan, K. K. H., Cooper, R., Friedrichsen, P., Gess-Newsome, J., Henze-Rietveld, I., Hume, A., Kirschner, S., Liepertz, S., Loughran, J., Mavhunga, E., Neumann, K., Nilsson, P., . . . Wilson, C. D. (2019). The refined consensus model of Pedagogical content knowledge in science education. En *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (pp. 77–94). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_2
- Clement, L., Chauvot, J., Philipp, R., & Ambrose, R. (2003). A method for developing rubrics for research purposes. En N. A. Pateman, B. J. Dougherty, & J. T. Zilliox (Eds.), *Proceedings of the 2003 joint meeting of the PME and PMENA Volume 2*. CRDG, College of Education, University of Hawai'i.
- Clough, M. (2006). Learners' response to the demands of conceptual change: Considerations for effective Nature of Science instruction. *Science & Education*, 15(5), 463–494. <https://doi.org/10.1007/S11191-005-4846-7>
- Cofré, H. L., Vergara, C. A., Santibáñez, D. P., & Jiménez, J. P. (2013). Una primera aproximación a la comprensión que tienen estudiantes universitarios en Chile de la teoría de la evolución. *Estudios Pedagógicos*, 39(2), 67–83.
- Cofré, H., Santibáñez, D., Jiménez, J., & Spotorno, Á. (2014a). Explicar la vida, o por qué todos deberíamos comprender la teoría evolutiva. En M. A. Méndez & J. Navarro B (Eds.), *Introducción a la Biología evolutiva* (pp. 2–17). Sociedad Chilena de Evolución & European Society for Evolutionary Biology.

- Cofré, H., Jiménez, J., Santibáñez, D., & Vergara, C. (2014b). Chilean Pre-service and in-service teachers and undergraduate students' understandings of evolutionary Theory. *Journal of Biological Education*, 50(1), 10–23. <https://doi.org/10.1080/00219266.2014.967278>
- Cofré, H. L., Santibáñez, D. P., Jiménez, J. P., Spotorno, A., Carmona, F., Navarrete, K., & Vergara, C. A. (2017a). The effect of teaching the nature of science on students' acceptance and understanding of evolution: myth or reality? *Journal of Biological Education*, 52(3), 248–261. <https://doi.org/10.1080/00219266.2017.1326968>
- Cofré, H., Cuevas, E., & Becerra, B. (2017b). The relationship between biology teachers' understanding of the nature of science and the understanding and acceptance of the theory of evolution. *International Journal of Science Education*, 39(16), 2243–2260. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1373410>
- Cofré, H., Núñez, P., Santibáñez, D., Pavez, J., & Vergara, C. (2018). Theory, Evidence, and Examples of teaching the nature of science and biology using the History of Science: A Chilean Experience. En *Science: Philosophy, history and education* (pp. 65–84). https://doi.org/10.1007/978-3-319-74036-2_5
- Cofré, H., Núñez, P., Santibáñez, D., Pavez, J., Valencia, M., & Vergara, C. (2019). A critical review of students' and teachers' understanding of Nature of Science. *Science & Education*, 28(3–5), 205–248. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-000-3.51>
- Cofré, H., & Parraguez, C. (2022). Naturaleza de la Ciencia (NOS) en Chile y el mundo: ¿Qué ha pasado en los últimos 10 años?. *Revista De Innovación En Enseñanza De Las Ciencias*, 6(2), 137–170. <https://doi.org/10.5027/reinnec.v6.i2.170>
- Creswell, J. (2013). *Qualitative inquiry and Research design* (3.^a ed.). SAGE Publications.
- Deng, F., Chen, D., Tsai, C., & Chai, C. (2011). Students' views of the nature of science: A critical review of research. *Science Education*, 95(6), 961–999. <https://doi.org/10.1002/sce.20460>
- Deniz, H., & Borgerding, L. A. (2018). Evolutionary theory as a controversial topic in science curriculum around the globe. En H. Deniz & L. Borgerding (Eds.), *Evolution Education Around the Globe* (pp. 3–11). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-90939-4_1
- Dobzhansky, T. (1973). Nothing in Biology Makes Sense except in the Light of Evolution. *The American Biology Teacher*, 35(3), 125–129. <https://doi.org/10.2307/4444260>

