



## La enseñanza de la química desde la perspectiva de la química verde

### The Teaching of Chemistry from the Green Chemistry Perspective

#### O Ensino de Química, na Perspectiva da Química Verde

Pía José González García<sup>1</sup>

Claudio Pérez-Méndez<sup>2</sup>

Sebastián Figueroa-Duarte<sup>3</sup>

**Fecha de recepción:** noviembre 2015

**Fecha de aceptación:** abril 2016

**Para citar este artículo:** González, P., Pérez, C. & Figueroa-Duarte, S. (2016). La enseñanza de la química desde la perspectiva de la química verde. *Revista Científica*, 24, 24-40. **Doi:** [10.14483/udistrital.jour.RC.2016.24.a3](https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2016.24.a3)

#### Resumen

La química verde (QV), como área de investigación, se comprende como el desarrollo de metodologías que ayudan a modificar los productos o procesos con la finalidad de reducir o eliminar los riesgos que existen para el medio ambiente y la salud humana. De este modo, permite proyectar líneas de investigación en la construcción de un conocimiento y enfoques didácticos de las ciencias, y para ser considerada como parte de los programas ministeriales. El objetivo del estudio fue conocer y comprender el significado que le otorgan los docentes del área a la QV como perspectiva para su enseñanza. A partir de los discursos emanados por los docentes participantes del estudio, se construyeron 4 categorías las cuales son: la QV como *contexto para la enseñanza de la química, medio de apropiación significativo del aprendizaje de la química, motivadora de la conciencia ambiental y reflejo de la institución y su relación con los docentes*.

**Palabras Clave:** Química verde (QV), enseñanza de las ciencias naturales, química y sociedad, programas de estudio.

#### Abstract

Green Chemistry (GC), as a research area, understood as the development of methodologies to modify products or processes in order to reduce or eliminate the risks posed to the environment and human health. Thus it is allowing research project lines in building knowledge and didactic approaches of the sciences, and to be considered as part of the ministerial programs. The objective of this study was to know and understand the significance given by teachers in the area to GC as a perspective for education. From the speeches issued by teachers participating in the study, four categories, was built. GC as: context for teaching chemistry, through significant learning chemistry appropriation, motivating environmental awareness and reflection of the institution and its relationship with teachers.

**Keywords:** Green Chemistry (GC), Chemistry and Society, Ministerial Programs, Natural Science teaching.

<sup>1</sup>. Universidad de Chile, Chile. Contacto: [piajo@ug.uchile.cl](mailto:piajo@ug.uchile.cl)

<sup>2</sup>. Universidad de Chile, Chile. Contacto: [claudioperez@edu.uchile.cl](mailto:claudioperez@edu.uchile.cl)

<sup>3</sup>. Universidad de Chile, Chile. Contacto: [sfigueroa@uchile.cl](mailto:sfigueroa@uchile.cl)

## Resumo

A Química verde, como área de investigação, é compreendida como o desenvolvimento de metodologias para modificar produtos ou processos com a finalidade de reduzir ou eliminar os riscos que existem para o meio ambiente e a saúde humana. Dessa maneira, permite projetar linhas de investigação na construção de conhecimento e enfoques didáticos das ciências e, assim, para ser considerada como parte dos programas ministeriais. O objetivo do estudo foi conhecer e compreender o significado que permite aos docentes da área da Química verde ter como perspectiva de ensino. A partir dos discursos disseminados pelos docentes participantes do estudo, foram construídas 4 categorias, das quais são: a Química verde como: contexto para o ensino da química, meio de apropriação do significado da aprendizagem da química, motivadora da consciência ambiental é reflexo da Instituição e sua relação com os docentes.

**Palavras-chave:** Química verde, Química e Sociedade, Programas ministeriais, Ensino de ciências naturais.

## Introducción

La didáctica de las ciencias es un área de estudio que ha avanzado (Aduriz Bravo, 2005), aun cuando la realidad indica que los estudios asociados a esta área tardarán mucho en reflejarse en las aulas. Esto obliga a los docentes del área de Ciencias Naturales a una permanente reflexión crítica sobre sus prácticas, es decir, “un mirar hacia dentro del aula” para realizar los ajustes necesarios y con esto responder a las demandas de la sociedad de manera efectiva, lo que requiere tanto de una transformación de la escuela como de la labor docente.

La educación en ciencias ha estado orientada tradicionalmente a la preparación de futuros biólogos, químicos, geólogos o físicos. Esta podría ser una de las causas que desalienta con fuerza la apropiación de competencias (conocimientos, habilidades y actitudes) inherentes al sector, ya que la formación se desarrolla en escenarios complejos de adquisición de aprendizajes y no con temas

aparentemente útiles, cotidianos y contextuales. Lo que está claro es que de seguir en esta línea no se logrará que un número importante de estudiantes se acerque siquiera a la idea de adquirir conocimientos en esta área y menos aún seguir una carrera vinculada con la biología, física, o la química (Aduriz Bravo, 2005).

Si dicha orientación se modifica de manera que la educación científica sea planteada como parte de una educación general para todos los ciudadanos, en escenarios concretos y cercanos, la QV se transforma en una corriente de la química factible de construirse como perspectiva de enseñanza de la misma. La QV se comprende como el desarrollo de las metodologías que permiten modificar la naturaleza intrínseca de los productos o procesos, esto con la finalidad de reducir o eliminar las consecuencias adversas o los riesgos que pueden impactar tanto en el medio ambiente como en la salud humana. Por otro lado, plantea la innovación en la química con beneficios económicos y ambientales; y fomenta la interdisciplinariedad, ya que incorpora aspectos de ingeniería, biología, economía y ética, presentándose como un enfoque que propende a un desarrollo significativo del aprendizaje científico (Anastas & Williamson, 1996).

La declaración de Budapest (surgida de la Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI, realizada en 1999) indica que la alfabetización científica es necesaria “a fin de mejorar la participación de los ciudadanos en la adopción de decisiones relativas a las aplicaciones de los nuevos conocimientos”. Y los National Science Education Standards argumentan que “todos necesitamos ser capaces de implicarnos en discusiones públicas acerca de asuntos importantes que se relacionan con la ciencia y la tecnología” (Meinardi, 2010).

En el contexto de esta problemática, un grupo de profesores de química y de ciencias naturales de la Fundación Belén Educa participaron de un curso de capacitación, que a su vez era parte de una investigación que buscó develar los significados que le otorgan a la QV como perspectiva de enseñanza de la química. Considerar los

significados de los discursos permitirá comprender las prácticas que están internalizadas en el quehacer docente, específicamente en lo que respecta a la didáctica de la química en el espacio de esta fundación y la indagación de los problemas y aportes de esta área. Se espera que esta investigación sea un aporte a la didáctica de la química y al estudio de programas que den cuenta de perspectivas que permitan una enseñanza acorde con las actuales necesidades sociales y culturales.

