



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE QUÍMICA



**TESIS DE POSTULACIÓN AL TÍTULO DE MAGÍSTER EN
QUÍMICA, OPCIÓN EDUCACIÓN QUÍMICA**

**“Introducción de conceptos de Química
Verde en Educación Secundaria:
ventajas y desafíos”**

Pedro Casullo

DIRECTORA ACADÉMICA:

Doctora Pilar Menéndez

DIRECTOR DE TESIS:

Doctor David González

COORDIRECTOR DE EDUCACIÓN:

Magíster Eduardo Fiore

Tabla de contenidos

Agradecimientos.....	8
Tabla de abreviaturas.....	10
Resumen.....	11
1. Introducción.....	13
2. Fundamentación: conceptualización del enfoque disciplinar y didáctico de la Química Verde.....	23
2.1. Fundamentación disciplinar: Química Verde.....	23
2.1.1. Definición y 12 principios.....	23
2.1.2. Algunos ejemplos concretos de aplicación de los Principios de Química Verde.....	25
2.1.3. Química Verde en el Uruguay.....	37
2.1.4. Química Verde y Desarrollo Sustentable.....	40
2.2. Fundamentación didáctica: Química Verde y Educación.....	43
2.2.1. Enseñanza de Química Verde en el Uruguay.....	45
2.2.2. Educación en temas afines a la Química Verde en el diseño curricular del Consejo de Educación Inicial y Primaria y del Consejo de Educación Secundaria.....	47
2.2.3. Educación en Química Verde y enfoque CTSA.....	51
2.2.4. Educación en Química Verde e Inteligencia Ecológica.....	52
2.3. Marco metodológico	56
2.3.1. La investigación – acción.....	56
2.3.2. La investigación cualitativa.....	59
2.3.2.1. Entrevistas cualitativas.....	60
2.3.3. La investigación cuantitativa.....	61
2.3.3.1. La encuesta.....	63
3. Planteo del problema a investigar.....	65
3.1. Objetivos de la investigación.....	65
3.2. Preguntas disparadoras.....	65
3.3. Preguntas problema.....	71
3.3.1. Introducir Química verde en la Educación Secundaria, ¿tiene una influencia favorable en las actitudes e interés de los estudiantes (y futuros ciudadanos) con respecto a los problemas ambientales?.....	71

3.3.2. La introducción de conceptos de Química Verde en Educación Secundaria, ¿tiene una influencia favorable en la motivación y el aprendizaje de la asignatura?.....	72
4. Resultados de la investigación.....	74
4.1. Entrevista a experto.....	76
4.2. Entrevista a los docentes.....	94
4.3. Encuestas a estudiantes.....	125
4.4. Entrevistas a los estudiantes.....	168
5. Conclusiones.....	183
6. Proyecciones.....	192
7. Bibliografía.....	195

Anexo I Pautas para entrevistas

Anexo II Formularios de encuestas

Anexo III: Entrevista a experto

Anexo IV: Entrevistas a docentes

Anexo V: Entrevistas a estudiantes

Anexo VI Fichas de trabajo utilizadas en el curso

Anexo VII Diseño de una actividad experimental para educación media aplicando los principios de la Química Verde – Artículo publicado

Anexo VIII: Effect of Free Fatty Acids on the Efficiency of the Supercritical Ethanolysis of Vegetable Oils from Different Origins – Artículo publicado.

Anexo IX: Química Verde: Metas, Desafíos y Formas de Contribuir a su Desarrollo desde la Enseñanza Media – Artículo publicado

Tabla de gráficos:

Figura 1: Síntesis antigua del ibuprofeno.....	32
Figura 2: Síntesis del ibuprofeno propuesta por BHC.....	33
Tabla 1 (a): Temas surgidos en las entrevistas a los docentes.....	122
Tabla 1 (b): Temas surgidos en las entrevistas a los docentes.....	123
Tabla 1 (c): Temas surgidos en las entrevistas a los docentes.....	124
Tabla 2: Porcentaje de estudiantes que dan su opinión sobre la contaminación.....	133
Gráfico 1: Comparación en ambas encuestas de la importancia asignada por los estudiantes al tema contaminación.....	133
Tabla 3: Materiales, objetos o sustancias, que los estudiantes consideran contaminantes en cada una de las encuestas.....	135
Tabla 4: Problemas que provoca la contaminación, según las dos encuestas realizadas a los estudiantes	138
Tabla 5: Quiénes deberían solucionar los problemas de contaminación, según las dos encuestas realizadas a los estudiantes.....	142
Gráfico 2: Porcentaje de quiénes deberían solucionar los problemas de contaminación, según la cantidad de opciones.....	142
Gráfico 3: Porcentaje de quiénes deberían solucionar los problemas de contaminación, según la cantidad de encuestados.....	143
Tabla 6: Acciones que los estudiantes consideran que deberían realizarse para disminuir la contaminación, según ambas encuestas.....	145
Tabla 7: Acciones que los estudiantes realizan para disminuir la contaminación, declaradas en ambas encuestas.....	148

Tabla 8: Reconocimiento de personas o instituciones que trabajen para prevenir la contaminación según ambas encuestas a los estudiantes.....	149
Tabla 9: Importancia atribuida por los estudiantes al uso adecuado de la energía, en ambas encuestas	150
Gráfico 4: Importancia atribuida por los estudiantes al uso adecuado de la energía, en ambas encuestas.....	150
Tabla 10: Quiénes esperan los estudiantes que solucionen los problemas de energía, según los estudiantes en ambas encuestas (todas las opciones).....	151
Gráfico 5: Quiénes esperan los estudiantes que solucionen los problemas de energía, según los estudiantes en ambas encuestas (todas las opciones).....	151
Gráfico 6: Quiénes esperan los estudiantes que solucionen los problemas de energía, según los estudiantes en ambas encuestas	152
Tabla 11: Quiénes esperan los estudiantes que solucionen los problemas de energía, según los estudiantes en ambas encuestas	152
Tabla12: Acciones que deberían realizarse para solucionar los problemas de energía, según las dos encuestas a los estudiantes.....	154
Tabla 13: Acciones que los estudiantes realizan para ahorrar energía, según ambas encuestas.....	156
Tabla 14: Personas o instituciones que los estudiantes reconocen que ahorren energía según ambas encuestas.....	157
Tabla 15: Imagen de los estudiantes sobre la Química, según ambas encuestas.....	158
Gráfico 7: Imagen de los estudiantes sobre la relación entre la Química y la contaminación, según ambas encuestas.....	158
Tabla 16: Dicotomía calidad de vida contaminación, según las dos encuestas a los estudiantes.....	159

