

ARTÍCULOS

## Reflexiones sobre el aprendizaje de las ciencias naturales. Nuevas aproximaciones y desafíos

Reflections on the Teaching-Learning of the Natural Sciences:  
New perspectives and challenges

*Tamara Busquets, Marta Silva, Paulina Larrosa*

Instituto de Ciencias de la Educación  
Facultad de Filosofía y Humanidades  
Universidad Austral de Chile  
tamarabusquets@gmail.com  
marta.silva@uach.cl  
paulina.larrosa.l@gmail.com  
Telf.: (56) 63 221262

### RESUMEN

La enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales, en específico, química, presenta problemas que ya habían sido descritos décadas atrás. Lo principales radicarían, en una enseñanza unidireccional, centrada en el docente, expositiva y memorística. Además, en la falta de motivación y de técnicas de estudio de los estudiantes. Ésto se originaría por la falta de comprensión de cómo se construye el aprendizaje desde la estructura e historicidad de cada individuo, y de la poca capacidad de innovación de los docentes, los que a su vez se ven limitados por factores externos como el currículum o el poco conocimiento de nuevas técnicas. Esta problemática se solucionaría aplicando metodologías exitosas, ampliamente estudiadas, pero emergentes en nuestro país. Dentro de ellas, la de mayor éxito sería el aprendizaje mediante indagación centrada en el desarrollo de habilidades, la comprensión del contenido, la contextualización, la alfabetización científica en el aula y la investigación que realizan científicos profesionales.

*Palabras claves:* conocimiento, contextualización, innovación, indagación

### ABSTRACT

The learning teaching process of the natural sciences, particularly chemistry, still faces issues that have been reported for decades. The principal issues are based on direct teaching and teacher-centered approaches that rely heavily on memorization. In addition, the lack of motivation and learning strategies on the part of the students reflects the issues most frequently reported. All of these factors originate from a lack of understanding of how knowledge is constructed from the structure and historicity of each individual; they also occur due to the lack of innovation from teachers who are in turn limited by external factors such as curriculum or lack of knowledge about new teaching techniques. This problem could be addressed by applying successful teaching methods which have been extensively studied but are still emerging in our country. Among them, the most successful is the learning of science through inquiry, which is focused on development of scientific abilities, understanding of content knowledge, contextualization of knowledge, and scientific literacy in the classroom and in the practice of professional science.

*Key words:* knowledge, contextualization, innovation, inquiry

## 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los primeros artículos publicados por la Revista de Estudios Pedagógicos es el denominado “Algunas consideraciones en torno a la pregunta ¿Por qué nuestros alumnos poseen mala base en química?” (Silva, 1976). El autor plantea la interrogante porque ha evidenciado que los/as docentes universitarios deben emplear mucho tiempo en enseñar contenidos que se supone habrían sido ya adquiridos durante la educación secundaria. El autor además se preguntaba por las razones de la desmotivación para aprender química por parte de estudiantes universitarios.

Su análisis lo llevó a concluir que tal desmotivación provendría desde la enseñanza media, debido al enfoque tradicional de enseñanza de la química, esto es, expositivo, el cual promovería una visión de las ciencias naturales como un conjunto de datos a ser memorizados (Garritz, 2001). El apuntar a una metodología de enseñanza poco atractiva, implica señalar a la formación de profesores inicial y permanente como parte del problema, puesto que ellos serían los que no cambiarían sus formas de enseñar. Así, la formación inicial docente, en el ámbito de las ciencias naturales, implica un proceso fundamental en el desarrollo profesional de futuros profesores y un nodo crítico a estudiar y analizar, por sus alcances e implicancias (Cofré *et al.*, 2010). Esto resulta vital, dado que la educación científica escolar es uno de los pilares fundamentales de formación, ya que promueve competencias relacionadas con el pensamiento crítico, la reflexión, la toma de decisiones, la observación y la comunicación, todas éstas entendidas como habilidades que posibilitan la alfabetización científica (Quintanilla, 2006) y que contemplan aspectos relevantes que permitirían la movilidad social, siendo la educación secundaria clave, tanto para el desarrollo de procesos cognitivos superiores, como para la definición del destino de los individuos, una vez que egresan del sistema escolar.

Dichas inquietudes de Silva (1976) no distan de las que hoy tenemos en relación a la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Al respecto, diversas investigaciones en esta área dan cuenta del poco avance en las dinámicas dadas entre el profesor y el estudiante en el aula debido a que la ciencia aún se enseña de manera unidireccional y expositiva, centrada en el profesor, y minimizando –e incluso ignorando– el conocimiento previo de los estudiantes y su potencial para lograr aprendizajes significativos (Posada, 1999; Alvarado y Flores-Camacho, 2010; Cofré *et al.*, 2010; Costa, 2015). Sumado a una enseñanza centrada en contenidos y/o en el profesor, Silva (1976) alude a una falta de experimentación, tal como muestran estudios de Bullaude, Cordoba, Torres y de Morán (2008), en Argentina, quienes explican que se ha puesto el enfoque de la enseñanza en la teoría más que en la práctica, y dado que, la química es una ciencia que avanza muy rápidamente, aparecen constantemente áreas emergentes en su enseñanza, y los/as estudiantes no alcanzan a asimilar dichos conocimientos (Bullaude *et al.*, 2008; Garritz y Talanquer, 2012). Por ejemplo, varios estudios dan cuenta de cómo a nivel de enseñanza media y superior, los profesores siguen guiándose por el libro de texto, enfocándose en procesos memorísticos, con pocos experimentos que se centran en demostrar unidireccionalmente un principio o concepto científico, y donde el estudiante tiene poco que decir o hacer (Pasmanik y Cerón, 2005; Cofré *et al.*, 2008; Garritz, 2011; Mazzitelli, Guirado y Chacoma, 2011; Guirado, Mazzitelli y Olivera, 2013).

Sin embargo, dicha problemática debe ser posicionada en un escenario actual, que contempla nuevas interrogantes, relevantes y contextuales, que remiten a un

replanteamiento de las principales dificultades de la construcción del conocimiento científico, en específico de la química, y su vinculación con principios fundamentales de la pedagogía y educación. En tal sentido, las principales reflexiones se sustentan en una aproximación a la construcción del conocimiento, como su relación con las formas o patrones que se promueven en los sistemas educativos y su pertinencia (Bateson, 1998), poniendo en tensión aspectos relacionados al aprendizaje de las ciencias y su construcción, a la indagación científica como un enfoque pedagógico efectivo en el desarrollo de estas competencias y la motivación por aprender, como aspecto fundamental de incidencia.

Por lo tanto, el objetivo de este artículo es reflexionar en torno al trabajo de Silva (1976) tomando como punto de partida una aproximación al conocimiento y aprendizaje, planteando las principales dificultades y problemáticas relativas a las ciencias naturales, realizando una síntesis de metodologías innovadoras, discutiendo su pertinencia en el contexto educativo actual.

## 2. APROXIMACIONES A LAS NOCIONES DE CONOCIMIENTO Y APRENDIZAJE.

A partir del posicionamiento epistemológico desde el cual los estudiantes realizan distinciones y construyen su conocimiento, abordamos los elementos considerados como fundamentales en la experiencia del conocimiento, tales como preguntas que están a la base, entre las que Ceberio y Watzlawick, (2006) plantean ciertas interrogantes importantes: ¿Alguna vez nos cuestionamos cómo se llega a conocer eso que llamamos externo a nuestra mirada? ¿En alguna oportunidad nos preguntamos acerca de los procesos que nos llevan a decir que los objetos son, en el sentido literal de la frase, y no tan sólo a discriminar su existencia, sino también a adjetivarlos, clasificarlos, revestirlos de un determinado juicio de valor? ¿Conocemos nuestra forma de conocimiento? ¿Conocemos nuestro conocer? ¿Cuál es nuestra epistemología? (Ceberio y Watzlawick, 2006: 27). Preguntas que subyacen a cuestionamientos de nuestras lógicas de comprensión, de acción de entendimiento y práctica del ejercicio científico, que implica procesos de investigación, reformulación y pertinencia, como nuevas formas de construcción del conocimiento, del aprendizaje, de la concepción de sujeto y su relación.