## Contextualización de la investigación

La participación en la vida ciudadana requiere cada vez más del manejo de formación científica, cuyo objetivo fundamental es democratizar el acceso de los jóvenes a esta área de conocimiento, lo que les permitirá mejorar su calidad de vida y su acción como ciudadanos (Macedo *et al.* 2006). De esta manera, el actual desafío que se presenta a la enseñanza de la química, como disciplina científica y fenómeno educativo de formación integral, es involucrar los enfoques que dan cuenta de los cambios que esta área de las ciencias debe recopilar, para transformarse en un cuerpo de conocimiento que es construido socialmente y, por tanto, esté estructurado en modelos que tienen como objetivo comprender el funcionamiento del mundo y la relevancia que tiene la escuela en la construcción o reconstrucción de este conocimiento.

Existen objetivos anclados a esta área de enseñanza, pues de la educación científica se espera que, además de ser una educación para las ciencias, sea una educación que, a través de las ciencias, contribuya a la formación de una ciudadanía participativa. La educación científica y tecnológica cobra así las dimensiones de apropiación de conocimiento con el fin de promover el uso de las ciencias en diferentes ámbitos así como de lograr el análisis crítico de los modelos sociales y las relaciones de estos con las formas de intervención sobre el mundo (Meinardi, *et al.* 1998). Un criterio básico que se abordó en este trabajo es el hecho que la ciencia es un cuerpo de conocimiento sobre el

mundo, que para ser significativo debe ser conectado con la experiencia y contextos vitales de los estudiantes. En este sentido, se propone que el punto de partida debe ser la curiosidad, ideas propias e intuiciones de los estudiantes; y el punto de llegada: el entendimiento de algunos conceptos y principios fundamentales de lo que es la QV, la comprensión del mundo desde esta área de la química, sus modos de proceder, y la capacidad de aplicarlos adecuadamente a la vida diaria. Por lo anteriormente mencionado, la pregunta de investigación queda establecida de la siguiente manera: ¿Cuáles son los significados que otorgan los docentes de química de la Fundación Belén Educa, a la QV como perspectiva para la enseñanza de la química?

## Objetivos de la investigación

**Objetivo general:** Conocer y comprender el significado que le otorgan los docentes de química a la "QV como área para la enseñanza de la química.

*Objetivos específicos:*

- Conocer los significados que los docentes de química de la Fundación Belén Educa, le otorgan a la enseñanza de la Química.
- Conocer el significado que le otorgan los docentes de química de la Fundación Belén Educa a la QV como área para la enseñanza de la química.
- Elaborar, a partir de los significados otorgados a los discursos de los docentes de química de la Fundación Belén Educa, una propuesta que contribuya a la elaboración de planes y programas para el área de química que incluya a la QV.

## Desarrollo general de la QV

En Estados Unidos, el Acta de Prevención de la Contaminación de 1990 estableció que la reducción de contaminación en la fuente tendría la más alta prioridad en la resolución de problemas ambientales. La aprobación de esta ley marcó un giro hacia la

prevención de la formación de residuos como una estrategia más eficaz. En 1991, la Oficina de Prevención de la Contaminación y Tóxicos de la Agencia de Protección Ambiental (EPA, según siglas en inglés) de los EE.UU. puso en marcha la primera iniciativa de investigación en QV. Durante el año 1993, el programa de la EPA adoptó oficialmente el nombre Programa de QV de EE.UU.. Este, desde su creación, ha servido como coordinador de las actividades más importantes dentro de los EE.UU., tales como El Premio Presidencial al Desafío en QV y la Conferencia anual de QV e Ingeniería.

Junto con los esfuerzos gubernamentales se han realizado diversos trabajos académicos que dependen al desarrollo de la QV. En ese sentido, se han desarrollado 12 principios (tabla 1) que pueden guiar el diseño de productos y procesos favorables al medio ambiente y al ser humano (Anastas & Warner, 2000). Estos principios son una categorización de los enfoques fundamentales adoptados para lograr el objetivo de la QV. El actual estado de la QV se debe a los avances en la investigación, implementación, educación y divulgación de la misma en las últimas dos décadas.

**Tabla 1.** Los 12 principios de la QV.

N.º	Descripción	Resumen
1	Es mejor prevenir la formación de residuos que limpiarlos una vez formados.	Prevención.
2	Los métodos sintéticos deben diseñarse para maximizar la incorporación en el producto final de todos los reactivos utilizados.	Economía atómica.
3	Siempre que sea posible, deben diseñarse metodologías sintéticas que usen y generen sustancias que no sean tóxicas para la salud y el medio ambiente.	Métodos de síntesis menos peligrosos.
4	Los productos químicos deben diseñarse para mantener la eficacia de su función pero reduciendo la toxicidad.	Diseño de productos más seguros.
5	El uso de sustancias auxiliares (por ejemplo, disolventes, agentes de separación, entre otros) debería ser innecesario en la medida de lo posible e inocuo cuando sean necesarios.	Disolventes y auxiliares más seguros.
6	Los requerimientos energéticos deben considerarse y ser minimizados debido a su impacto medioambiental y económico. Los métodos sintéticos deben realizarse a temperatura ambiente cuando sea posible.	Eficacia energética.
7	Las materias primas deben ser renovables cuando técnica y económicamente sea posible.	Uso de materias primas renovables.
8	Debe evitarse el uso y generación de derivados (grupos bloqueantes, protección/desprotección, modificación temporal de las condiciones físicas/químicas) cuando sea posible.	Reducir el uso de derivados.
9	Los reactivos catalíticos (tan selectivos como sea posible) son mejores que los reactivos estequiométricos.	Catálisis.
10	Los productos químicos deben diseñarse de manera que su función no persista en el medio ambiente y puedan degradarse a productos inocuos.	Diseño para la degradación.
11	Necesidad de desarrollo de metodologías analíticas que permitan analizar, monitorear y controlar previamente a la formación de sustancias peligrosas.	Análisis en tiempo real.
12	Deben escogerse las sustancias y la forma de una sustancia utilizada en un proceso químico de manera que se minimice el potencial de accidentes químicos, incluyendo escapes, explosiones e incendios.	Síntesis químicas más seguras.

**Fuente:** (Anastas & Warner, 2000).

## QV y Educación

No es sorprendente que hayan sido los mismos investigadores quienes desarrollaron los conceptos y herramientas que pueden permitir compatibilizar el desarrollo y aplicación de la química con la optimización de su interacción con el medio ambiente. Tales conceptos fueron plasmados en el trabajo de Anastas & Warren (2000), esto es los 12 principios de la QV (Anastas & Williamson, 1996; Anastas & Warner, 1998). Estos trabajos han sido re-elaborados por distintos autores (Mestres, 2010; Bourne & Poliakov, 2011; entre otros) y completados con los correspondientes principios de la ingeniería verde (Winterton, 2001) hasta alcanzar un cuerpo compacto y elaborado (Andraos, 2011; Mestres, 2011; Dunn, 2012).