Gráfico 8: Dicotomía calidad de vida contaminación, según las dos encuestas a los estudiantes.....	160
Tabla 17: Grado de acuerdo de los estudiantes con una Química menos contaminantes según ambas encuestas.....	161
Gráfico 9: Grado de acuerdo de los estudiantes con una Química menos contaminantes según ambas encuestas.....	162
Tabla 18: Conocimiento por parte de los estudiantes del concepto de Química Verde, según la primera encuesta.....	162
Gráfico 10: Conocimiento por parte de los estudiantes del concepto de Química Verde, según la primera encuesta.....	162
Tabla 19: Interés de los estudiantes por los contenidos de Química Verde, según la segunda encuesta.....	163
Gráfico 11: Interés de los estudiantes por los contenidos de Química Verde, según la segunda encuesta.....	163
Tabla 20: Dificultad atribuida por los estudiantes a los contenidos de Química Verde, según la segunda encuesta	164
Gráfico 12: Dificultad atribuida por los estudiantes a los Contenidos de Química Verde, según la segunda encuesta.....	164
Tabla 21: Grado de acuerdo de los estudiantes con que los contenidos de Química verde se trabajen en todos los cursos de Química, según la segunda encuesta.....	165
Gráfico 13: Grado de acuerdo de los estudiantes con que los contenidos de Química verde se trabajen en todos los cursos de Química, según la segunda encuesta.....	165
Tabla 22: Concepto de Química Verde manifestado por los estudiantes, según la segunda encuesta	166

Gráfico 14: Concepto de Química Verde manifestado por los estudiantes según la segunda encuesta.....	166
Tabla 23: Temas surgidos en las entrevistas a los estudiantes.....	172

Agradecimientos

En primer lugar quisiera agradecer a todos los que son y han sido mis estudiantes, en todos los años que llevo como docente. Son el motor que me impulsa a buscar nuevas estrategias para llegar a ellos, a veces acertadamente y otras no tanto. Y en especial a aquellos estudiantes que estuvieron dispuestos a participar en la propuesta que dio origen a este trabajo.

En segundo lugar quiero agradecer a todas aquellas personas que me apoyaron, cuando recién empezaba a gestarse la idea. En especial a mi esposa Mariela que me impulsó a realizarlo, a la profesora Andrea Ortega, mi amiga de hace años, que me orientó en los pasos a seguir, y se mantuvo como referente durante todo el proceso; y a la profesora Graciela Mantiñán, cuya experiencia y apoyo fueron el impulso inicial para comenzar.

En tercer lugar en orden cronológico, pero primero en importancia, a los doctores David González y Pilar Menéndez, mis directores en la parte académica, que no solo me brindaron una permanente orientación en la parte técnica, con una dedicación mas allá de lo esperado y observaciones constructivas y afables, sino también un apoyo personal y afectivo. Igualmente al magíster Eduardo Fiore, mi director en la parte de educación, que me orientó de forma totalmente comprometida, en la fundamentación didáctica y en la organización del presente trabajo. Su apoyo, observaciones y consejos me permitieron concretarlo.

De la misma forma, quiero agradecer al doctor Patrick Moyna, que me orientó antes de comenzar el trabajo, y permaneció como un referente constante durante todas las etapas del mismo.

Una referencia muy especial quiero hacer a los equipos de trabajo de los lugares donde realicé mis pasantías: el Laboratorio de Biocatálisis y Biotransformaciones y el Laboratorio de Grasas y aceites de la Facultad de Química. De este último quiero destacar a los doctores Ignacio Vieitez e Iván Jachmanián, que no solo me apoyaron de forma invaluable en mi formación académica, sino que recibí un tratamiento humano que va mucho más allá de lo profesional específico.

Otra mención especial merecen los docentes que colaboraron de forma totalmente abierta y desinteresada, los profesores Natalia Aschero, Gustavo Bentancur, Silvana Flecchia, Ernesto Illarce, Andrea Ortega y María Quilez.

De la misma manera quiero agradecer a la magíster Emy Soubirón, que no solo me asesoró previo al comienzo del trabajo, sino que se mantuvo como referente durante el mismo y compartió su experiencia y conocimiento profesional.

Quiero agradecer de forma muy especial a mi familia, por todo el tiempo que les quité a estar con ellos, mientras estaba involucrado en este trabajo, y por el apoyo que cada uno me dio a su manera. Reitero el apoyo incondicional de mi esposa, que permanentemente me impulsaba en los momentos de duda, me ayudaba en la organización del trabajo, y sobre todo me apoyaba afectivamente. A Sebastián, mi hijo, que siempre se mostró comprensivo cuando no podía ir a verlo por estar involucrado en esta tarea, e incluso me sugería ideas sobre la misma. A mi padre, Gilberto, que yo sé que se alegra con este logro. Y muy especialmente a mi madre, María Elida, que no está físicamente, pero sí espiritualmente. Yo sé que, desde su lugar está muy feliz por esto y está incidiendo para que salga adelante.

A cada uno de los amigos y colegas con los que conversé y me apoyaron para seguir adelante.

Y por último, aunque no suene muy académico, quiero agradecer a ese Dios, en el que yo creo profundamente, aunque no sepa muy bien quién es, que interacciona permanentemente en nuestro camino para que las cosas sean como son.