En concordancia a dichos cuestionamientos, variadas líneas de pensamiento permiten una aproximación a la comprensión del fenómeno del conocimiento y aprendizaje. En tal sentido, aportes desde las ciencias cognitivas (Bateson, 1998), de la psicología (Pozo, 2001; Valsiner, 2003), la neurociencia (Damasio, 2000; Thompson y Varela, 2001; Maturana, 2004), de la filosofía (Morin, 2001; Castoriadis, 2002), nos permiten comprender la construcción del conocimiento desde lógicas situadas, promoviendo un conocimiento encarnado, asociando la acción como instancia fundamental e indisoluble del conocer (Varela, 2000).

Contemporáneamente, los aportes de Maturana y Varela (2003) nos presentan el fenómeno del conocimiento como un fenómeno que trasciende el ámbito científico, recreando la observación de un fenómeno en un sistema de conceptos aceptables para personas que comparten un criterio de validación.

Una explicación siempre es una proposición que reformula o recrea las observaciones de un fenómeno en un sistema de conceptos aceptables para un grupo de personas que comparten un

criterio de validación. La magia por ejemplo, es tan explicativa para los que la aceptan, como la ciencia para los que la aceptan. La diferencia específica entre la explicación mágica y la científica, está en el modo, como se genera un sistema explicativo científico, el cual constituye de hecho un criterio de validación (2003: 14-15)

De acuerdo a estos planteamientos, es necesario fundamentar la construcción del conocimiento científico universitario en condiciones explicativas que favorezcan un aprendizaje situado, basándose en ciertas condiciones que promuevan la descripción de el o los fenómenos a explicar, concibiendo un sistema conceptual capaz de generar el fenómeno de una manera aceptable para la comunidad de observadores.

Es así, como los mismos autores nos abren espacios de entendimiento de la ciencia, su práctica y ejercicio, permitiendo que la reflexión trascienda a la simple explicación, entendiendo de qué manera nuestra experiencia está amarrada a la estructura del ser humano de una forma indisoluble; por tanto, no vemos el “espacio” del mundo, vivimos nuestro campo visual, no vemos los “colores” del mundo, vivimos nuestro espacio cromático, de esta forma no podemos separar nuestra historia de acciones biológicas y sociales de cómo comprendemos el mundo. Los mismos autores plantean que existe una inseparabilidad entre lo que hacemos y nuestra experiencia del mundo:

Este constante darse cuenta de que al fenómeno del conocer no se le puede tomar como si hubiera “hechos” u objetos allá afuera, que uno capta y se los mete en la cabeza. La experiencia de cualquier cosa allá afuera es validada de una manera particular por la estructura humana que hace posible “la cosa” que surge en la descripción” (Maturana y Varela, 2003:13).

Por tanto, todo acto de conocer permite traer un mundo a la mano, donde la circularidad que surge en este encadenamiento entre acción y experiencia produce una inseparabilidad entre ser de una manera en particular y cómo el mundo se nos aparece. Esta relación no se produce sólo en el plano físico, sino que se aplica a todas las dimensiones del vivir.

Según Morin (1994), es necesario enfrentarse a la problemática del conocimiento con una mirada compleja, asumiendo una noción abierta a la diversidad y la multiplicidad, ya que la noción de conocimiento nos parece una y evidente, pero, en el momento en que se la interroga, estalla, se diversifica, se multiplica en nociones innumerables, planteando cada una de ellas una nueva interrogante. De este modo, es el propio conocimiento el que se cuestiona y tensiona, perdiendo su objetividad, abriéndose a un nuevo espacio de entendimiento y relacionalidad.

Así, el conocimiento deja de concebirse como una representación realizada por un sujeto pasivo, como un simple espectador de lo que ocurre a su alrededor. De acuerdo a esto, y según lo planteado por Varela (2000), lo entenderemos como acción efectiva, es decir, como un fenómeno incorporado y activo que involucra tanto al observador como a lo observado. Desde este posicionamiento epistemológico, y tal como lo formulara von Foerster (1994), y Maturana y Varela (2003), la cognición se conforma por una correlación senso-motora que en el ser humano es efectuada por complejas y dinámicas redes interneuronales que acentúan el carácter no lineal del conocimiento que involucran necesariamente la acción del sujeto.

Desde esta perspectiva, es interesante el aporte que proporciona Castoriadis (2002) en relación a la cognición, en dónde sostiene deben considerarse otros elementos

que son decisivos en el proceso, como las representaciones, en tanto creaciones de un mundo imaginario; el componente social, debido a que la percepción involucra esquemas sociales, en donde la implicancia del lenguaje se vuelve fundamental; y, por último, la inscripción corporal o estructural, todas instancias o fenómenos que permiten aproximarse a dicho proceso de construcción. De esta manera, cabe señalar que se dejará de percibir el conocimiento como un proceso con características de orden lineal, en relación a la interpretación de la cognición, para situarlos en una dimensión sistémica, compleja y recursiva. Entonces, la transmisión del conocimiento no es posible, dado que aceptamos la autonomía cognitiva del sujeto y el carácter sistémico de los procesos de conocimiento.

En relación a esto, Morin (1994) propone características básicas a todo sistema de conocimiento. Sus principales premisas en este ámbito radican en que todo conocimiento debería estar distinguido por elementos que en su configuración operan símbolos y signos que se asocian o separan, ya que “conocer es efectuar operaciones cuyo conjunto constituye traducción/construcción/solución” (Morin, 1994: 59). Asimismo, es dialógico, siendo una “asociación compleja (complementaria/concurrente/antagonista) de instancias necesarias para la existencia, el funcionamiento y el desarrollo de un fenómeno organizado” (Morin, 1994: 109), y a su vez “un proceso en que los efectos o productos al mismo tiempo son causantes y productores del proceso mismo, y en que los estados finales son necesarios para la generación de los estados iniciales. (1994: 112), en el “que el todo está en cierto modo incluido en la parte que está incluida en el todo” (1994: 113), y que es uno y a la vez diverso, es decir, no podemos conocer pues más que un mundo fenoménico, situado en el espacio y en el tiempo, que comporta un cocktail de unidad, pluralidad, homeogeneidad, diversidad, invarianza, cambio, constancia, inconstancia (1994: 237), por lo que está en dependencia con su entorno.

En tal sentido, se hace necesario vincular la praxis del conocer con un aprendizaje contextual, situado y pertinente, en una búsqueda constante por hallar las principales tensiones surgidas en el aprendizaje de las ciencias, sin desconocer fenómenos importantes como la participación de un sujeto activo comprometido con su acción.

### 3. CAUSAS DE LA FALTA DE MOTIVACIÓN Y APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE LA QUÍMICA

Luego de habernos aproximado al entendimiento de la configuración del conocimiento, podemos centrarnos en los planteamientos de Silva (1976) sobre las causas de la mala base y poca motivación en la enseñanza-aprendizaje. El autor plantea que pueden ser variadas, pero que las principales serían: 1. la falta de profesores de la especialidad; 2. ausencia de incentivación en los contenidos; y 3. falta de experimentación, es decir, de actividades prácticas de química.

En cuanto al primer punto sobre la falta de docentes especialistas, esto sigue siendo un problema hasta hoy (Claro, en línea; Sánchez *et al.*, en línea), ya que muchos de quienes imparten dicha asignatura en la escuela, no son docentes de la especialidad. Esto puede deberse a que muchos de los licenciados en química, prefieren seguir el área de la investigación y no la docencia. Lo que podría relacionarse con la baja remuneración de los profesores de escuela y el escaso reconocimiento social de la profesión (Medeiros, Gutiérrez, Hochschild y Lira, 2012), o simplemente, con la falta de vocación docente. Es así como algunos de los/as estudiantes que ingresan a carreras pedagógicas, lo hacen como

una forma de trampolín o de aprendizaje extra mientras esperan poder cambiarse a otras carreras, provocando cursos donde se mezclan quienes tienen vocación con aquellos que no, lo que terminaría desilusionando a quienes estaban motivados, dificultando la labor del docente (Silva, 1976).