La educación es un aspecto clave de la QV, ya que además de la investigación en el área se hace necesario e importante formar a las nuevas generaciones de químicos en esas metodologías y en los conceptos asociados a la QV. En su conjunto, esta representa un nuevo modo de pensar la química donde, además de los conceptos habituales que han integrado hasta ahora su enseñanza, es preciso aprender a tomar en consideración nuevos elementos relacionados. Los esfuerzos se han enfocado en desarrollar programas de postgrado y modificaciones a los planes de pregrado. Junto con ello, se han desarrollado algunas iniciativas para incorporar dentro del currículo de ciertas asignaturas, las metodologías y prácticas acordes con los planteamientos de la QV.

La conformación de la Red Española de Química Sostenible (REDQS), a fines de 1990, es el primer esfuerzo español para desarrollar educación ligada a la QV. Esta red ha desarrollado un programa de postgrado en el que la formación de estudiantes en química sostenible ha resultado una experiencia positiva. La experiencia ha permitido plantear una estructura y proceso formativo diferente a lo que se había desarrollado previamente (REDQS, 2014). De las experiencias realizadas con estudiantes postgraduados, se puede extraer

que aquellos con formación en QV han demostrado ser beneficiados en la medida que tal formación les ha permitido abrir puertas en otras áreas que no son exclusivamente la investigación (Clark *et al.* 2009).

Junto con realizar programas de postgrado en QV, también se han desarrollado estudios respecto a los cambios que se podrían realizar en el pregrado. Para estudiar ello, Fernandes de Goes y colaboradores (2013), del Instituto de Química de la Universidad de Sao Paulo, informaron resultados sobre un estudio hecho con 26 profesores del instituto con diversas especialidades. Este estudio permitió analizar las capacidades de los docentes con respecto del cuerpo pedagógico del contenido y respecto a la enseñanza de la QV (Fernandes de Goes *et al.* 2013). En concreto, se analizaron: la disposición de los docentes para adoptar e incorporar los principios de la QV en las prácticas de laboratorio y la voluntad a desarrollar estrategias pedagógicas para la enseñanza de conceptos nuevos.

Si el objetivo es modificar el paradigma de concepción y desarrollo de la química, es necesario ampliar el foco de acción, no reduciéndolo solo al ámbito académico universitario, sino que sumando además a la educación primaria y secundaria (Anastas & Kirchhoff, 2002). En ese sentido, algunas iniciativas desarrolladas han permitido incorporar los conceptos de la QV dentro de los programas de estudio de educación primaria y secundaria. Una de las primeras iniciativas creadas para ocuparse de este tema es la desarrollada por John Warner, la que se denomina Beyond Benign. Esta nace en el año 2007 y corresponde a un programa para difundir la QV, el que alcanzó a cerca de 16 000 estudiantes de enseñanza primaria y secundaria (Beyond Benign, 2014). Esta iniciativa busca entregar herramientas de enseñanza y aprendizaje para docentes de enseñanza primaria y secundaria, con el fin de que sean capaces de incorporar experiencias científicas dinámicas con sus estudiantes, con énfasis en el razonamiento objetivo a través de la consideración de la economía,

la sociedad y el entorno, en igual medida. A través del marco de la QV, el programa de educación primaria y secundaria de Beyond Benign es capaz de explorar el contenido del currículo en todos los ámbitos, con el objeto de implantar de forma permanente los conceptos de sostenibilidad social, industrial, económica y ambiental (Beyond Benign, 2014).

## Enseñanza de la química

Desde la perspectiva de los procesos didácticos inherentes a la química se ha logrado detectar dificultades, lo que provoca desinterés y ciertas actitudes negativas de los estudiantes en relación al estudio de las ciencias en general. Esto se relaciona con los modelos de enseñanza tradicionales que señalan concepciones dogmáticas sobre las ciencias y descontextualizadas con temas de interés mundial (Lemke, 1997).

La formación en ciencias en el sistema escolar consiste, entonces, en el desarrollo de un conjunto integrado de elementos que incluyen: el aprendizaje de conceptos y la construcción de modelos; el desarrollo de habilidades cognitivas y de razonamiento científico; el desarrollo de habilidades experimentales y de resolución de problemas; el desarrollo de actitudes y valores; y la construcción de una imagen de la ciencia (Aleixandre, 1997). En este contexto la investigación sobre la QV ofrece la oportunidad de trabajar lo expresado anteriormente.

Enseñar química a través de ideas teóricas sin explicar suficientemente a qué tipo de intervención se refieren, se convierte en un ejercicio de irracionalidad que es rechazado por el alumnado actual. Las ideas fuera de contexto no son aceptadas por los nuevos discípulos que no están dispuestos a memorizar conocimientos y lenguajes que no llegan a comprender ni les parecen útiles (Izquierdo, 2003). Este es el nuevo contrato social que se reclama mundialmente, el objeto de la renegociación de las relaciones entre ciencia y sociedad: ajustar la ciencia y la tecnología a los estándares

éticos que ya gobiernan otras actividades, democratizarlas, para estar entonces en condiciones de influir sobre sus prioridades y objetivos, reorientándolos hacia las auténticas necesidades sociales, es decir, aquellas necesidades que emanen de un debate público sobre el tema (García *et al.* 2001).

Es muy importante que los docentes manejen temáticas que trasciendan al contenido académico y, que por lo tanto indaguen en estrategias que propendan al acercamiento de los estudiantes a las temáticas relacionadas con la biología, la física y la química. Lo expuesto anteriormente se transforma en una consecuencia tanto de la formación inicial y continua de los profesores.

En este trabajo se analizaron los significados de la inclusión de esta perspectiva en los docentes en ejercicio al participar de un curso de actualización y apropiación de la química, desde la perspectiva de la QV. Los cambios se entenderán desde el discurso de los docentes participantes en la perspectiva conceptual, metodológica y actitudinal, pero visualizado desde lo que debe saber y saber hacer el docente de ciencias (Moreira, 1994).