Tabla de abreviaturas

ACS	American Chemical Society
ACV	Análisis del Ciclo Vital
ALUR	Alcoholes del Uruguay
ANCAP	Administración Nacional de Combustibles Alcohol y Portland
ANEP	Administración Nacional de Educación Pública
ASTM	American Society for Testing and Material
CFE	Consejo de Formación en Educación.
CES	Consejo de Educación Secundaria
CMMAD	Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo
CONAPROLE	Cooperativa Nacional de Productores de Leche
COVs	Compuestos Orgánicos Volátiles
CTS	Ciencia Tecnología y Sociedad
CTSA	Ciencia Tecnología Sociedad y Ambiente
CV	Chronic Value
EA	Educación Ambiental
EPA	Environmental Protection Agency
DDT	Diclorofeniltricloroetano
DINAMA	Dirección Nacional de Medio Ambiente
LBB	Laboratorio de Biocatálisis y Biotransformaciones
min	Minutos
mL	Mililitros
MPa	Megapascuales
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OPPT	Office for Polution Prevention and Toxics
OSE	Obras sanitarias del Estado
PC	Pensamiento Crítico
PNEUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
Q.V.	Química Verde
UDELAR	Universidad de la República
UNESCO	United Nations Educational, Cientific and Cultural Orgatization
UTE	Usinas Telefónicas del Estado
UTU	Universidad del Trabajo del Uruguay

Resumen

El presente trabajo de investigación educativa se enmarca, desde un punto de vista didáctico, en una perspectiva de enseñanza de las ciencias con un enfoque CTSA (Ciencia Tecnología Sociedad y Ambiente). Para ello se apoya en el enfoque disciplinar de la Química Verde, tomando de ella sus principios, y en especial el principio de prevención, para fundamentar una visión positiva, humanista y ecológica, que favorezca la inversión de la imagen negativa, que según diversos autores, suele tener la Química para los estudiantes y para la sociedad en general.

Esta propuesta pretende ser una respuesta al llamado que realiza la UNESCO a los educadores, al plantear la Declaración de Década de la Educación para un Futuro Sostenible.

En primer lugar, se realiza una conceptualización de los enfoques teóricos didácticos y disciplinar, que se fundamentan a través de una revisión de diversos autores que han investigado sobre el tema. La conceptualización a nivel disciplinar, es ampliada con una entrevista a un investigador experto en Química Verde.

Posteriormente, se analiza la conveniencia o no de la inserción de contenidos de Química Verde en un curso de educación media. Dicho análisis se realiza a través de un estudio exploratorio:

- Por un lado a partir de entrevistas a docentes de Química de Liceos del Consejo de Educación Secundaria (CES), seleccionados intencionalmente para conocer e indagar la percepción de los mismos y su posicionamiento frente al tema Química Verde.
- Asimismo se realiza una experiencia de trabajo en el aula. Esta última se enmarca en una perspectiva de investigación – acción, por lo cual hay que aclarar que los resultados que de ella se obtienen solo son válidos en el contexto en que se realizó dicho trabajo y no son extrapolables directamente a otras situaciones solo indican tendencias relevadas en la situación de trabajo, y que podrían ser evaluadas en otras situaciones para alcanzar un mayor grado de generalización. En esta experiencia de aula, se trabajaron conceptos de Química Verde en forma transversal a los contenidos tradicionales de Química, establecidos por el programa

de primer año de bachillerato diversificado del CES. Al comienzo del curso se procuró establecer, mediante una encuesta, cuáles son los conocimientos, ideas y actitudes de los estudiantes frente a los temas ambientales. Durante el curso se realiza una observación de las actitudes respecto al cuidado del ambiente por parte de los estudiantes. Y al final del mismo se vuelve a aplicar una encuesta para estudiar posibles cambios en sus conocimientos, ideas y actitudes. Esto es profundizado en forma cualitativa a través de entrevistas puntuales con cuatro estudiantes que formaron parte de la experiencia.

1. Introducción

Desde su origen el hombre estuvo vinculado a los procesos químicos. Uno de los primeros avances que lo diferenciaron de las otras especies animales, fue el uso del fuego. A partir de este, descubrió otro proceso químico: la cocción de los alimentos. A esto le siguió el descubrimiento de la fermentación y su aprovechamiento para leudar el pan y para obtener bebidas alcohólicas. El uso de estos primeros procesos químicos fue totalmente inconsciente. Sin embargo el gran desarrollo de la Química como ciencia surge a partir de la Revolución Industrial (Asimov, 1999) (Bensaude y Stengers, 1997). Las grandes industrias surgen y crecen gracias a los descubrimientos químicos, físicos y posteriormente biológicos... A su vez el progreso industrial estimula la investigación y el surgimiento de dichos descubrimientos.

A partir de los avances tecnológicos y científicos que se producen desde esa época hasta la actual, la población humana ha ido creciendo. Se estima que la población mundial en 1750 era de 750 a 850 millones de personas (Cipolla, 2000). En el año 2013, dicha población supera los 7000 millones. Este crecimiento se ha producido debido a la interacción de diversos factores: la abundancia de alimentos, el combate de diversas enfermedades infecciosas a través del uso de antibióticos y el uso de agua potable (Belloso, 2009). Estos avances han sido logrados, gracias a las investigaciones químicas y biológicas, entre otras, llevadas adelante. Paralelamente a este aumento de la población, ha crecido también la demanda de materia prima. Esto se explica en parte debido al crecimiento de población ya mencionado, pero también a causa del surgimiento de la llamada sociedad de consumo. La misma surge a expensas del aumento de la producción originado por la revolución industrial. La producción masiva de bienes requirió una mayor demanda. Así se invirtió un orden en el cual las necesidades humanas reclamaban

la producción de determinados bienes para ser consumidos, por otro orden en el cual ante la abundancia de producción, se generan necesidades mediante la publicidad y el marketing para incentivar un mayor consumo. (Castillo, 2006). En la misma línea de razonamiento Leonard afirma:

Con la “inteligencia tecnológica de la Revolución Industrial –el pasaje desde los bienes artesanales a la producción masiva en línea de montaje, impulsada por motores a vapor-, los países industrializados se volvieron mucho más eficaces en la producción de cosas. En 1913 un trabajador necesitaba 12,5 horas para fabricar un chasis de automóvil; hacia 1914, la misma tarea llevaba 1,5 horas. El costo de producir una fuente de computadora de un megabits ascendía a unos 20 mil dólares en 1970, hacia 2001 había bajado a dos centavos de dólar. Con este incremento de la productividad, las sociedades industrializadas enfrentaron una elección: seguir produciendo aproximadamente la misma cantidad de cosas que producían antes, trabajando mucho menos, o bien trabajar la misma cantidad de horas que antes y continuar incrementando la producción tanto como fuera posible. ... eligieron la segunda alternativa: seguir produciendo “bienes” en serie trabajando tiempo completo, mantener el ritmo frenético de una economía en perpetua expansión.” (Leonard, 2010:216).