Esta falta de vocación se remite también a docentes universitarios, los que están obligados a dictar cursos como parte de su carga horaria, pero cuya motivación principal es la investigación. Así, el autor plantea que debería haber un riguroso sistema de selección de ingreso a estas carreras y que en el aula debería recibir “la más completa y cuidadosa atención de cátedra y experimentación” (Silva, 1976: 95).

En relación a la falta de motivación, podría vincularse a la poca contextualización de los temas con la vida cotidiana de los/as alumnos/as, a través de ejemplos o fenómenos cercanos. Esta motivación depende a su vez de la experimentación, ya que esta ciencia es sin duda experimental y la motivación de los/as alumnos/as nace del hacer. Es decir, una clase magistral podría ser la base teórica de un contenido, pero debe verse reforzado con experimentación o actividades lúdicas que le permitan a los estudiantes vivir la experiencia encarnadamente y así lograr aprendizajes significativos (Toro, 2010).

Silva (1976) además agrega un cuarto punto que dice relación con la tendencia de los/as estudiantes de poner el menor esfuerzo posible en el estudio. Sin embargo, esto podría ser consecuencia y no causa de los bajos rendimientos, ya que desde un principio no existe la motivación suficiente hacia la asignatura. Por lo tanto, la responsabilidad inicial recae en el docente de escuela, el que desde la primera clase debe intentar no sólo encantar a la audiencia con la asignatura, sino también crear vínculos afectivos que logren la apertura y buena disposición de los/as estudiantes, y realizar su labor desde la vocación de educador. Ya que como Silva plantea, en cuanto al educador: “su responsabilidad como parte de la empresa educacional, es una responsabilidad espiritual. Ni libros, programas o materiales –que si bien es cierto facilitan tan importante labor– deben constituirse, por sí solos en los fundamental y absolutamente imprescindible” (1976: 90). Recalca este punto agregando que “si falta el espíritu en el educador, no habrá verdadero aprendizaje” (1976: 90), en el sentido de que si no se logra un aprendizaje, no sólo conceptual, sino también formativo, sólo se dispondrá de información verídica, pero dispersa, carente de sentido. Es así como un aprendizaje debe conducir a promover una actitud de comprensión y de razonamiento del mundo basado en el método científico (Silva, 1976). Esta actitud es más importante que una gran infraestructura, ya que se puede enseñar en lugares reducidos, con muchas carencias materiales, pero con utensilios y sustancias simples, fácilmente disponibles y que además no conllevan riesgos, como el trabajar con sustancias e instrumentos peligrosos con un grupo de inquietos y curiosos adolescentes (escolares) y jóvenes (universitarios).

Por otro lado, el vínculo es necesario para conseguir una comunicación real con los educandos, ya que de otro modo dicha actitud, será además de pasividad e indiferencia, que el autor designa como una barrera y que: “El premio por parte de los alumnos al borrar esa barrera, será el orden y la atención que concibe el interés humano” (Silva, 1976: 91).

En resumen, la falta de aprendizajes significativos podrían derivarse de una carencia de calidad humana que se emplaza en planes y programas alejados de la realidad científica, y de una realidad social y natural de la época en la que se desenvuelve y participa (Silva, 1976). Entonces, el problema de los textos de estudio es que no está explícito el contexto-histórico social desde donde se muestran los contenidos y se expresa el pensamiento científico (Garriz y Talanquer, 2012). Hecho no menor si se consideran los enormes

cambios que han sufrido las ciencias naturales a través de su desarrollo. Así, muchas veces son evidentes la falta de explicación de cómo se ha llegado a conocer un aspecto de la naturaleza a través de una búsqueda rigurosa, constante y perseverante por parte de los científicos. Entonces, una enseñanza más adecuada y eficaz se lograría con el aprendizaje experimental basado en la indagación de temas socio-científicos, mediante el diálogo y reconociendo su historicidad (Garritz y Talanquer, 2012).

Otro factor importante que causa la falta de contextualización, y por ende, de aprendizajes significativos, son las brechas generacionales entre jóvenes (educandos) y adultos (educador), sobre todo en cuanto al uso de la tecnología como fuente de información y comunicación, frente a las cuales algunos educadores se van quedando obsoletos. Entonces, en cuanto a la didáctica de la especialidad, tanto en cursos de química universitarios, como en la asignatura escolar, se pueden implementar, además de la experimentación y salidas a terreno, el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación con la que los jóvenes de hoy están íntimamente relacionados (Arancibia, Cárcamo, Contreras, Scheihing y Troncoso, en línea). Entre algunas de las experiencias innovadoras está la de Merino, Pino, Meyer, Garrido y Gallardo (2015) de “realidad aumentada”<sup>1</sup>, diseñada para asignaturas iniciales de la formación universitaria, donde una cámara capta un ambiente real, donde los estudiantes ubican distintos objetos y luego el programa los reúne y transforma en, por ejemplo, una molécula, lo que permite su mejor visualización y sirve además para que el/la profesor/a se base en conocimientos previos de los/as alumnos/as para diseñar actividades que propicien el reflexionar sobre un tema, a la vez que favorece los distintos tipos de aprendizaje gracias a una visualización de conceptos o partículas abstractas o de difícil obtención y manipulación. De esta manera, el aprendizaje reside en el estudiante, quien es un participante activo.

En cuanto a los contenidos de la química como asignatura, Silva (1976) plantea que al ser una ciencia abultada de significados y símbolos, no debe presentarse como algo colosal e inentendible. Por ejemplo, uno de los aspectos más difíciles de comprender resulta la nomenclatura de la química inorgánica y orgánica. Sin embargo, esta última no presentaría tanta dificultad, ya que se basa en reglas claras y sencillas, fácilmente estandarizables. No obstante, la nomenclatura inorgánica deriva de un conocimiento previo de los estados de oxidación-reducción que se debe haber conseguido durante los años de escolarización. Este hecho resulta de gran envergadura para los docentes universitarios, ya que los planes y programas oficiales no consideran el estudio explícito y completo de nomenclatura inorgánica y se deja al criterio del/la profesor/a su enseñanza, la cual se lleva a cabo de manera un tanto casuística y transversal en la asignatura a lo largo de los cuatro años de enseñanza media.

Frente al punto que plantea Silva acerca de la pasividad y falta de esfuerzo del alumnado, el autor afirma que la responsabilidad frente al aprendizaje debe ser compartida entre el/la profesor/a y el/la estudiante, “el primero enseñando bien y el segundo estudiando bien” (1976: 93). Profundizando en esta última afirmación, el estudio de Bullaude *et al.* (2008) da cuenta de que las mayores problemáticas para la obtención de buenos resultados (calificaciones), se centrarían en la falta de estudio y de memorización de los contenidos, más que en la comprensión de los mismos. Sin embargo, la obtención de buenas calificaciones se asocian por parte de los/as estudiantes, según Bullaude *et al.* (2008), a buenas técnicas de estudio, la dedicación, la asistencia a clases y la lectura analítica de las mismas al momento de estudiar. No obstante, aunque los/as estudiantes manifiestan la importancia de “saber

<sup>1</sup> Más información en: <http://www.costadigital.cl/newsite/index.php/investigacion/realidad-aumentada>.

estudiar”, no son conscientes de los procesos que deben seguir para la adquisición del aprendizaje (la construcción del conocimiento referida con anterioridad) y lo asocian a la memorización y no a una aprendizaje significativo, otorgándole además, un rol protagónico y responsable al/la docente.