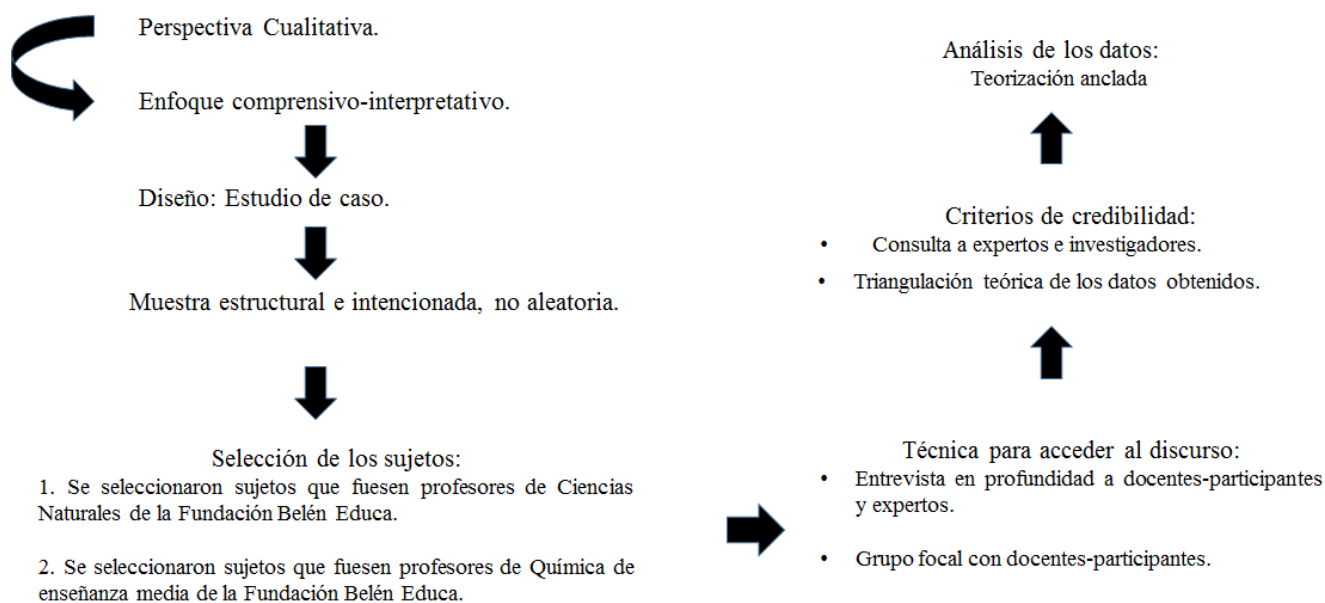
## Metodología de la Investigación

### Resultados de la investigación

#### Análisis de datos según categorías

Para estudiar los significados atribuidos a la QV por parte de los docentes de química de la fundación mencionada, el análisis de contenido (también conocido como teorización anclada) y las construcciones desarrolladas, se encuentran ancladas a los datos obtenidos del discurso de los docentes. Este análisis está orientado a generar inductivamente una teorización respecto de un fenómeno cultural, social, o psicológico, procediendo a la conceptualización y a la relación progresiva y válida de datos empíricos cualitativos (Mucchielli, 2001).

La categorización realizada implicó capturar el significado que asignaron los sujetos docentes al fenómeno en estudio y representan el punto de



**Figura 1.** Metodología de la investigación (Taylor, 1994).

**Fuente:** elaboración propia.

partida de un trabajo de refinamiento conceptual y de adecuación empírica. En función de lo anterior, el análisis presentado comprende el sentido que los sujetos le otorgan en su discurso a la QV de acuerdo al contexto sociocultural donde se inserta esta iniciativa. A continuación, se muestran (véase anexo Categorías QV) las categorías y subcategorías que se analizarán y que permitirán comprender los significados que le otorgan los y las docentes de la Fundación Belén Educa a la QV como perspectiva para la enseñanza de la química.

### **Significados construidos en torno a la QV como perspectiva para la enseñanza de la química por los docentes de la fundación**

#### ***La QV como contexto para enseñar química: La QV como otra forma de enseñar química y la QV como canal para acercar a los estudiantes a la química***

La enseñanza de las ciencias y en particular de la Química es un área que se muestra lejana, difícil de entender y desvinculada de lo cotidiano

para la mayoría de los ciudadanos. Por tanto, las estrategias o perspectivas que permitan abordarla, dándole un sentido de cercanía y utilidad, se transforman en requerimientos del sistema escolar. Esto es atribuible a una variedad de factores que incluyen la pobre imagen de la actividad científica en términos de su impacto social y ambiental, y el desconocimiento de las oportunidades de empleo en el sector.

Se puede interpretar que los docentes son conscientes de la necesidad de encontrar estrategias, enfoques y perspectivas que colaboren con disminuir la lejanía y la dificultad patente con que las ciencias y en particular la química se ha presentado hasta el momento, tanto en el ámbito educativo como en la sociedad en general, pues la visión que la mayoría de las personas tienen con respecto al quehacer científico, continúa presentándose como espacios inalcanzables (véase anexo, cita 1).

Los docentes de la fundación visualizan esta lejanía debido a su propia formación y ponen el acento en la dificultad de conectar los aprendizajes asociados a la química, con situaciones concretas (véase anexo, cita 2). Al presentar una mirada

de la química que involucra repensar la manera de abordar esta temática, más no los contenidos asociados, permitió que los docentes, valoraran la propuesta de QV como un aporte a su práctica habitual. Ya que el esfuerzo se encuentra centrado en encontrar una manera de mirar los contenidos que se encuentran explícitos en el actual Marco Curricular Chileno (Decreto Ley 254 y Bases Curriculares Decreto Ley 614) (MINEDUC, 2014; véase anexo, cita 3).

Hasta ahora la química ha sido ligada a conceptos como toxicidad y peligro. Sin embargo, la QV modifica esta mirada hacia conceptos ligados con sostenibilidad y precaución, realizando un trabajo consciente y constante puede lograr propagarse en el colectivo, a la hora de pensar en ciencias y en química (véase anexo, cita 4).

***La QV como apropiación significativa del aprendizaje de la química: la motivación de los estudiantes; el acercamiento en niveles iniciales: en la formación inicial docente y en el ámbito escolar.***

Sobre la motivación de los estudiantes, se hace relevante recurrir a la primera categoría construida, es decir, la QV como contexto para la enseñanza de la química, ya que la apropiación significativa viene dada por un contexto cercano y útil que en la voz de los docentes y provocará estudiantes motivados que lograrán un aprendizaje significativo de la química. Los docentes esperan encontrar en la QV una perspectiva de contexto y de apropiación que permita que la química provoque y motive a los estudiantes a interesarse y entender las ciencias (véase anexo, cita 5).

Los docentes participantes fueron parte de un curso, entonces, al desarrollar el significado que le han otorgado, también aparecen ellos como estudiantes. De esta manera se pudieron construir dos focos de la dimensión. Por una parte, la necesidad de ellos de estar motivados con el tema que se está trabajando, pues así ellos podrán motivar a sus estudiantes. Y, por otra parte, cómo en el mismo desarrollo del curso es necesario que se de esa

motivación por parte de quienes desarrollaron el curso, que a través del discurso de los docentes, nace de la comprensión del sujeto que se encuentra participando de un curso de formación continua y lo sitúa como un profesional, conociendo el tipo de contexto en el que se desempeña laboralmente (véase anexo, cita 6).

Existe un acuerdo explícito por parte de los docentes sobre la implementación de la QV en niveles iniciales y manifiestan la importancia de trabajar esta perspectiva en la formación inicial de los profesores (véase anexo, cita 7). En ese sentido, los docentes que se desempeñan en niveles iniciales de escolaridad manifiestan la necesidad de trabajar aspectos de la QV desde los primeros niveles de enseñanza escolar (véase anexo cita 8).