Esta demanda de artículos ha llevado consigo al crecimiento de las industrias en general, y de la Industria Química en particular. (Leonard, 2010). El crecimiento de la industria está alterando la biosfera de diversas maneras que van siendo puestas en evidencia por distintas investigaciones. Algunas de estas

alteraciones son la disminución de ozono estratosférico, la lluvia ácida y el efecto invernadero (Gil y cols. 2009).

Estas alteraciones se han ido acentuando cada vez más, llamando la atención de los científicos para buscar soluciones. La búsqueda de estas soluciones, junto con el deseo de no perder los logros alcanzados en la mejora de la salud, la supervivencia y la calidad de vida, han llevado al surgimiento de un nuevo concepto: el Desarrollo Sustentable. Al respecto Cardenas afirma:

...en los noventa se plantea el modelo del “Desarrollo Sustentable” como la opción para abordar simultáneamente los desafíos que enfrentan los asentamientos humanos a fines del siglo XX, a saber: los flagelos de la pobreza y la destrucción sostenida del medioambiente y el crecimiento económico... se acuña oficialmente el término “Sustainable Development” en 1987, en el informe Our Common Future, realizado por la Comisión Mundial sobre Desarrollo y Medioambiente, conocido como la Comisión Brundland. La comisión define el término como: ...”satisfacer las necesidades de la presente generación sin comprometer la habilidad de futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades... (Cardenas, 1998:6).

El surgimiento de esta preocupación por el cuidado del ambiente, dio origen a diversas declaraciones y acuerdos internacionales. Entre otros: creación del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNEUMA) en 1972, el Protocolo de Montreal en 1987, la Conferencia de Río en 1992, el Protocolo de Kioto en 1997 y el Convenio de Estocolmo en 2001. Una lista más completa y con detalles, se puede encontrar en la página web <http://www.dsostenible.com.ar/acuerdos/index.html>, consultada 08/08/2013.

Así como mucho de los logros tecnológicos que han permitido el crecimiento de esta sociedad desarrollada, se deben a las investigaciones en Química y a la Industria Química, también los problemas antes mencionados son producidos por la Química como ciencia y como tecnología (Manahan, 2007). Esto ha ido generando en la sociedad una imagen negativa de la Química como ciencia (Galagovsky, 2005), al punto de que algunas publicidades hablan de que sus productos no contienen “químicos” o “sustancias artificiales” como sinónimo de que son saludables, sin tener en cuenta que existen muchísimas sustancias naturales, perjudiciales para la salud (venenos de plantas y animales por ejemplo), y que gracias a diversas sustancias artificiales, se salvan todos los días miles de vidas, y se mejora la calidad de muchas más.

La comprensión de su parte de responsabilidad, ante los problemas de contaminación, por parte de algunos científicos de esta disciplina, así como la mala imagen que ésta estaba tomando, llevó a que surgieran investigaciones orientadas a buscar formas alternativas para obtener las mismas sustancias u otras, que cumplieran las mismas funciones, pero contaminando menos. (Anastas y Warner, 2000). En 1990 el gobierno de Estados Unidos de América (EUA) firma el Acta Para la Prevención de la Contaminación, que establece la reducción de la producción de contaminantes como prioridad para solucionar los problemas ambientales.(Camacho, 2008). Además, el Código de Conducta de la American Chemical Society (ACS) establecía que: *“Los químicos tienen como responsabilidad profesional servir al interés público, al bienestar y al avance del conocimiento científico, preocuparse de la salud y el bienestar de sus compañeros, consumidores y la comunidad, comprender y anticiparse a las consecuencias medioambientales de su trabajo, evitar la polución y de proteger el medioambiente.”* (Cedeño, 2009:133).

En 1990 la Environmental Protection Agency (EPA) de EUA elabora un Acta de Prevención de la Contaminación. Una oficina perteneciente a esta agencia estadounidense, la Office for Pollution Prevention and Toxics (OPPT) promueve la síntesis de nuevos productos químicos, menos peligrosos para el ser humano y el ambiente. (García y Dobado, 2008)

En 1998 Paul Anastas, que se encontraba trabajando para la EPA, junto con John Warner, publican un libro en el cuál definen la Química Verde (Green Chemistry en inglés) y establecen doce principios que deben seguir la industria y la investigación Química, para evitar o atenuar los efectos contaminantes de esta disciplina científica.(Cedeño, 2009). Paralelamente a esto, el gobierno de los EUA, había establecido desde 1996 el “Certamen Presidencial sobre Química Verde” (Presidential Green Chemistry Challenge) que otorga anualmente cinco premios clasificados en las siguientes categorías:

- 1) *Investigaciones del mundo académico en algunas áreas prioritarias. (Dichas áreas son: “rutas sintéticas alternativas”, “condiciones de reacción alternativas” y “diseño de compuestos químicos más seguros”.*
- 2) *Proyectos de Química sostenible desarrollados por pequeñas y medianas empresas.*
- 3) *Procedimientos sintéticos alternativos.*
- 4) *Condiciones de reacción alternativos.*
- 5) *Diseño de compuestos químicos más seguros. (García y Dobado. 2008:207).*

Desde que se empezó a tener conciencia de la responsabilidad humana ante las alteraciones que se están produciendo en la biosfera, se hizo evidente la importancia del papel que le cabe a la educación para cambiar aquellas actitudes que repercuten de forma negativa sobre la misma. Ya en la

llamada Declaración de Estocolmo de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en 1972, en su Principio 19 establecía:

Es indispensable una labor de educación en cuestiones ambientales, dirigida tanto a las generaciones jóvenes como a los adultos y que presente la debida atención al sector de población menos privilegiado, para ensanchar las bases de una opinión pública bien informada y de una conducta de los individuos, de las empresas y de las colectividades inspirada en el sentido de su responsabilidad en cuanto a la protección y mejoramiento del medio en toda su dimensión humana. Es también esencial que los medios de comunicación de masas eviten contribuir al deterioro del medio humano y difundan, por el contrario, información de carácter educativo sobre la necesidad de protegerlo y mejorarlo, a fin de que el hombre pueda desarrollarse en todos los aspectos. (ONU, 1972:3).