Según Bullaude *et al.* (2008), un estudio eficaz, conducente a una metacognición, debe constar de etapas que pasan por el almacenamiento, elaboración y recuperación de la información, que implicarían necesariamente aspectos motrices, afectivos y cognitivos conjuntamente que se basen, por sobre todo, en un análisis crítico de sus propias prácticas de aprendizaje para esta asignatura en particular. Sin embargo, esta toma de consciencia de los procesos del aprendizaje dependerían también del tipo de enseñanza recibida por parte del/la docente, ya que éstos no fomentarían la metacognición y la responsabilización del/la alumno/a por sus aprendizajes y de las técnicas que le son necesarias para conseguirlo.

Frente a todo lo dicho, no pueden remitirse las clases, tanto de escuela, como de universidad, a meros relatos informativos, ya que si bien pueden tener utilidad, no son decisivas en el actuar cotidiano, y los aprendizajes se remiten solo a reiteraciones memorísticas de los contenidos (Silva, 1976). Estas clases “tradicionales” debieran transformarse en procesos en los que el educador va tomando la intuición del educando y la va configurando en un aprendizaje formativo del/la alumno/a a través del método científico.

#### 4. DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS NATURALES

En base a lo planteado hasta ahora, podrían usarse distintas metodologías para el aprendizaje-enseñanza de las ciencias naturales. Una de las maneras para lograr una mayor profundización del estudio de estas ciencias podría ser el aprendizaje basado en problemas, tal como plantean Solaz-Portolés, Sanjosé y Gómez, (2011), ya que no se parte de una respuesta pre-otorgada, y son los mismos estudiantes quienes deben indagar y dar respuesta a una pregunta, la que es el punto de partida del descubrimiento y la construcción de cualquier conocimiento nuevo. Sin embargo, esta metodología debe ser introducida en las prácticas de enseñanza habituales de los/as docentes universitarios, y de aquellos profesores en formación, debido a que se continua con una enseñanza tradicional, donde el rol central lo tiene el/la docente y es quien “transfiere” conocimientos a los/as estudiantes, quienes son receptores pasivos, una educación “bancaria” como metaforizaba Freire (2002). En cambio, esta enseñanza basada en problemas, busca el aprendizaje responsable de los/as estudiantes, basado en la cooperación, autonomía y la búsqueda de respuestas a situaciones cotidianas a través del método científico contextualizado. Para lograr esto, Solaz-Portolés *et al.* (2011) y Garritz y Talanquer (2012), plantean la necesidad no solo de tomar experiencias cotidianas, sino también la integración de conocimientos por medio de la interdisciplinariedad, en tanto que la química es una disciplina que puede ser abordada desde la historia, la filosofía, la ética, las matemáticas, la tecnología, la física y la biología, además de montajes y representaciones artísticas de la misma. Además, es necesario un repensar el *currículum* y basarlo en objetivos de aprendizaje cada vez más contextualizados, motivadores y centrados en el/la estudiante, lo que ya se puede observar en los libros de texto entregados por el Ministerio de Educación chileno (MINEDUC). Sin embargo, su real aplicación aún es parcial e incierta, ya que solo en algunos establecimientos escolares existe un acompañamiento del/la docente en aula. Asimismo, la interdisciplinariedad ocurre

solo de manera aislada en ambas instituciones, de manera que muchos de los aprendizajes contruidos y la búsqueda de respuestas a problemas, son solo aplicables a un área específica del conocimiento, atomizando e hiperespecializando cada vez el conocimiento.

Por otro lado, Solaz-Portolés *et al.* (2011) manifiestan la importancia de poner el foco en el proceso (no sólo el resultado) y en las buenas relaciones humanas (Silva, 1976), tanto dentro de grupos de trabajo, como el/la docente, quien debe ser un guía o acompañante de este proceso. Hecho enfatizado en la enseñanza Montessori (1986) y por Freire (2002), donde el/la profesora es un orientador y/o intermediario del aprendizaje. A la vez, el aprendizaje se ve favorecido por la interacción entre pares y con un individuo con mayor conocimiento (el/la profesor/a) en un contexto sociocultural dado, ya que este es un proceso determinado socialmente (Vygotski 1979).

Otra ventaja de este tipo de metodología, es que fomenta el trabajo en grupo y la auto y coevaluación, lo que evita subjetividades de parte del docente que pudiesen ocurrir al momento de evaluar y a su vez, hace más responsables a los/as estudiantes de su desempeño. Conjuntamente, y para darle mayor importancia al proceso, es necesario que la evaluación no sea solo del resultado, sino también del proceso, formativa y sumativa, lo que necesariamente debe partir con una evaluación diagnóstica de parte del/la docente, es decir, desde dónde se construye el conocimiento y cómo este se desarrolla y reformula en cuanto a dificultad y cantidad del mismo (Solaz-Portolés *et al.*, 2011; Garritz y Talanquer, 2012; Talanquer, 2012), es decir, no se debe dejar de lado los conocimientos previos de los/as estudiantes (espontáneos-cotidianos y científicos-académicos), y no deben ser considerados como “tabla rasa”, entes carentes de información, ya que ellos pueden por un lado facilitar la adquisición progresiva de conocimientos, pero también dificultarla por su mismo contexto socio-cultural y por el nivel de sus habilidades del pensamiento (Vygotski, 1979; Garritz y Talanquer, 2012), por ejemplo, la necesaria capacidad de abstracción para comprender el mundo atómico. Además, en algunas ocasiones, el conocimiento previo informal, no se condice con el científico, o formal, y tiende a persistir a pesar de la escolarización, ayudados por las creencias, la cultura y el lenguaje propios (Pasmanik y Cerón, 2005). Al respecto, Garritz y Talanquer (2012) proponen una progresión de aprendizaje, constituida de un curriculum que se sirve de ejemplos y que utiliza secuencias de aprendizaje hasta llegar a un entendimiento más experto. Así, se va avanzando en la complejización del pensamiento, en relación a un tema central, gracias a actividades planificadas (contenidos, orden, objetivos, material, recursos y evaluación) y sistemáticas (Merino *et al.*, 2015); es decir, el por qué, para qué y cómo enseñar ciencias.

Esta metodología de aprendizaje en base a problemas, combinada con estrategias tradicionales, ha obtenido resultados exitosos en diversas universidades de EEUU, Canadá, Europa y Latinoamérica (Solaz-Portolés *et al.*, 2011), sobre todo en el área de las ciencias naturales, y con docentes en formación, ya que ella fomenta, como se dijo con anterioridad, la búsqueda de estrategias (tanto de enseñanza como de aprendizaje), la metacognición, el pensamiento crítico y la aplicabilidad del conocimiento a situaciones cotidianas. Sin embargo, presenta inconvenientes o dificultades al momento de llevarla a cabo, como por ejemplo, la resistencia a la innovación, la gran demanda de tiempo y dedicación, tanto por parte del/la docente como de los/as estudiantes, hasta problemas de espacios y recursos.

No obstante las dificultades, se puede constatar que existe un vasto cuerpo de investigación a nivel mundial, y en emergencia en Sudamérica, sobre la implementación y pertinencia de diversos enfoques y perspectivas para enseñar ciencias, como son: naturaleza

de las ciencias, enseñanza por descubrimiento, alfabetización científica, progresiones de aprendizaje, cambio conceptual, resolución de problemas, las 5 E (Enganchar, Explorar, Explicar, Elaborar y Evaluar) y argumentación científica, entre otros (Bybee *et al.* 2006; Alonzo y Wenk, 2012; McComas, 2014; Gunstone, 2015). La implementación de estos enfoques es compleja, puesto que requiere que las instituciones formadoras de profesores de ciencias y de científicos cambien el paradigma al enseñar, esto es, de pasar de un enfoque instruccional a uno socioconstructivista que permita aprender ciencias de manera guiada, colaborativa, significativa, y situada (Lave y Wenger, 1992). La implementación de estas perspectivas y/o enfoques desde la educación pre básica a la terciaria generaría lo planteado con anterioridad, una mayor motivación a los y las estudiantes a entender la química, para aprenderla con gusto y curiosidad; para formar a ciudadanos que participen activamente en democracia, a futuros científicos, y a profesores de ciencias (Keeves y Darmawan, 2009).