- Flick, U. (2007). What is qualitative research? En U. Flick (Ed.), *Designing qualitative research* (pp. 1–15). SAGE Publications.
- Flick, U. (2018a). Triangulation. En N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *The SAGE Handbook of Qualitative Research* (5th ed., pp. 777–804). SAGE.
- Flick, U. (2018b). Triangulation in data collection. En U. Flick (Ed.), *The SAGE Handbook of Qualitative Data Collection* (pp. 527–544). SAGE.
- Friedrichsen, P. J., Linke, N., & Barnett, E. (2016). Biology Teachers’ professional development Needs for Teaching evolution. *Science Educator*, 25(1), 51–61. <http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1110254.pdf>
- German National Academy of Sciences Leopoldina. (2017). Teaching evolutionary biology at schools and universities: Importance and perspectives. En *Nationale Akademie Der Wissenschaften Leopoldina*. Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e.V.
- Goldsmith, T. H. (1989). The evolution of biology and adaptation of the curriculum. En W. G. Rosen (Ed.), *High-School Biology Today and Tomorrow* (pp. 113–116). National Research Council. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK218809/>
- Harms, U., & Reiss, M. J. (2019). The present status of evolution education. En U. Harms & M. J. Reiss (Eds.), *Evolution Education Re-considered* (pp. 1–19). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14698-6_1
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. D. P. (2014). Definiciones de los enfoques cuantitativo y cualitativo, sus similitudes y diferencias. In *Metodología de la investigación* (6th ed., pp. 2–21). Mc Graw Hill Education.
- Hipkins, R., Barker, M., & Bolstad, R. (2005). Teaching the ‘nature of science’: modest adaptations or radical reconceptions? *International Journal of Science Education*, 27(2), 243–254. <https://doi.org/10.1080/0950069042000276758>
- Homburger, S. A., Driets-Esser, D., Malone, M., Pompei, K., Breitenbach, K., Perkins, R. D., Anderson, P. C., Barber, N. C., Hawkins, A. J., Katz, S., Kelly, M., Starr, H., Bass, K. M., Roseman, J. E., Hardcastle, J., DeBoer, G., & Stark, L. A. (2019). Development and pilot testing of a three-dimensional, phenomenon-based unit that integrates evolution and heredity. *Evolution Education and Outreach*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s12052-019-0106-1>

- Jenks, C. (2018). Recording and transcribing social interaction. En U. Flick (Ed.), *The SAGE handbook of qualitative data collection* (pp. 118–130). SAGE Publications.
- Jonsson, A., & Svingby, G. (2007). The use of scoring rubrics: Reliability, validity and educational consequences. *Educational Research Review*, 130–144. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2007.05.002>
- Kampourakis, K. (2016). The “general aspects” conceptualization as a pragmatic and effective means to introducing students to nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(5), 667–682. <https://doi.org/10.1002/tea.21305>
- Kowal, S., & O’Connell, D. (2013). Transcription as a crucial step of data analysis. En U. Flick (Ed.), *The SAGE handbook of qualitative data analysis* (pp. 64–78). SAGE Publications.
- Kracauer, S. (1952). The Challenge of Qualitative Content Analysis. *Public Opinion Quarterly*, 16(4), 631–642. <https://doi.org/10.1086/266427>
- Labov, W. (1983). El estudio del lenguaje en su contexto social. En J. Marinas (Trad.) *Modelos sociolingüísticos* (pp. 235-324). Ediciones Cátedra. (Obra original publicada en 1972)
- Lederman, N. (1992). Students’ and Teachers’ conceptions of the Nature of Science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331–359.
- Lederman, N. (2007). Nature of Science: Past, present and future. En S. Abell & N. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831–880). Routledge.
- Lederman, N., Lederman, J., & Antink, A. (2013). Nature of Science and Scientific Inquiry as contexts for the learning of science and achievement of Scientific Literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1(3), 138–147.
- Lederman, N., & Lederman, J. (2014). Research on teaching and learning of Nature of Science. En N. Lederman & S. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education, Volume II* (pp. 600–620). Routledge.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borke, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. En J. Gess-Newsome & N. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education* (pp. 95–132). Kluwer Academic Publishers.
- Margolis, E., & Zunjarwad, R. (2017). Visual Research. En N. Denzin & Y. Lincoln (Eds.), *The SAGE handbook of qualitative research* (5.^a ed., pp. 1039–1089). SAGE Publications.