Posteriormente a esta mención, se realizaron diversas instancias, apuntando al cumplimiento de estos objetivos: el Seminario de Belgrado en 1975 (UNESCO, 1975) y la Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental realizada en Tbilisi, Georgia, en 1977, por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO por su sigla en inglés) y la PNEUMA (UNESCO). Más recientemente y con vigencia actual, la ONU ha declarado la Década de la Educación para un Futuro Sostenible. (ONU, 2003). Dicha Década abarca desde el año 2005 al 2014. Esta declaración implica:

un llamamiento a los educadores de todas áreas y niveles, tanto de la educación formal (desde la Escuela Primaria a la Universidad) como informal (museos,

exposiciones...), a formar ciudadanas y ciudadanos conscientes de los problemas socioambientales a los que se enfrenta hoy la humanidad y preparados para participar en la toma de decisiones fundamentadas para hacerles frente". (Gil y cols., 2009:5).

Tomando en cuenta lo antes mencionado respecto a la incidencia de la Química como ciencia y como industria, tanto en la creación de los problemas ambientales surgidos hasta el presente, como en las posibles soluciones de los mismos, y la prevención de problemas futuros; los profesores de Química tienen especial responsabilidad ante el llamado realizado por la ONU en la Declaración de la Década de la Educación para un Futuro Sostenible.

En el presente trabajo, se considera que la Química Verde en sí, encierra un potencial en cuanto a su enseñanza, al incluir en su definición y principios, la prevención de la contaminación como uno de sus conceptos centrales. La Química Verde parte de una responsabilidad ética del científico. Anastas y Warner en el prólogo de su obra, hacen referencia a los conocimientos que tiene el químico, y la responsabilidad que éste tiene al hacer uso de los mismos, pues de sus decisiones depende que este uso redunde en beneficio de la vida humana y de los demás seres, o en su destrucción. (Anastas y Warner, 2000). Sin embargo, la prevención de la contaminación tomada en un sentido amplio, no solo implica a los científicos sino a todos los ciudadanos. Todos los días, cada persona toma decisiones que repercuten de una forma positiva o negativa sobre la contaminación del ambiente. Si todos los ciudadanos toman dichas decisiones a conciencia y optando por aquellas que menos contaminen, están previniendo dicha contaminación. La conciencia y los conocimientos requeridos por los ciudadanos para tomar decisiones acertadas, referidas a la prevención de la contaminación, implica la

necesidad de que reciban una educación que desarrolle dicha conciencia y les permita acceder a los mencionados conocimientos. Esta es uno de los cometidos de la educación en ciencias en general, y en la enseñanza de la Química en particular (Vilches y cols. 2009), (Galagovsky, 2005).

La interrogante central de esta tesis es:

La inclusión de la Química Verde dentro del currículum de Química, a nivel de Educación Secundaria, ¿puede tener un efecto favorable en los estudiantes, en cuanto al desarrollo de una conciencia responsable frente a los problemas de contaminación ambiental?

Para llegar a las posibles respuestas de esta interrogante, se han tomado en cuenta diversos factores, que incidirían en la viabilidad de esta propuesta, y se han utilizado diversas herramientas cualitativas y cuantitativas, para acercarse a dichas respuestas.

En primer lugar se realizó una entrevista a un experto en el tema, para recabar información sobre el mismo, y conocer su opinión sobre la inserción de esta temática en Educación Secundaria.

En segundo lugar se han realizado entrevistas a docentes de Educación Secundaria, para conocer su interés por la propuesta, y las posibles dificultades que ellos prevén en su aplicación.

A continuación **se empezó a trabajar con cuatro grupos de entre 16 y 20 estudiantes de Primer año de Bachillerato** de un liceo ubicado en el Departamento de Canelones, en una zona periférica a Montevideo, incluyendo como eje transversal dentro de la asignatura Química, el tema Química Verde.

- Como primera actividad, **se realizó una encuesta a los estudiantes**, para investigar sus conocimientos previos, afinidad con el tema y actitudes hacia la problemática ambiental.
- La segunda actividad, consistió en **trabajar con fichas sobre Química Verde**, en las que se planteaba brevemente su definición y sus principios, así como actividades que debían resolver los estudiantes, vinculándola con la vida cotidiana.
- A continuación y **durante todo el curso del año lectivo, se trabajaron todos los temas que específica el programa oficial, relacionándolos con la Química Verde**. Dicha vinculación se realizó de distintas formas a través de diversas fichas de trabajo, que incluyen noticias sobre aplicaciones de la Química Verde para solucionar problemas, planteo de problemas ambientales para que los estudiantes resolvieran y otras actividades de vinculación. Asimismo en todo el curso de año lectivo, **se realizó una observación participante de las actitudes de los estudiantes hacia los temas ambientales**.
- **Al finalizar el año, se aplicó una encuesta** similar a la aplicada al principio del año, para comparar resultados, y a partir de los mismos, tomar decisiones para su aplicación en años futuros.

La introducción de conceptos de Química Verde en Educación Secundaria, se enmarca en una perspectiva didáctica de Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA, la cual es una ampliación del enfoque CTS (Ciencia Tecnología y Sociedad). Según este enfoque, la educación científica actual debe incluir dentro de sus contenidos y metodología de trabajo, no solo los conceptos científicos, sino también sus aplicaciones tecnológicas y las consecuencias sociales y ambientales resultantes de la aplicación de estas tecnologías. (Martínez y cols., 2007).

Paralelamente a esto, se realizaron dos pasantías en la Facultad de Química de la Universidad de la República, en laboratorios que están realizando investigaciones en temas vinculados con la Química Verde. Una de dichas pasantías se llevó adelante en el Laboratorio de Biocatálisis y Biotransformaciones (LBB). En dicha pasantía, se diseñó y se puso a punto, una actividad experimental en la cual se obtiene jabón por hidrólisis enzimática de un aceite. El jabón se obtiene por el agregado de una base débil: el hidrógeno carbonato de sodio. De esta manera se evita utilizar hidróxido de sodio, y se trabaja a temperaturas más bajas que las que normalmente requiere la saponificación. (Casullo y cols., 2011). La segunda pasantía se realizó en el Laboratorio de Grasas y Aceites. En la misma se trabajó en la obtención de biodiesel, mediante la transesterificación de aceite con etanol. En este caso se trabajó con el etanol en estado supercrítico, distintas variedades de aceites, agregando además ácidos grasos libres, obtenidos a partir de la hidrólisis de los mismos aceites. (Vieitez y cols., 2011).