Dentro de los diversos enfoques o estrategias para enseñar y aprender ciencias, esta sección se centrará en la Enseñanza de la Ciencias a Través de la Indagación (ECAI), debido a que, por una parte, actualmente es el más pertinente y efectivo nivel cognitivo y afectivo, puesto que ha superado al enfoque tradicional de la enseñanza. Por otra parte, la indagación conjuga diversas técnicas o aproximaciones nombradas anteriormente. La indagación se conceptualiza como un enfoque o como una estrategia socioconstructivista centrado en lo que puede llegar a hacer el estudiante con la guía de su profesor y/o ayuda de sus compañeros de clases (Wolff-Michael, 1998). Hmelo-Silver y Eberbach (2012) definen el aprendizaje por indagación como una técnica de enseñanza que localiza el aprendizaje en problemas o preguntas significativas, enfocándose en que los estudiantes aprendan el conocimiento disciplinar, el razonamiento y las prácticas epistémicas mientras se ven envueltos en investigaciones colaborativas (2012: 514). Al usar este enfoque, los estudiantes aprenden las habilidades para hacer indagación científica y desarrollar la comprensión sobre la naturaleza de la indagación científica (National Science Education Standards, 1996: 18). Al enseñar ciencias a través de la indagación, es posible que los estudiantes hagan conexiones entre “aprender ciencias, aprender a hacer ciencias, y aprender sobre ciencia” (1996: 25).

Chile ha estado implementando hace varios años este enfoque; primero a partir del Programa ECBI Chile esto es, Enseñanza de las Ciencias Basadas en la Indagación (MINEDUC, en línea), y luego por medio del Programa llamado Indagación Científica para la Educación en Ciencias, ICEC (MINEDUC, en línea). El MINEDUC ha adoptado este enfoque de los principios de enseñanza de las ciencias que recientemente habían guiado los estándares curriculares en Estados Unidos (National Research Council, 1996). Por esta razón, gran parte de la evidencia científica que se presentará acá, alude a investigaciones en países anglosajones, y en menor medida a países sudamericanos, donde existe una emergente tendencia a investigar cómo la aplicación de la indagación científica se despliega en diversos contextos educativos.

## 5. LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA A TRAVÉS DE LA INDAGACIÓN: CINCO ÉNFASIS EN SU CONCEPTUALIZACIÓN Y APLICACIÓN

Para conocer sobre la Enseñanza de la Ciencias a Través de la Indagación (ECAI) se describirán cinco énfasis que el profesor puede dar en su aplicación: ECAI con énfasis en

(1) la habilidad y la comprensión; (2) en la ciencia profesional; (3) los grados de indagación; (4) en el contexto; y (5) el conocimiento del contenido.

#### 5.1. ECAI CON ÉNFASIS EN LA HABILIDAD Y LA COMPRENSIÓN

Enseñar ciencias con este enfoque consiste en aprender “habilidades” para hacer indagación científica, como son la observación, la inferencia y la experimentación, junto a “la comprensión” sobre la indagación científica. A continuación se explicará esta distinción entre “habilidades” y “comprensiones”, de la ECAI.

##### 5.1.1. ECAI centrada en habilidades

Las habilidades descritas por National Research Council, (1996) y por Bybee (2004) son: identificar preguntas que pueden ser respondidas por medio de una investigación científica; diseñar y conducir una investigación científica; usar herramientas y técnicas apropiadas para recoger, analizar e interpretar datos; pensar lógica y críticamente para hacer relaciones entre evidencia y explicación; desarrollar descripciones, explicaciones, predicciones, y modelos usando evidencia para comunicar procedimientos y explicaciones científicas; reconocer y analizar explicaciones y predicciones alternativas, usar las matemáticas en todos los aspectos de la indagación científica (Bybee, 2004: 4).

Algunas investigaciones se han centrado en explorar cómo los profesores y los estudiantes desarrollan estas habilidades para hacer indagación (Hofstein *et al.*, 2005; McNeill & Krajcik, 2008). Por ejemplo Hofstein *et al.* (2005) investigó cómo los estudiantes pueden desarrollar la habilidad para construir más preguntas y de mejor calidad. Los investigadores exploraron cómo estudiantes de primer y segundo año de secundaria, en una clase de química en Israel, desarrollaron preguntas científicas en dos grupos distintos. El grupo experimental había tenido una clase basada en indagación, mientras que el segundo grupo había tenido una clase tradicional con el uso del laboratorio a través del seguimiento de las instrucciones de un manual para aprender a llevar a cabo un experimento. Luego de evaluar la habilidad de hacer preguntas científicas y de contenido, se evidenció que los estudiantes en el grupo experimental mejoraron sus habilidades para hacer preguntas científicas mejores, más relevantes y testeables. El mejoramiento se debió a que estos estudiantes ganaron experiencia al hacer indagación en los experimentos. Así, los estudiantes estuvieron más motivados a formular preguntas porque pudieron desplegar la habilidad para conducir los experimentos, observar y registrar las observaciones, hacer preguntas e hipotetizar, analizar los resultados al hacer más preguntas, y de comunicar sus resultados, tal como lo haría un científico profesional (2005: 794). En otras palabras, los estudiantes fueron capaces de “adueñarse” de sus propios problemas y proyectos de investigación.

##### 5.1.2. ECAI entrada en la comprensión

Tal como el National Research Council (2000) lo indica, al enseñar ciencias naturales por medio de la indagación, es importante que los estudiantes puedan desarrollar el entendimiento de la naturaleza de la indagación científica (2000: 21). Los estudiantes deberían ser capaces de saber, por ejemplo, cómo diferentes tipos de preguntas sugieren diferentes tipos de

investigaciones científicas; cómo diferentes disciplinas científicas usan métodos distintos; cómo la ciencia progresa al ser escéptica, esto es, al hacer preguntas y examinar los estudios de otros científicos para buscar explicaciones alternativas; y cómo la investigación científica puede llevar a explorar nuevas ideas o temas (National Science Education Standards, 1996: 148). Dentro de esta comprensión, es importante añadir el estándar de contenido llamado Historia y Naturaleza de la Ciencia, puesto que, como se afirmó con anterioridad, es crucial conocer cómo la ciencia ha ido cambiando a través de la historia. El National Science Education Standards (1996) señala tres principios fundamentales para adquirir una comprensión de la indagación científica: comprender la ciencia como una empresa humana, la naturaleza de la ciencia, y la historia de la ciencia (1996: 170).

El desarrollo de una comprensión de la indagación científica ha sido explorado en variadas investigaciones que han analizado cómo los profesores y estudiantes pueden trabajar en pos de un mejor entendimiento de la misma (Schwartz, Lederman y Windschitl, 2003; Crawford, 2004; Sandoval y Reiser, 2004). Un ejemplo de cómo la ECAI enfatiza el entendimiento de la indagación científica es la investigación realizada por Sandoval y Morrison (2003). Ellos investigaron los efectos del aprendizaje que se tuvo al usar el enfoque de indagación en las creencias sobre la naturaleza de la ciencia de estudiantes de secundaria. Durante cuatro semanas, estos estudiantes hicieron una investigación para explorar temas relacionados con la selección natural y la evolución. Los estudiantes participaron de una clase sobre la teoría de la evolución de Darwin, y varias actividades de discusión donde debían resolver problemas de indagación dados por el profesor. Los estudiantes fueron entrevistados antes y después de la intervención de cuatro semanas. Los resultados mostraron que la mayoría de los estudiantes no cambiaron varias percepciones erradas que tenían sobre la naturaleza de la ciencia, como: los científicos hacen experimentos para confirmar teorías, las teorías son hipótesis probadas, y la ciencia progresa al obtener respuestas correctas, entre otras; sin embargo, los estudiantes fueron capaces de distinguir entre “ideas” y “experimentos”. Junto a ellos, los estudiantes pudieron comprender que los experimentos son formas para testear ideas. Entonces, la naturaleza del discurso científico que circunda la actividad de indagación del estudiante podría ser más importante que la misma indagación. Por tanto, el profesor debería ser capaz de proveer de discursos epistémicos explícitos para que los estudiantes puedan desarrollar epistemologías científicas más adecuadas y sofisticadas.