Todo lo anterior presume que la QV puede presentarse como una manera de generar aprendizajes significativos en los estudiantes, desde la perspectiva de la formación escolar, como de la formación inicial docentes. Aunque el tiempo en que esta se implemente es muy relevante, no porque no se puedan generar cambios en otros momentos de la formación escolar o docentes, sino que por la facilidad que puede provocar que esto se realice tempranamente.

***La QV como motivadora de la conciencia ambiental: en la formación de estudiantes para los nuevos desafíos mundiales y en el vínculo con otras disciplinas***

Esta categoría devela que la QV, además de justificarse como medio para acercar y significar la enseñanza de la química, parece manifestar un propósito, y este responde a los requerimientos que la misma sociedad manifiesta, es decir, generar aprendizajes contextualizados que respondan a la coyuntura mundial. En ese sentido, tiende a responder en el cómo la educación se debe hacer cargo de formar ciudadanos con conciencia y responsabilidad ambiental. Los docentes describen a la QV como parte del desarrollo de esa conciencia ambiental y la comparan con las concepciones



tradicionales de la química, puntualizando en cómo fue su propia formación docente y enfatizando en la carencia de éste tipo de perspectivas (véase anexo, cita 9). Por lo tanto, hay una apuesta en darle sentido a la necesidad de propiciar esa conciencia ambiental y comprender que el trabajo detrás de dar respuestas a las demandas sociales tiene un propósito en cuánto a preparar a los profesionales de estos tiempos en los aspectos ambientales (véase anexo, cita 10).

Por otro lado, se construye la dimensión que establece la responsabilidad en la formación de ciudadanos preparados para los nuevos desafíos es urgente, es decir, para lograr conciencia ambiental es necesario que la implementación se trabaje en la formación inicial de manera transversal a las distintas etapas de formación (escolar y docente). Las citas muestran la responsabilidad con que asumen la formación de estudiantes que se verán enfrentados a contextos ambientales que necesitan de ciudadanos comprometidos, críticos y reflexivos.

Otra dimensión que emerge del discurso de los docentes es el que se refiere a cómo los temas ambientales pueden ser un vínculo con otras disciplinas, pues el dialogo que –manifiestan– se debe generar dentro de las instituciones escolares para poder abordar y trabajar la denominada conciencia ambiental, debe confluir en un desempeño colaborativo dentro de los establecimientos, debe involucrar a tanto a las áreas asociadas con las ciencias naturales como a todos los sectores curriculares (véase anexo, cita 11).

### ***La QV en la institución: relación entre los docentes y la institución***

Podría parecer descontextualizado tener que situar al docente de aula, a las condiciones en las que trabaja, a la relación que establece con la institución en la que trabaja y la relación que mantiene con el currículum nacional, cuando lo que se está estudiando es el significado que le otorgan a una perspectiva para enseñar química. Pero desconocer este contexto es desconocer el tipo de sujeto

que participó de esta investigación. Desde esta perspectiva, los profesores son parte de un espacio que es necesario describir, donde el cumplimiento de responsabilidades laborales, acceso a los recursos educativos y el uso del tiempo escolar son de gran relevancia para desempeñar su acción pedagógica (véase anexo, cita 12). Por otra parte, las relaciones que se establecen en todo ámbito en que operan los actos educativos manifiesta tensiones que no fueron excepción a la hora de realizar esta investigación. Cada uno de ellos se encuentra inmerso en el sistema educacional y ese sistema tiene su propia cultura y tensiones asociadas, que se reflejaron a la hora de pensar en cómo se podría instalar dentro de sus prácticas pedagógicas la inclusión de la QV como perspectiva para la enseñanza de la química.

Se les preguntó a los docentes cuáles serían las ventajas y desventajas de la implementación. Ante este requerimiento, las respuestas fueron positivas con respecto a que ven factible su uso en el desarrollo de sus clases, pero en el momento en que esto debiera dialogar con lo estipulado en las planificaciones que utilizan tendría una evidente amenaza (véase anexo, cita 13). Estos docentes, trabajan en base a planificaciones a nivel fundacional, es decir, todos los establecimientos utilizan el mismo modelo de planificación y el contenido de esas planificaciones responde a las sugerencias didácticas que emanan desde el Ministerio de Educación.

Se podría pensar que esto no se debiera transformar en una dificultad a la hora de ajustar esas planificaciones con temáticas como la QV, pero el discurso de los docentes devela que la estandarización de este proceso impide la inserción de otras temáticas que no se encuentren en los programas ministeriales (véase anexo, cita 14). Se devela una tensión muy importante para realizar ajustes a las planificaciones que utilizan, y profundizando en esta tensión, existe precaución en el accionar de los docentes a la hora de atreverse a modificar estas indicaciones que emanan desde la fundación.

Se puede observar que el tipo de liderazgo que se observa es direccional y autoritario, lo que implica que esos posibles ajustes, develarán tensiones en los docentes que esperan poder incluir lo trabajado. Este aspecto es llamativo, pues antes de realizar el curso, la Fundación autorizó a sus docentes a participa de él, conoció el Programa que se desarrollaría y el propósito que éste tenía, es decir, ser parte de las planificaciones que se implementaría al año siguiente. Sobre esto los docentes, no dicen estar confiados, y mantienen su posición cautelosa ante esta situación (véase anexo, cita 15). Ante esta situación el discurso de los docentes es divergente, pues algunos manifiestan la intención de incorporar las temáticas de la QV dentro de sus propias planificaciones, siendo evidentes en declarar que se encuentran implementándola, desde el momento que comenzaron a

vincular los temas tratados en el curso (véase anexo, citas 16 y 17).

En relación a la infraestructura, los docentes manifiestan que la heterogeneidad de los espacios con los que cuenta la fundación, se presenta como un problema a la hora de realizar las actividades relacionadas con la experimentación de las actividades propuestas. A pesar de manifestar la problemática que subyace a la falta de infraestructura para poder realizar las experiencias que se les plantearon, hay un acuerdo en que las actividades fueron sencillas y que podrían desarrollarlas, a pesar de no contar con la infraestructura necesaria. Sin embargo, la tensión se traslada a la disposición de los espacios y no a las características del lugar (véase anexo, cita 18).

Para finalizar el análisis realizado, se plantea la figura 2 con todas las categorías de análisis y las respectivas relaciones entre cada una de ellas.



**Figura 2.** Categorías de análisis y relaciones entre ellas.

**Fuente:** elaboración propia.

En este apartado se exponen las principales conclusiones que surgen del análisis de los datos recolectados y que están en relación a la pregunta de investigación y a los objetivos propuestos. El problema de investigación planteaba la pregunta: ¿Cuáles son los significados que otorgan los docentes de química de la Fundación Belén Educa a la QV como perspectiva para la enseñanza de la química? En este sentido, los discursos que emanan de los docentes al ser entrevistados y haber participado en un grupo focal evidencian la complejidad del fenómeno en estudio, develan las múltiples dimensiones con las que se trabajó y permiten construir los hallazgos relativos a los significados otorgados a la QV.