Finalmente, luego de pasado un año, se realizaron entrevistas a estudiantes que habían estado trabajando sobre la temática de Química Verde, a fin de comprobar la persistencia que han tenido los aprendizajes realizados, tanto desde un punto de vista conceptual, como procedimental y sobre todo actitudinal.

2. Fundamentación: conceptualización del enfoque disciplinar y didáctico de la Química Verde

2.1. Fundamentación disciplinar: Química Verde

2.1.1. Definición y 12 principios

La Química Verde consiste en el diseño y rediseño de procesos y productos químicos, que contribuyan a prevenir los problemas de contaminación, en lugar de provocar dichos problemas y luego buscar cómo solucionarlos. (Anastas y Warner, 2000). Para cumplir con estas consignas, Anastas y Warner proponen 12 principios. Muchos de estos principios están relacionados entre sí, tanto en su redacción como en sus aplicaciones, de tal manera que al cumplir con alguno de ellos, simultáneamente se está cumpliendo con algunos otros. A continuación se enumeran dichos principios, con una breve aclaración de cada uno, para luego plantear aplicaciones concretas de los mismos.

Principios de la Química Verde

- I. **“Prevención:** Es preferible evitar la producción de un residuo que tratar de limpiarlo una vez que se haya formado.
- II. **Economía atómica:** Los métodos de síntesis deberán diseñarse de manera que incorporen al máximo, en el producto final, todos los materiales
- III. **Uso de metodologías que generen productos con toxicidad reducida:** Siempre que sea posible, los métodos de síntesis deberán diseñarse para utilizar y generar sustancias que tengan poca o ninguna toxicidad, tanto para el hombre como para el medio ambiente.
- IV. **Generar productos eficaces pero no tóxicos:** Los productos químicos deberán ser diseñados de manera que mantengan la eficacia a la vez que reduzcan su toxicidad.
- V. **Reducir el uso de sustancias auxiliares:** Se evitará, en lo posible, el uso de sustancias que no sean imprescindibles (disolventes, reactivos para llevar a cabo separaciones, etcétera) y en el caso de que se utilicen que sean lo más inocuos posible.
- VI. **Disminuir el consumo energético:** Los requerimientos energéticos serán catalogados por su impacto medioambiental y económico, reduciéndose todo lo posible. Se intentará llevar a cabo los métodos de síntesis a temperatura y presión ambientes.
- VII. **Utilización de materias primas renovables:** La materia prima ha de ser preferiblemente renovable en vez de agotable, siempre que sea técnica y económicamente viable.
- VIII. **Evitar la derivatización innecesaria:** Se evitará en lo posible la formación de derivados (grupos de bloqueo, de protección/desprotección, modificación temporal de procesos físicos/químicos).
- IX. **Potenciación de la catálisis:** Se emplearán catalizadores (lo más selectivos posible), reutilizables en lo posible, en lugar de reactivos estequiométricos.
- X. **Generar productos biodegradables:** Los productos químicos se diseñarán de tal manera que al finalizar su función no persistan en el medio ambiente sino que se transformen en productos de degradación inocuos.
- XI. **Desarrollar metodologías analíticas para la monitorización en tiempo real:** Las metodologías analíticas serán desarrolladas posteriormente, para permitir una monitorización y control en tiempo real del proceso, previo a la formación de sustancias peligrosas.
- XII. **Minimizar el potencial de accidentes químicos:** Se elegirán las sustancias empleadas en los procesos químicos de forma que se minimice el riesgo de accidentes químicos, incluidas las emanaciones, explosiones e incendios.” (Vargas Afanador y Ruiz, 2007:30).

2.1.2. Algunos ejemplos concretos de aplicación de los Principios de Química Verde.

- **Prevención:**

Este principio, como ya se comentó, constituye el núcleo central de la Química Verde, por lo cual, su cumplimiento está presente al aplicar cualquiera de los otros: si se usan solventes menos contaminantes, si se producen menos desechos, si obtienen productos biodegradables, se está previniendo la contaminación. La enseñanza de este principio en Educación Secundaria, contribuiría a la formación de ciudadanos exigentes en la demanda de productos de consumo que cumplan con dicho principio, tanto en la producción, como en los materiales que los constituye (Goleman, 2009).

- **Economía atómica:**

Antes de plantearse la problemática ambiental, cuando un investigador químico se planteaba obtener determinado producto, buscaba directamente la forma de obtenerlo. Buscaba la forma de obtener la mayor cantidad posible, en el menor tiempo posible y al menor costo posible, pero no tomaba en cuenta el factor ambiental. Al producir un producto deseado, se producen desechos. Si estos eran valiosos, se buscaba la forma de recuperarlos para otras aplicaciones (en pocas ocasiones), si no, generalmente se vertían al ambiente. Cuando empezaron a surgir problemas ambientales, se buscó que otros científicos se dedicaran a solucionar esto, limpiando los residuos o eliminándolos mediante otras reacciones que neutralizaran sus efectos adversos. Sin embargo, la Química Verde parte de otra postura: si todos los átomos que forman los reactivos pasan a integrar el producto deseado, no habrán residuos que provoquen problemas. En este caso la economía atómica es de un 100 %. La

economía atómica habitualmente se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$E.A. = \frac{\text{masa producto deseado}}{\text{masa reactivo}} \times 100$$

Desde el punto de vista de la enseñanza, la economía atómica está relacionada con el concepto de rendimiento de una reacción, pero su alcance va más allá de éste, pues cuando se calcula el rendimiento de una reacción, se toma en cuenta solamente la relación entre la cantidad de productos obtenida y la esperada, según la relación estequiométrica, pero no se considera que entre esos productos, algunos no son los que se desean obtener, siendo esto una pérdida de materia prima no considerada.

Una de las primeras aplicaciones de este concepto, con alta repercusión en la vida cotidiana, fue la síntesis del ibuprofeno, un analgésico de uso muy difundido.