## 5.2. ECAI CON ÉNFASIS EN LA CIENCIA PROFESIONAL

Este tipo de ECAI es el que enfatiza las prácticas de los científicos en sus laboratorios. A partir de investigaciones y artículos sobre indagación científica en aula, es posible identificar este énfasis en la forma en que los estudiantes de postgrado en ciencias llevan a cabo cuando trabajan, por ejemplo, en laboratorios con otros científicos. En este contexto, son los trabajos de etnografías en laboratorios y centro científicos, que al ser entendidos como lugares donde los estudiantes de postgrado aprenden y hacen ciencia, los que nos ayudan a pensar en ver a la ciencia como una cultura en la cual niños y jóvenes pueden ser aculturados o socializados.

A partir de estos trabajos etnográficos se pueden identificar cuatro aspectos a considerar cuando se diseñen experiencias de aprendizaje en ciencia en el aula. El primero dice relación con el poder que los artefactos de laboratorio tienen para construir conocimiento científico; esto significa que los estudiantes al diseñar un modelo de explicación científica, por

ejemplo, a través de un software como se sugirió previamente, inevitablemente despliegan una apropiación de la comprensión de variados aspectos del problema en el cual están haciendo indagación; por tanto, ellos adquieren un mejor entendimiento del problema de investigación (Kurtz-Milke, Nersessian y Newstetter, 2004; Nersessian, 2006).

Un segundo aspecto a ser aprendido es el de comunicar los resultados de la investigación y convencer a otros colegas y pares sobre la significancia académica de su trabajo. Al convencer a otros, el científico puede construir mayor fundamento para hacer su proyecto de investigación (Latour y Woolgar, 1986; Traweek, 1988; Mertz y Knorr-Cetina, 1997; Kinsella, 1999; Fisher, 2007). Este aspecto es particularmente importante cuando se quiere lograr una apropiación del proyecto de indagación que un profesor desarrolle en el aula.

Tercero, cuando se hace indagación, los estudiantes de postgrado en, por ejemplo, ciencias de la vida, aprenden una nueva cultura sobre la manipulación y concepción de la vida. Esto significa que ellos pueden aprender a distinguir entre la vida como un objeto y la vida como un fenómeno natural (Lynch, 1988; Cohn, 2004).

Finalmente, un aspecto a considerar son los límites de un laboratorio en cuanto a que pueden ser difusos cuando dos o más equipos de investigación colaboran o cuando hay interacción entre el laboratorio y otros actores e instituciones no científicas (Latour, 1983; Sims, 1999; Fisher, 2007).

Estos cuatro aspectos de la indagación que enfatizan las prácticas de científicos profesionales se desprenden de etnografías, e invitan a los profesores de aula a implementar la indagación para que los estudiantes vivan la ciencia como científicos profesionales.

### 5.3. ECAI CON ÉNFASIS EN LOS GRADOS DE INDAGACIÓN

Una tercera forma de entender la ECAI se produce cuando está centrada en el grado de amplitud deseada al realizar la indagación. La ECAI implica que los profesores pueden diseñar sus clases desde una indagación más cerrada y estructurada, también llamada indagación parcial, a una más abierta y menos estructurada, llamada indagación completa. De acuerdo a las investigaciones sobre este tema, hay una multitud de conceptos dados para referirse a la indagación, incluyendo indagación tradicional, indagación guiada, indagación estructurada, indagación abierta, indagación dirigida, indagación parcial, o indagación completa (Buck, Bretz y Towns, 2008). Pero todas ellas tienen en común el ser estructuradas en diferentes niveles de amplitud, tal como propone Schwab (1962, cit. en Buck, Bretz y Towns, 2008). El nivel 1 es donde los elementos “el problema”, “formas y medios”, y “respuestas” los da el profesor; en el nivel 2, sólo unos pocos elementos son dados; y en el nivel 3 esos elementos no están dados. Esta rúbrica contempla la indagación como un continuo, lo cual hace posible que el profesor pueda regular el nivel de indagación de acuerdo al nivel.

La importancia del nivel de estructuración al hacer indagación científica en la sala de clases, es dado por el trabajo de Fay, Grove, Towns y Bretz (2007). Ellos desarrollaron una rúbrica basada en el trabajo de Schwab (1962) para caracterizar la indagación en libros de textos de clases que proponían experimentos científicos al hacer indagación en química. En la investigación ellos distinguieron entre distintos niveles de indagación dados por esos experimentos. Los investigadores encontraron que la mayoría de los libros de texto sugerían experimentos que no iban más allá del nivel 1 de indagación, donde el problema, el método y las soluciones son dadas a los estudiantes.

Sumado a esto, el estudio realizado por Staer, Goodrum y Hackling (1998) exploró las percepciones y opiniones que profesores de enseñanza secundaria tenían respecto a los desafíos y beneficios de implementar los distintos niveles de indagación cuando trabajan en laboratorios en una escuela en Australia. Los resultados mostraron que los profesores percibían que la indagación científica era desarrollada sólo cuando está totalmente desplegada; por tanto, creían que era difícil implementarla debido a las demandas de equipos, falta de tiempo, y temas relacionados con la seguridad en el laboratorio. Ellos percibían que el hacer indagación científica en un laboratorio toma más tiempo que sólo hacer actividades de verificación o comprobación. Eso significaba que la indagación implicaba que los estudiantes debían desarrollar todas las actividades por ellos mismos, sin la guía del profesor.

#### 5.4. ECAI CON ÉNFASIS EN EL CONTEXTO DE APRENDIZAJE

Aprender ciencias a través de la indagación puede ser un proceso mucho más significativo cuando es desarrollada en una comunidad de aprendices que desarrollan el conocimiento científico en el lugar donde éste es aplicado (Lave y Wenger, 1992). De esta forma, tal como sugieren varios estudios (Brown y Newman, 1989; Blumenfeld, Marx, Soloway y Krajcik, 1996; Collins y Crawford, 2000; Luckie, Maleszenwski, Lonzak y Khra, 2004), cuando los estudiantes están inmersos en una cultura científica, aprenden más. Esto porque está establecido que aprender ciencias es un fenómeno socialmente construido, donde el conocimiento es negociado entre los miembros de una comunidad. En otras palabras, el estudiante es aculturado o socializado en las formas de hablar sobre ciencia y practicarla (Driver, Asoko, Leach, Scott y Mortimer, 1994).

En términos generales, estas investigaciones apoyan el aprendizaje colaborativo, puesto que provee un medio más significativo para hacer indagación científica por varias razones, incluyendo la promoción de un sentido de pertenencia, el desarrollo de una identidad con la ciencia o como científico/a, el compartir un objetivo común, la adquisición de roles y normas, el ayudarse el uno al otro, el intercambio de ideas, y el desarrollo de la habilidad y la comprensión al hacer indagación científica. En estos términos, la ECAI puede centrarse en promover un ambiente de aprendizaje o una cultura científica donde el estudiante puede estar más involucrado en la indagación.