- McComas, W., Clough, M., & Almazroa, H. (1998). The role and character of the Nature of Science in science education. En W. McComas (Ed.), *The Nature of Science in science education: Rationales and strategies* (pp. 3–39). Kluwer Academic Publishers.
- Mesci, G. (2020). The influence of PCK-Based NOS teaching on pre-service science teachers' NOS views. *Science & Education*, 29(3), 743–769. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00117-7>
- Ministerio de Educación [MINEDUC]. (2016a). *Bases curriculares 7° básico a 2° medio*.
- Ministerio de Educación [MINEDUC]. (2016b). *Ciencias Naturales Programa de Estudio 1° Medio*.
- Moskal, B. M. (2000). Scoring Rubrics: What, When and How? *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 7(3), 22–29. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED458254.pdf>
- Nehm, R. H., Beggrow, E. P., Opfer, J. E., & Ha, M. (2012). Reasoning about Natural selection: Diagnosing Contextual competency using the ACORNS instrument. *The American Biology Teacher*, 74(2), 92–98. <https://doi.org/10.1525/abt.2012.74.2.6>
- Nehm, R. H. (2018). Evolution. En K. Kampourakis & M. J. Reiss (Eds.), *Teaching biology in schools*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315110158>
- Núñez, P., Pavez, J., Santibañez, D., Becerra, B., & Cofré, H. (2017). La Historia de la Ciencia como elemento catalizador de la enseñanza de la Biología y la Naturaleza de la Ciencia. *Revista De Innovación En Enseñanza De Las Ciencias*, 1(1), 64–78. <https://doi.org/10.5027/reinnec.v1.i1.4>
- Park, S., & Oliver, S. (2008). Revisiting the conceptualization of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38, 261–284.
- Park, S., Jang, J.-Y., Chen, Y.-C., & Jung, J. (2011). Is Pedagogical Content Knowledge (PCK) necessary for reformed science teaching?: Evidence from an empirical study. *Research in Science Education*, 41, 245–260. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9163-8>
- Park, S., & Chen, Y.-C. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 922–941.

- Patton, M. Q. (2014). Designing qualitative studies. En *Qualitative research & evaluation methods* (4th ed., pp. 372–492). SAGE.
- Pavez, J. M., Vergara, C. A., Santibañez, D., & Cofré, H. (2016). Using a professional development program for enhancing Chilean biology teachers' understanding of nature of Science (NOS) and their perceptions about using history of science to teach NOS. *Science & Education*, 25(3–4), 383–405. <https://doi.org/10.1007/s11191-016-9817-7>
- Pessoa, P., Lopes, J. B., De Lima, J., Pinto, A., Jørgensen, P. S., & Sá-Pinto, X. (2024). Evolutionary literacy as a catalyst for sustainable futures: connecting biological evolution education and education for sustainability. *Evolution Education and Outreach*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s12052-024-00213-0>
- Ragin, C. (1992). «Casing» and the process of social inquiry. En C. Ragin & H. Becker (Eds.), *What is a case? Exploring the foundations of social inquiry* (pp. 217–226). Cambridge University Press.
- Scharmann, L. C. (2018). Evolution and nature of science instruction. *Evolution Education and Outreach*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s12052-018-0088-4>
- Schmelzing, S., Van Driel, J. H., Jüttner, M., Brandenbusch, S., Sandmann, A., & Neuhaus, B. J. (2013). Development, evaluation, and validation of a paper-and-pencil test for measuring two components of biology teachers' pedagogical content knowledge concerning the “cardiovascular system.” *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11(6), 1369–1390. <https://doi.org/10.1007/s10763-012-9384-6>
- Schreier, M. (2013). Qualitative Content Analysis. En U. Flick (Ed.), *The SAGE handbook of qualitative data analysis* (pp. 170–183). SAGE Publications.
- Schwandt, T., & Gates, E. (2017). Case Study Methodology. En N. Denzin & Y. Lincoln (Eds.), *The SAGE handbook of qualitative research* (5.^a ed., pp. 600–630). SAGE Publications.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Research*, 15(2), 4–14.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–23.
- Stake, R. (1995). Introduction. En *The art of case study research* (pp. xi-xv). SAGE Publications.

- Valencia, M., Nuñez, P. & Cofré, H. (2022). Understanding of Nature of Science (NOS) in pre-service teachers with different science content knowledge, before and after an intervention. *International Journal of Science Education*, 45(2), 125–143. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2152294>
- Van Driel, J. H., Verloop, N., & De Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673–695. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1098-2736\(199808\)35:6](https://doi.org/10.1002/(sici)1098-2736(199808)35:6)
- Vergara, C., Bassaber, A., Nieto, P. N., Becerra, B., Hurtado, H., Santibáñez, D., & Cofré, H. (2024). A map of collective pedagogical content knowledge as a basis for studying the development of biology teachers' personal PCK of evolution. *International Journal of Science Education*, 1–23. <https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2381841>
- Waugh, C. K., & Gronlund, N. E. (2011). Validity and Reliability. In *Assessment of student achievement* (10th ed., pp. 47–69). Pearson.
- Yin, R. K. (2009). Introduction: How to know whether and when to use case studies as a research method. In *Case Study Research* (4th ed., pp. 3–23). SAGE.