La síntesis tradicional del ibuprofeno fue desarrollada y patentada por Boots Company of England en la década de 1960. Se trata de un proceso que consta de seis etapas...Ante el costo energético y de materias primas que supone esta síntesis en seis etapas, la complejidad de los procesos de separación del ibuprofeno de los residuos del proceso así como el costo adicional del reciclado o la gestión de los residuos, la BHC Company ha desarrollado una nueva síntesis del ibuprofeno que ocurre en solamente tres etapas. En este proceso la mayoría de los átomos que constituyen los reactantes forman parte del ibuprofeno, lo que minimiza la cantidad de residuos lo que supone una mayor economía de átomos respecto al proceso tradicional. (González y Valea, 2009:50).

El nuevo método de síntesis del ibuprofeno es uno de los que obtuvo el Premio Presidencial de Química Verde, en el año 1997, otorgado por la EPA. En el antiguo método de síntesis del ibuprofeno, la economía atómica era solo de 40 %. En el nuevo método, pasa a ser de un 77 %. En esa época, la producción mundial de ibuprofeno era de 3500 toneladas. (EPA, 1997). A partir de esto, podemos deducir que por el antiguo método se producían unas 5250 toneladas de residuos, mientras que por el nuevo método se redujo a menos de 1200 toneladas. Además, una gran parte de los residuos del segundo método, se recuperan y reutilizan.

- **Disminuir la toxicidad**

El segundo y tercer principio de la Química Verde, se refieren a conseguir sustancias químicas que mantengan su utilidad, pero que a su vez no sean tóxicas. (Casullo y cols., 2011). Tradicionalmente, la Química ha tenido mucho que ver en el control de plagas, y un ejemplo es el uso del DDT (diclorofeniltricloroetano), que según la Organización Mundial de la Salud (OMS), ha contribuido a salvar millones de vidas, junto con otros insecticidas. Sin embargo, se descubrió que el DDT es tóxico para numerosas especies de peces y aves, y aun para el propio ser humano. En 1972, se prohibió su uso en Estados Unidos, pero se siguió vendiendo a otros países. (Hill y Kolb, 1999).

A partir de esta prohibición se ha buscado sustituir el DDT por otros plaguicidas igualmente efectivos, pero menos tóxicos. Uno de estos es el spinosyn, un insecticida obtenido a partir de un hongo, el *Saccharopolyspora spinosa*. (López Gresa, 2006).

El conocimiento de este principio, por parte de los estudiantes de Educación Secundaria, tiene una doble finalidad. Por una parte contribuiría, como en el caso del Principio de Prevención, a que los ciudadanos incidan sobre la industria. Pero

además, implica educar para el riesgo (Garritz, 2009). Tratar este principio en el aula implica conocer que es la toxicidad, y por lo tanto saber que el manejo de algunas sustancias implica riesgos para la salud, y la necesidad de prevenir los mismos.

- **Reducir el uso de sustancias auxiliares**

En los procesos químicos, y especialmente en Química Orgánica, uno de los problemas más importantes es el uso de solventes contaminantes. Especialmente los llamados Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs). Pero, en general, el uso de cualquier sustancia que no sea reactivo y que después dificulte su eliminación, debe ser evitada. En caso de utilizar solventes, se busca que estos sean lo menos perjudiciales posible. En este sentido, el agua es el solvente ideal. Pero no todos los reactivos son solubles en agua. Otra solución, es buscar que alguno de los reactivos actúe como solvente. Para favorecer la solubilidad, en aquellos casos que esta es muy baja, se puede trabajar con solventes en estado supercrítico. Esto se logra trabajando a altas presiones y temperaturas.

Algunos COVs son utilizados en la vida cotidiana para disolver pinturas. El conocimiento, por parte de los estudiantes, de los riesgos que implican el uso de estas sustancias, y de las alternativas a los mismos, constituye una contribución de la Enseñanza de la Química a la minimización de dichos riesgos. Este tema, además puede trabajarse en aula, como ejemplo de aplicación tecnológica de la Química, al trabajar los conceptos de solubilidad y concentración de soluciones.

Otra alternativa, en la que se trabaja desde la Química Verde, respecto al tema solventes, y atendiendo a buscar aquellos que sean más inocuos, es la utilización de líquidos iónicos. Los líquidos iónicos son sales orgánicas líquidas a temperatura y presión ambiente, pero que, por ser sales, tienen una baja presión de vapor. Desde el punto de vista de su

estructura química, normalmente son sales formadas por un catión orgánico y un anión poliatómico. (Hernández, 2008)

Los líquidos iónicos, frente a otros solventes, presentan las siguientes ventajas: tienen baja presión de vapor, son químicamente estables en rangos amplios de temperatura, tienen bajo punto de fusión, presentan mayor densidad que el agua, más viscosos que la misma, son bastante estables en procesos electroquímicos y buenos conductores eléctricos, pueden tener diferentes propiedades ácido base, dependiendo de la sal que se trate, son incoloros en estado puro. Estas propiedades hacen que sean muy versátiles en cuanto a las aplicaciones que se les pueden dar. (Casullo y cols., 2011:30).

El concepto de líquido iónico puede trabajarse en Educación Secundaria al tratar el tema sales.

- **Disminuir el consumo energético**

La mayoría de las reacciones Químicas, en la industria o en investigación, requieren energía. En muchos casos, también requieren que se trabaje a presiones por encima de las normales. Sin embargo, en los seres vivos se producen una cantidad de reacciones químicas a temperaturas relativamente cercanas a la ambiente, y a presión normal. Estas reacciones ocurren porque son catalizadas por enzimas. Una rama de la Química Verde, se ha dedicado a utilizar este tipo de reacciones, para no consumir o consumir menos energía. Además, las enzimas tienen otras ventajas. Son catalizadores sumamente eficaces, por lo que con poca cantidad, se pueden obtener gran cantidad de productos. Son completamente degradables por el ambiente. Son altamente selectivas: quimiosselectivas, actúan sobre determinado

grupo funcional, y no sobre otro; regioselectivas, actúan sobre determinado lugar de una molécula, y no sobre otro; diastereoselectiva, actúan sobre cierto diastereoisómero, y no sobre otro, enantioselectivas, actúan sobre determinado enantiómero, y no sobre su imagen especular. Se pueden utilizar en conjunto distintas enzimas, logrando reacciones diferenciadas sobre un mismo sustrato, o cadenas de reacciones sucesivas sobre dicho sustrato. Actúan generalmente en un medio acuoso (aunque pueden funcionar con otros solventes). Actúan sobre diversos sustratos artificiales, distintos de los que actúan en la naturaleza. En conjunto, actúan sobre un amplio espectro de tipos de reacciones. (Faber, 1997).