## Conclusiones

### Química y sociedad

La QV plantea una problemática existente en el mundo actual, es decir, deja de manifiesto que existen problemas ambientales y que no basta con continuar colocando los esfuerzos en solucionar el impacto de la acción del hombre en el mundo, sino que es necesario y urgente diseñar estrategias que propendan a disminuir ese impacto. Pero para que esas estrategias logren instalarse en la sociedad se necesita de personas informadas, críticas y reflexivas con respecto a los ámbitos ambientales y su impacto. En este sentido, la QV se plantea como un nexo entre las cuestiones netamente químicas y las implicancias en la sociedad.

La investigación realizada permitió instalar otra manera el vínculo entre la química y la sociedad, es decir, situar a la QV como espacio de diálogo entre situaciones cotidiana y de interés social con los mismos conceptos que trabaja la Química a nivel curricular. De esta manera se permite repensar la química que se aprende a nivel escolar, pues no se esperó cuestionar el currículo de química sino como los contenidos asociados pueden tener una mirada diferente que permita acercar a los estudiantes y, por consecuencia, a la sociedad a

cuestiones que hasta ahora han sido consideradas *netamente químicas*. Pues no se generan contextos, ejemplos y aplicaciones que permitan comprender el mundo que nos rodea y las situaciones cotidianas y reales.

A pesar de que esta investigación no buscó una mirada crítica sobre los Objetivos de Aprendizaje y/o Contenidos Mínimos Obligatorios y Objetivos Fundamentales, declarados en los constructos curriculares de nuestro país, es relevante concluir que, así como es importante encontrar maneras para abordarlos, es necesario revisar el sentido que tiene la selección curricular en Chile. Si bien está justificada en la concreción de habilidades de pensamiento científico y de actitudes ligadas a cada sector disciplinar, debiesen tener una revisión, que tienda a cuestionar el propósito de cada uno de esos aprendizajes, pues repensarlos en función de contenidos socio-científicos podría ser un camino para mejorar la relación de las ciencias naturales con la sociedad.

### Estudiantes reflexivos

Esperar que una mirada sobre la química provoque un diálogo positivo entre las ciencias naturales y la sociedad, colabore en la contextualización de sus contenidos y aprendizajes, y que a su vez propenda a la apropiación significativa de estos, tiene un único propósito. Este va más allá de resultados en pruebas estandarizadas nacionales o internacionales, que no solo tiene que ver en cómo se abordan estos contenidos para que los estudiantes logren ingresar a la universidad u obtengan buenas calificaciones. Sino que responde a la necesidad de formar personas reflexivas en los aspectos cotidianos, ciudadanos que puedan tomar decisiones con respecto a ámbitos de la vida diaria, pero también de los fenómenos que ocurren a nivel global.

Se espera que la QV no solo logre fomentar una opinión en cuánto a los aspectos ambientales, sino también dirigir acciones en los ciudadanos que vayan en directa relación con las demandas mundiales y que permitan la participación en la vida

ciudadana, de manera responsable. De esta forma, debe existir un acuerdo en cuánto a descomprimir la tensión que emana de la cobertura curricular, porque de continuar centrando los esfuerzos en trabajar contenidos y/o habilidades cognitivas para cumplir con propuestas preestablecidas, sin considerar los verdaderos aprendizajes detrás de cada uno de los objetivos de aprendizaje que se plantean en el currículo, se continúa fomentando la desarticulación del currículo con la vida cotidiana y las perspectivas que puedan propender a la formación de estudiantes reflexivos y críticos con respecto a su entorno.

De continuar con la convicción de estandarizar todos los procesos de aprendizaje, incluyendo planificaciones y procesos de evaluación, lo único que se logra es desconocer la diversidad de estudiantes que tenemos en las salas de clases, las distintas maneras en que cada uno de ellos se acerca a los objetivos de aprendizaje planteados, y por homogenizar todo el proceso se deja a un lado aquellos que tienen dificultades para comprender los ámbitos relacionados con las ciencias naturales, aquellos que por falta de instancias motivadoras han perdido o nunca han tenido el gusto por las ciencias, una que es lejana y abstracta.

### **Enriquecer el discurso de los docentes**

Para lograr que la química dialogue con los requerimientos de la sociedad, y que en ese sentido quienes se encuentran inmersos sean reflexivos y críticos, es necesario pavimentar el camino y comenzar por lo que para esta investigación pareció más adecuado, los docentes. En este sentido, el paso por el curso que los docentes realizaron y desde donde nace esta investigación, colaboró enriqueciendo el discurso de cada uno de ellos, situándolos como aprendices, pero a su vez como *docentes estratégicos* (Gimeno Sacristan & Pérez Gomez, 1992) a la hora de evaluar los posibles alcances de la QV.

Por un lado, el proceso de adquisición de terminología, la reflexión con respecto a las experiencias

experimentales, la actualización y en algunos casos apropiación de ciertos aprendizajes asociados a la química, permite concluir que el discurso de los docentes se puede enriquecer por medio de la QV. Pues les permite evaluar su propio desempeño, en el re-observar sus prácticas, visualizar sus limitaciones al tener que responder a los requerimientos institucionales, pero también les permite valorar las condiciones (negativas y positivas) de lo que se necesita para trabajar una nueva mirada sobre la química y el efecto que esta inclusión puede tener a nivel personal-profesional y en sus estudiantes.

Todo lo anterior redundaría en que la formación de los docentes debe buscar conciencia para pensar críticamente sobre los fenómenos sociales, para el logro de una sociedad más justa, que democratiza el acceso a áreas de conocimiento como la química, proveyendo a los estudiantes de miradas y perspectivas que permitan este objetivo. De hecho, enriquecer sus discursos por medio del trabajo realizado a partir de la QV puede dar cuenta de eso.

### ***Aportes y proyección de la investigación***

El principal aporte de esta investigación es instalar la discusión sobre las tradicionales maneras de mirar la ciencia y en particular la química y cómo la inserción de temáticas que tienden a contextualizar los aprendizajes asociados pueden ser un aporte para aprendizajes significativos, tanto a nivel escolar como de formación docente

En función de lo anterior, si bien existen investigaciones en los campos de la didáctica de la química, los procesos de investigación-acción, los enfoques asociados a la enseñanza de las ciencias naturales, etc., los estudios relacionados con la QV a nivel escolar (primaria y secundaria) son escasos. Ya que hasta el momento las investigaciones de la QV se encuentran centradas en los laboratorios de investigación y comienzan a desplegarse en algunos currículos universitarios, pero dentro del ámbito escolar curricular es muy escaso.