#### 5.5. ECAI CON ÉNFASIS EN EL CONOCIMIENTO DEL CONTENIDO

Finalmente, otro énfasis por el cual la ECAI puede entenderse se produce cuando esta se centra en el conocimiento científico. Aunque aprender ciencias a través de la indagación puede fomentar habilidades y entendimientos de la ciencia como proceso (National Research Council, 2000), el adquirir una comprensión del conocimiento científico como contenido es importante para posteriormente hacer ciencia. Por ejemplo, en el estudio de Roth, McRobbie, Lucas y Boutonne (1997), los autores investigaron un laboratorio tradicional de física en una escuela secundaria en Australia. Al hacer observaciones sistemáticas y entrevistas a los estudiantes, descubrieron que lo que el profesor tenía como objetivo de aprendizaje no era entendido por sus estudiantes, quienes, la mayoría del tiempo, se veían perdidos en términos de lo que debían aprender cuando observaban y llevaban a cabo las demostraciones del experimento. Esta situación sugiere que “aprender

haciendo” ciencias naturales en un laboratorio donde se siguen instrucciones, como si se siguiese un libro de cocinas, no hace que los estudiantes se involucren y comprometan en un aprendizaje significativo de conceptos y principios científicos (1997: 130). De acuerdo a las investigaciones consultadas, el hecho de que los estudiantes no sepan lo que deben observar o aprender en las demostraciones en laboratorio se contrasta con la situación de los estudiantes que aprenden en una clase diseñada bajo una indagación abierta. Esta diferencia radica en el ambiente de la indagación, puesto que los estudiantes tienen más oportunidades “para familiarizarse con el objeto de su indagación” (1997: 124). Entonces, la ECAI puede ser entendida de diversas maneras, pero todas ellas deben ser conducentes a un mejor y más pertinente aprendizaje-enseñanza de las ciencias.

## 6. CONCLUSIONES

La formación de futuros docentes de las ciencias naturales, tanto de escuelas, como de universidades, debería centrarse en fomentar una tríada de conocimientos disciplinares, socio-históricas, para una adecuada contextualización del mismo, y de habilidades pedagógicas. Así, es necesario una constante reflexión y autoevaluación del quehacer docente, tanto universitario como de escuela. Hecho que rara vez se da, principalmente, por la sobrecarga laboral que produce falta de tiempo para la reflexión crítica, sumado al extenso currículum que debe ser abordado, excesiva cantidad de alumnos/as por sala y la falta de infraestructura, que impiden la reflexión y el desarrollo del pensamiento científico, el que constituye uno de los objetivos transversales según el MINEDUC y que debiera caracterizar a las ciencias experimentales, como la química.

De este modo, la mayoría de las clases de química se centran en la explicación de un concepto, y la ejercitación y resolución matemática de problemas típicos, más que en la comprensión y visualización del concepto *per se*.

Entonces, la enseñanza y aprendizaje de la química se vería facilitada por la experimentación en el aula, la explicitación de la importancia de su aplicación en el autocuidado y el cuidado del medio ambiente, las salidas a terreno y la contextualización. Además, resulta vital para la comprensión de la asignatura y la motivación de los/as estudiantes, un adecuado desempeño docente (saber explicar, ser entretenido/a, crear vínculos afectivos y efectivos con los/as estudiantes).

Una solución a esta problemática sería implementar la indagación como forma de vivir la ciencia en el aula. Las metodologías más adecuadas sobre indagación en ciencias, ponen el énfasis en: (1) la habilidad y la comprensión; (2) en la ciencia profesional; (3) los grados de indagación; (4) en el contexto; y (5) el conocimiento del contenido. Ellos brindan una mirada integral a la indagación como el enfoque de enseñanza de las ciencias cuya implementación generará mayor motivación para aprender ciencias.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonzo, A. y Gotwals, A. (2012). *Learning progressions in science: Current challenges and future directions*. The Netherlands: Springer.
- Alvarado Rodríguez, M. y Flores-Camacho, F. (2010). Percepciones y supuestos sobre la enseñanza

- de la ciencia: Las concepciones de los investigadores universitarios. *Perfiles educativos*, vol. 32 (128), 10-26.
- Arancibia, M., Cárcamo, L., Contreras, P., Scheihing, E. y Troncoso, D. (2014). Re-pensando el uso de las TIC en educación: reflexiones didácticas del uso de la web 2.0 en el aula escolar. Recuperado el 25 de septiembre de 2016 desde: <http://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/viewArticle/1924/2188>
- Bateson, G. (1998), *Pasos hacia una ecología de la mente*. Buenos Aires: Lumen.
- Blumenfeld, P., Marx, R., Soloway, E y Krajcik, J. (1996). Learning with peers: From small group cooperation to collaborative communities. *Educational researcher*, vol. 25 (8), 37-40.
- Brown, J., Collins, A. y Newman, S. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In Resnick (Ed.), *Knowing, learning and instruction: essays in honor of Robert Glaser* (pp. 453-493). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Buck, L., Bretz, S. y Towns, M. (2008). Characterizing the level of inquiry in the undergraduate laboratory. *Journal of College Science Teaching*, vol. 38 (1), 52-58.
- Bybee, R., Taylor, J., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J., Westbrook, A. y Landes, N. (2006). The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness. *Colorado Springs, CO: BSCS*, vol. 5, 88-98.
- Bybee, R. W. (2004). Scientific inquiry and science teaching. In Flick L. y Lederman, N. (Eds.), *Scientific inquiry and the nature of science* (pp. 1-14). Boston: Kluwer.
- Bullaude, M., Córdoba, L., Torres, M. y de Morán, J. (2008). Análisis de Metodologías de Estudio en Química Inorgánica. *Formación Universitaria*, vol. 1(6), 29-34.
- Castoriadis, C. (2002). *Figuras de lo Pensable (Las encrucijadas del Laberinto IV)*. México: Fondo de la Cultura Económica.
- Ceberio, M. y Watzlawick, P. (2006). *La construcción del Universo*. Madrid: Herder.
- Claro, F. 2003. Panorama docente de las ciencias naturales en Educación Media. Recuperado el 25 de septiembre de 2016 desde: [http://www7.uc.cl/sw\\_educ/educacion/grecia/plano/html/pdfs/linea\\_investigacion/Formacion\\_de\\_Profesores\\_IFP/IFP\\_103.pdf](http://www7.uc.cl/sw_educ/educacion/grecia/plano/html/pdfs/linea_investigacion/Formacion_de_Profesores_IFP/IFP_103.pdf)
- Cofré, H., Camacho, J., Galaz, A., Jiménez, J., Santibáñez, D. y Vergara, C. (2010). La Educación Científica en Chile: Debilidades de la Enseñanza y Futuros desafíos de la Educación de profesores de Ciencia. *Estudios pedagógicos*, vol. 36 (2), 279-293.
- Cohn, S. (2004). Increasing resolution, intensifying ambiguity: an ethnographic account of seeing life in brain scans. *Economy and Society*, vol. 33, 52-76.
- Brown, J. S., Collins, A. y Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational researcher*, vol. 18 (1), 32-42.
- Costa, L., Barros, V., Lopes, M. y Marques, L. (2015). La Formación Docente y la Educación de Jóvenes y Adultos: Análisis de la Práctica Pedagógica para la Enseñanza de Ciencias. *Formación universitaria*, vol. 8 (1), 3-12.
- Crawford, B. (2007). Learning to teach science as inquiry in the rough and tumble of practice. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 44 (4), 613-642.
- Crawford, B. (2000). Embracing the essence of inquiry: New roles for science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 37 (9), 916-937.
- Damasio, A. (2000). *Sentir lo que sucede*. Santiago: Andrés Bello.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Scott, P. y Mortimer, E. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, vol. 23 (5), 5-12.
- Fay, M.; Grove, N.; Towns, M.H. y Bretz, S.L. (2007). A rubric to characterize inquiry in the undergraduate chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, vol. 8 (2), 212-219.
- Fisher, E. (2007). Ethnographic invention: probing the capacity of laboratory decisions. *NanoEthics*, vol. 1 (2), 155-165.
- Freire, P. (2002). *Pedagogía del oprimido*. Madrid: Siglo veintiuno de España Editores.