Por otra parte, situando los contenidos del sector de química en nuestro país, en un currículo cerrado y atado por otros (Eggleston, 1992), es decir, sin la libertad de seleccionar los contenidos que se trabajaran dentro de la sala de clases, pues son Decreto Ley en Chile, se podría pensar que las sugerencias didácticas para trabajar estos aprendizajes previamente declarados podrían abrir ventanas a la hora propiciar espacios de aprendizaje diversos y contextuales a los nuevos desafíos y requerimientos mundiales. En este sentido, esto no se ha manifestado en los programas de estudio y la búsqueda de estrategias que permitan acercar a los ciudadanos a las ciencias, siguen siendo una deuda en el ámbito escolar. Por lo tanto, una de las mayores proyecciones que se espera tenga este estudio y los que vendrán a partir de él, es que se consideren los aspectos que desarrolla la QV en los próximos programas de estudio, de manera de colaborar con la vinculación de la química y la sociedad y la generación de estudiantes reflexivo con respecto a la vida cotidiana.

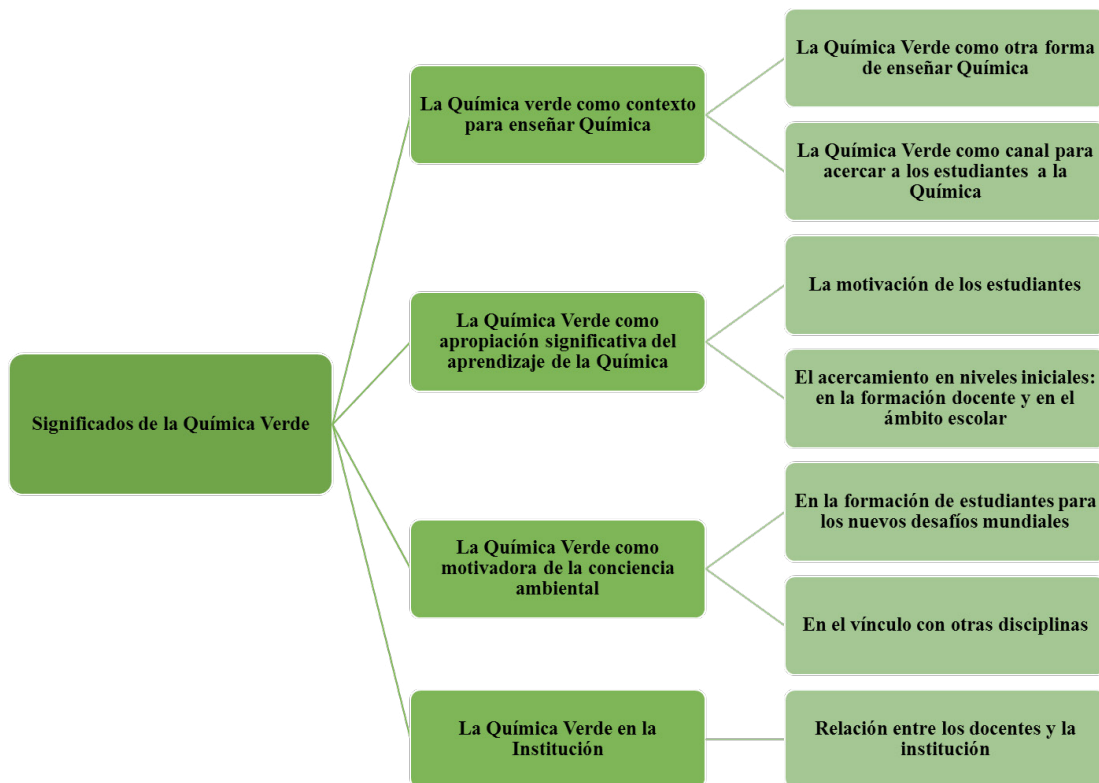
## Referencias bibliográficas

- Aduriz-Bravo, A. (2005). Hacia una didáctica de las ciencias experimentales basada en modelos. *Segundo Congreso Internacional de Didáctica*.
- Aleixandre, M. (1997). *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. ALAMBIQUE.
- Anastas, P. & Kirchoff, M. (2002). Origins, Currents Status, and Future Challenges of Green Chemistry. *Accounts of Chemical Research*, 35, 686-694.
- Anastas, P. & Warner, J. (1998). *Green Chemistry. Theory and practice*. Oxford: Oxford University Press.
- Anastas, P. & Warner, J. (2000). *Green Chemistry: Theory and Practice*. Estados Unidos: Oxford.
- Anastas, P. & Williamson, T. (1996). Green Chemistry: An Overview. In *Green Chemistry: Design Chemistry for the Environment*. Washington, DC: ACS Symposium Series 626.
- Andraos, J. (2011). A Database Tool for Process Chemists and Chemical Engineers to Gauge the Material and Synthetic Efficiencies of Synthesis Plans to Industrially Important Targets. *Pure Appl. Chem*, 83, 1362-1378.
- Beyond Benning. (2014). <http://www.beyondbenning.org/about.html>
- Bourne, R. & Poliakoff, M. (2011). Green Chemistry: what is the way forward? *Mendeleev Commun*, 21(5), 235-238.
- Clark, J., Hunt, A. & Summerton, L. (2009). *Green Chemistry for postgraduates*. Educación Química.
- Dunn, P. (2012). The importance of Green Chemistry in Process research and Development. *Chem. Soc.Rev*, 41, 1452-1461.
- Eggleston, J. (1992). *Teaching design and Technology*. Buckingham: Open University Press.
- Fernades de Goes, L., Henrique Leal, S., Corio, P. & Fernandez, C. (2013). Aspecto do conhecimento pedagógico do conteúdo de química verde em professores universitarios de química. *Edu. quím.*, 113-123.
- García, E., González, J., López, A., Luján, J., Gordillo, M., Osorio, C. & Valdés, C. (2001). *Ciencia, Tecnología y Sociedad: Una aproximación conceptual*. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI).
- Gimeno Sacristan, J., & Pérez Gomez, A. (1992). *Comprender y transformar la enseñanza*. Morata.
- Izquierdo, M. (2003). Un nuevo enfoque de la Enseñanza de la Química: Contextualizar y Modelizar. *Anales de La Asociación Química Argentina*.
- Lemke, J. (1997). *Aprender a hablar ciencias. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: PAIDOS.
- Macedo, B., Katzkowicz, R. & Quintanilla, M. (2006). *La educación de los derechos humanos desde una visión naturalizada de la ciencia y su enseñanza: aportes para la formación ciudadana. Construyendo ciudadanía*

- a través de la educación científica*. Santiago: UNESCO.
- Meinardi, E. (2010). *Educación en Ciencias*. Buenos Aires: PAIDOS.
- Meinardi, E., Revel-Chion, A. & González, E. (1998). *Teoría y práctica de la educación ambiental*. Buenos Aires, Argentina: AIQUE.
- Mestres, R. (2010). A brief structured view of Green Chemistry: Principles and Practice. *Chemical Society Reviews*, 301-312.
- Mestres, R. (2011). *Química Sostenible*. Madrid: Síntesis.
- MINEDUC. (2014). *Ministerio de Educación de Chile*. Recuperado de <http://www.curriculumenlineamineduc.cl/605/w3-channel.html>.
- Moreira, M. (1994). Cambio conceptual : crítica a modelos actuales y una propuesta a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Science and Mathematics Educations for the 21 st Century: Towards Innovatory Approaches*. Concepción.
- Mucchielli, A. (2001). *Diccionario de métodos cualitativos en ciencias humanas y sociales*. SINTESIS.
- REDQS. (2014). *Red Española de Química Sostenible*. Recuperado de: <Http://redqs.s43eatj.com/redqs/presentacion/es/mision.jsp>
- Taylor, S. & Bogdan, R. (1994). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación: La búsqueda de significados*. Barcelona: Paidós .
- Winterton, N. (2001). *Green Chem*, 3, 73-75.