- Garritz, A. (2001). Veinte años de la teoría del cambio conceptual. *Educación química*, vol. 12 (3), 123-126.
- Garritz, A. (2011). Las contribuciones de la química al bienestar de la humanidad. *Educación química*, vol. 22 (1), 2-7.
- Garritz, A. y Talanquer, V. (2012). Las áreas emergentes de la educación química: Naturaleza de la química y progresiones de aprendizaje. *Educ. quím.*, vol. 23 (3), 328-330.
- Guirado, A., Mazzitelli, C. y Olivera, A. (2013). Representaciones sociales y práctica docente: una experiencia con profesores de Física y de Química. *Revista de orientación educacional*, vol. 51, 87-105.
- Gunstone, R. (2015). *Encyclopedia of Science Education; With 88 Figures and 32 Tables*. Netherlands: Springer.
- Hmelo-Silver, C. y Eberbach, C. (2012). Learning theories and problem-based learning. In *Problem-based learning in clinical education* (pp. 3-17). Netherlands: Springer.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M. y Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 42 (7), 791-806.
- Keeves, J. y Darmawan, I. (2009). Teaching science. In *International Handbook of Research on Teachers and Teaching* (pp. 975-1000). US: Springer.
- Kinsella, W. (1999). Discourse, power, and knowledge in the management of "Big Science". The production of Consensus in a Nuclear Fusion Research Laboratory. *Management Communication Quarterly*, vol. 13 (2), 171-208.
- Kurz-Milke, E., Nersessian, N. y Newstetter, W. (2004). What has history to do with cognition? Interactive methods for studying research laboratories. *Journal of Cognition and Culture*, vol. 4, 663-700.
- Latour, B. (1983). Give me a laboratory and I will raise the world. In K. Knorr-Cetina and M. Mulkay (Eds.), *Science Observed: Perspectives on the Social Study of Science* (pp. 141-170). Beverly Hills: Sage.
- Latour, B. y Woolgar, S. (1986). An anthropologist visits the laboratory. In Latour, B. W., y Woolgar, S., *Laboratory life: The construction of scientific facts* (pp. 43-90). Princeton: Princeton University Press.
- Lave, J. y Wenger, E. (1992). *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Luckie, D., Maleszewski, J., Loznak, S. y Krha, M. (2004). Infusion of collaborative inquiry throughout a biology curriculum increases student learning: a four-year study of "Teams and Streams." *Advances in Physiology Education*, vol. 28, 199-209.
- Lynch, M. (1988). Sacrifice and the transformation of the animal body into a scientific object. *Social Studies of Science*, vol. 18, 265-289.
- Maturana, H. (2004). *Del ser al hacer*. Santiago: Lom.
- Maturana, H. y Varela F. (2003) *El árbol del conocimiento*. Buenos Aires: Editorial Universitaria/Lumen.
- Mazzitelli, C., Guirado, A. y Chacoma, M. S. (2011). La docencia y la enseñanza de las Ciencias: análisis de las representaciones de profesores. *Revista de orientación educacional*, vol. 48, 77-94.
- McNeill, K. L. y Krajcik, J. (2008). Scientific explanations: Characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 45 (1), 53-78.
- Medeiros, M., Gutiérrez, G., Hochschild, H. y Lira, R. (2012). Elige Educar, Un Punto De Encuentro Entre Actores Para Mejorar La Calidad De La Educación En Chile. *CALIDAD EN LA EDUCACIÓN*, vol. 36, 235-248
- Merino, C., Pino, S., Meyer, E., Garrido, J. y Gallardo, F. (2015). Realidad aumentada para el diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje en química. *Educación Química*, vol. 26 (2), 94-99.

- Merz, M. y Knorr-Cetina, K. (1997). Deconstruction in a 'Thinking' Science: Theoretical Physicists at Work. *Social Studies of Science*, vol. 27 (1), 73-111.
- MINEDUC, 2015. Educación en Ciencias Basada en la Indagación. Recuperado el 23 de septiembre de 2016 desde: <http://www.ecbichile.cl/home/>
- MINEDUC, 2016. Programa de Indagación Científica para la Educación en Ciencia (ICEC). Recuperado el 23 de septiembre de 2016 desde: <http://basica.mineduc.cl/programa-indagacion-cientifica-la-educacion-ciencia-icec/>
- Montessori, M. (1986). *La mente absorbente del niño*. México: Ed. Diana.
- Morin, E.(2001). *Introducción al Pensamiento Complejo*. Barcelona: Gedisa.
- \_\_\_\_\_. (1994). *El método: El conocimiento del conocimiento*. Madrid: Cátedra.
- National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington DC.
- National Research Council. (2000) *Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and Learning*. Washington DC: Author.
- Nersessian, N. J. (2006a). Model-Based Reasoning in Distributed Cognitive Systems. *Philosophy of science*, vol. 73 (5), 699-709.
- \_\_\_\_\_. (2006b). The cognitive-cultural systems of the research laboratory. *Organizational Studies*, vol. 27, 125-145.
- Pasmanik, D. y Cerón, R. (2005). Las prácticas pedagógicas en el aula como punto de partida para el análisis del proceso enseñanza-aprendizaje: un estudio de caso en la asignatura de química. *Estudios pedagógicos*, vol. 31 (2), 71-87.
- Posada, D. y María, J. (1999). Concepciones de los alumnos sobre el enlace químico antes, durante y después de la enseñanza formal. *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 17 (2), 227-245.
- Pozo, I. (2001). *Humana mente. El mundo, la conciencia y la carne*. Madrid: Morata.
- Quintanilla M. (2006) La ciencia en la escuela: un saber fascinante para aprender a leer el mundo. *Revista pensamiento educativo*, vol. 39 (2), 177-204.
- Roth, W., McRobbie, C., Lucas, K. y Boutonne, S. (1997). The local production of order in traditional science laboratories: A phenomenological analysis. *Learning and Instruction*, vol. (7) 2, 107-136.
- Sánchez, M., Gutiérrez, G., Hochschild, H., Medeiros, M., Ortiz, M. y Sepúlveda, M. (2013). Mercado De Profesores En El Sistema Escolar Urbano Chileno. *Calidad En La Educación*, Recuperado el 25 de septiembre de 2015 desde: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_artext&pid=S0718-45652013000200006](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_artext&pid=S0718-45652013000200006)
- Sandoval W. y Morrison, K. (2003). High school students' ideas about theories and theory change after a biological inquiry unit. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 40 (4), 369-392.
- Sandoval, W. y Reiser, B. (2004). Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, vol. 88 (3), 345-372.
- Silva, E. (1976). Algunas consideraciones en torno a la pregunta ¿Por qué nuestros alumnos poseen mala base en química? *Estudios pedagógicos*, vol. 1 (1), 89-96.
- Solaz-Portolés, J., Sanjosé, V. y Gómez, A. (2011). Aprendizaje basado en problemas en la Educación Superior: una metodología necesaria en la formación del profesorado. *Didáctica De Las Ciencias Experimentales y Sociales*, vol. 25, 177-186.
- Schwab, J. (1962). The concept of the structure of a discipline. *Educational record*, vol. 43 (3), 197-205.
- Schwartz, R.S., Lederman, N. G., y Crawford, B.A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, vol. 88 (4), 610-645.
- Sims, B. (1999). Concrete Practices: Testing in an earthquake-engineering laboratory. *Social Studies of Science*, vol. 29, 483-518.
- Staer, H., Goodrum, D. y Hackling, M. (1998). High school laboratory work in western Australia: Openness to Inquiry. *Research in Science Education*, vol. 28 (2), 219-228.

- Toro, S. (2010). Neurociencias y Aprendizaje...(texto en construcción). *Estudios Pedagógicos*, vol. 36 (2), 313-331.
- Traweek, S. (1988). An anthropologist studies physicists. In *Beamtimes and lifetimes: The world of high energy physicists* (pp. 1-18). Cambridge: Harvard University Press.
- Valsiner, J. (2003). *Culture and Human development*. New York: Sage.
- Varela, F. (2000). *El Fenómeno de la vida*. Santiago: Dolmen.
- Thompson, E. & Varela, F. (2001). "Radical embodiment: neural dynamics and consciousness". *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 5 (10), 418-425.
- von Foerster, H. (1994). *La semilla de la cibernética*. Barcelona: Gedisa.
- Vygotski, L. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Grijalbo.
- Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science Education*, vol. 87 (1), 112-143.