## ANEXO 1



## ANEXO 2

Citas obtenidas del grupo focal y de las entrevistas en profundidad realizadas.

Cita 1.

*"...Para mí la ciencia es eso, es algo tan abstracto, que uno tiene que buscar la estrategia para que sea algo más concreto o aterrizado a los alumnos, para que ellos puedan entender que está actividad está en todo el que hacer (...)" E.Nº1, 5*

Cita 2.

*"...Con Química siempre me ha costado más integrarlo con las cosas diarias, habituales (...)" GF Nº1, 3*

Cita 3.

*"...Nos obliga a mirar cómo estamos haciendo nuestras clases, y sabes que como es como, no inventar lo que se hará, sino que tomar lo que hay y darle una vuelta que no le habíamos dado, porque mira, hay varios laboratorios que yo conocía, por ejemplo la de los huevos y la desnaturalización de la proteína, pero jamás me puse a pensar qué energía es la más eficiente, si no que siempre preocupada que se entienda la desnaturalización, no para qué lo hacemos, podríamos hacerlo de otra manera, y eso va a hacer cambios no solo en los estudiantes, sino que en nosotros también, nos obliga a cuestionar nuestras prácticas (...)" Eº2, 7*

Cita 4.

*"...Una química que cuida lo que se pueda generar, o no se...producir. También, la comprendo como una química que se preocupa de los procesos limpios, como...o no dañinos, o sea que la manera de producir... produzca solamente lo que queremos y no sus derivados (...)" E.Nº2,4*

Cita 5.

*"...Creo que soy capaz de presentarle a mis alumnos Química Verde, cuales son los principios y de hecho, creo que a pesar que estamos en un sector vulnerable, en donde los chiquillos tienen una, primero baja autoestima, tienen pocas expectativas, uno sí es capaz de poder enseñar cosas que son un poquito más complejas y llevar estos principios de Química Verde hacia el aula y que los muchachos vayan apropiándose también de ellos y que le den sentido a la Química (...)" E. Nº1,*

Cita 6.

*"...Nosotros, los profesores tenemos que estar muy preparados, porque lograr empaparse de todo esto, es difícil, no por la química, sino por las formas que tiene la misma Química Verde, que nos hacen pensar, y de alguna manera nos obliga a mirar cómo estamos haciendo nuestras clases (...)" E.Nº2, 7*

Cita 7

*"...Creo que también aparte de dar este enfoque de docentes de aula de colegio, creo que también hay que empezarse a buscar a nivel de formación de los profesores. Creo que de ahí la tarea creo que empezaría a ser más sencilla (...)" E.Nº1, 12*

Cita 8.

*"...Lo de la bajada a los alumnos va a ser más fácil, de acuerdo a lo que decía ella. Si desde chiquititos uno le tiene continuidad, como lo del reciclaje, no puede llegar a primero medio y páh, como de sopetón y como que ah... primero y segundo medio me quedó clarísimo y lo adopté para toda la vida. En cambio sí lo traen desde chiquititos es más aceptable... segundo es muy difícil que logre es cambie de visión sino lo traen desde chiquititos, entonces no sirve sólo primero y segundo, tiene que ser de abajo hacia arriba y así va a ser más fácil sino no se va a poder (...)" GF. Nº1, 40*

Cita 9.

*"...Como con conciencia ambiental, o no sé para hacer conciencia que la entiendo como una química que está preocupada o piensa antes que lo que pueda ocurrir (...)" E. Nº2, 3*

Cita 10.

*"...Los cambios en la educación son muy lentos pero no tenemos 100 años disponibles para formar a una persona con conciencia ambiental, tiene que ser de aquí a una década (...)" GF. Nº1, 49*

Cita 11.

*"...Se necesita que los establecimientos se comprometan, porque no se puede ir contra la corriente, porque de todas maneras hay temas de la Química Verde que son transversales, entonces, no solo con la*



*dirección es necesario contar, sino que con los otros colegas, me refiero a los profesores de física, matemática y biología, porque igual química conversa con las otras asignaturas (...)" E, N°2, 11*

Cita 12.

*"...Entonces tenemos toda esa presión de tener las notas, yo como profesara de química y biología, que tengo dos horas a la semana, claro me piden cuatro notas, pero las notas yo las tengo que tener y uno como profesor también sabe que la nota no la tiene porque inventar o poner una nota sumativa. Entonces todas esas presiones no es del curso sino que son mías (...)" GF. N°1, 12*

Cita 13.

*"...Yo estaba pensando en la implementación, ehh...sobre todo que nosotros trabajamos a nivel fundacional, entonces trabajamos con un modelo estandarizado para todos los colegios y nos movemos con base a planificaciones comunes que ya están instauradas y que en general uno las toma y las adapta según la realidad de su colegio y esas planificaciones obviamente, están con el plan común, con el que se entrega el Ministerio (...)" GF N°1, 5.*

Cita 14.

*"...Pensando en eso, para que funciones es necesario que o nos den libertad de usarla en nuestras clases, o que lo que se programe para todo la fundación permita algo de libertad, porque tal y como está, como que habría que pedir permiso para cambiar algo (...)" E.N°2, 13*

Cita 15.

*"...Si hicimos este curso, y todos están informados que hemos estado en este curso, es porque lo podemos usar, y la verdad es que lo usaré, igual sé que causará conflicto, porque si no se siguen los protocolos que no llegan desde la coordinación de Ciencias Naturales, se pueden tener problemas (...)" E.N°1, 13*

Citas 16 y 17.

*"...Independientemente que esto se implemente en la fundación o no se implemente mi enfoque ya va estar, yo creo que sí es positivo, o sea, en mi clase, se haga o no se haga, el enfoque igual yo lo voy hacer, porque creo que ya lo estoy haciendo también, a lo mejor no tan estructurado pero ya estoy integrando el enfoque de la Química Verde (...)" GF. N°1, 8*

*"...Yo igual se los pasé e hice la clase en relación a lo que nosotros habíamos visto de Química Verde y el enlace químico y orgánica por lo menos una clase se las traté como de enfocar hacia esa parte (...)" GF. N°1, 42*

Cita 18.

*"...Sin embargo, claro, hay actividades que nos han demostrado que se pueden hacer fácilmente no necesariamente en un laboratorio, pero por ejemplo nosotros tenemos que estar peleando las salas, si ella tiene que tomar prueba, su sala es el laboratorio entonces tiene que tomar prueba en mi sala (...)" GF. N°1, 16*