Un ejemplo concreto, es la utilización de enzimas para la producción estereoselectiva de sustancias, que son precursoras para la obtención de bloqueadores β - adrenérgicos. Los bloqueadores β - adrenérgicos, son sustancias que se utilizan frecuentemente para tratar trastornos cardíacos y psiquiátricos. Generalmente, estas sustancias se venden como mezclas racémicas por lo difícil que es separar los enantiómeros. Mediante el uso de enzimas, se ha logrado obtener solo el isómero deseado, de la materia prima de la síntesis de esta sustancia, eliminando de esta manera los problemas que implica la presencia del isómero no deseado, como los controles adicionales que deben hacerse para asegurar que no tiene efectos indeseados, y la pérdida de materia prima que implica su producción. (Bode y cols., 2009).

Saber que desde la ciencia también se trabaja para disminuir el consumo de energía, puede contribuir, por una parte a cambiar la visión que los estudiantes tienen de la ciencia y de los científicos, como alejados de las implicancias sociales y tecnológicas de sus investigaciones (Solbes y Vilches, 2004), y por otra parte puede constituir una motivación para que ellos mismos contribuyan al ahorro de energía. Este principio puede ser

planteado en el aula al trabajar el tema intercambios energéticos en las reacciones químicas.

- **Utilización de materias primas renovables.**

El gran crecimiento de la Industria Química, se ha hecho a partir del petróleo y de los minerales. Todas ellas, materias primas no renovables. La Química Verde, previendo el deterioro del ambiente, y su no sustentabilidad por agotamiento a lo largo del tiempo, procura sustituirlas por materias primas renovables. Generalmente, éstas se obtienen a partir de la biomasa. Ejemplo son los ya mencionados biocombustibles. También podemos mencionar los polímeros sintéticos, los medicamentos obtenidos a partir de plantas, ya sea por extracción y utilización directa, o luego de ser modificados. Un ejemplo de esto, son las investigaciones realizadas por un equipo de químicos uruguayos, que se ha dedicado a la extracción y modificación de uno de los componentes del aceite esencial de eucalipto, el eucaliptol o 1,8 – cíneol. A partir de esta sustancia, han obtenido derivados de importancia industrial, con distintos objetivos. Algunos de estos derivados, han demostrado ser eficaces como insecticidas, y otros son utilizados en cosméticos, debido a su aroma. (Menéndez et. al., 2009).

Las materias primas renovables o no renovables son las que pasan a constituir todos los objetos de consumo que todos utilizamos. Los estudiantes son consumidores, y como tales pueden elegir los objetos y sustancias que consumen, incidiendo a través de su preferencia sobre la industria y la materia prima que esta utiliza (Goleman, 2009). Los estudiantes serán, también, trabajadores que se desempeñarán en distintos puntos de la cadena productiva y mercantil, pudiendo en muchos casos tomar decisiones referidas al origen de la materia prima de los bienes de consumo.

- **Evitar las derivatizaciones**

Tradicionalmente, los químicos diseñaban los procesos para obtener determinado producto, sin ocuparse demasiado de la cantidad de pasos intermedios que debieran seguirse. No tomaban en cuenta que en cada uno de esos pasos, se generaban residuos y se consumía energía. Cuanto menos etapas innecesarias tiene un proceso, menos contaminante y más económico será el mismo. En el ya mencionado caso del ibuprofeno, la disminución de la producción de residuos, se obtiene al disminuir las etapas de seis a tres. En las figuras 1 y 2, se muestra esquemáticamente la secuencia de reacciones de ambos métodos.

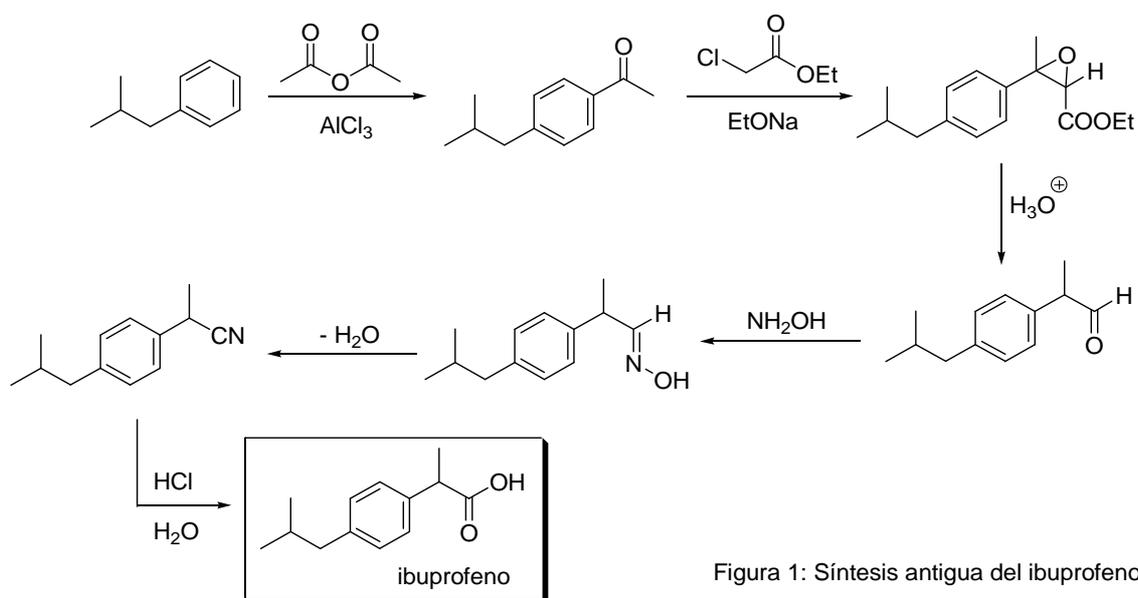


Figura 1: Síntesis antigua del ibuprofeno

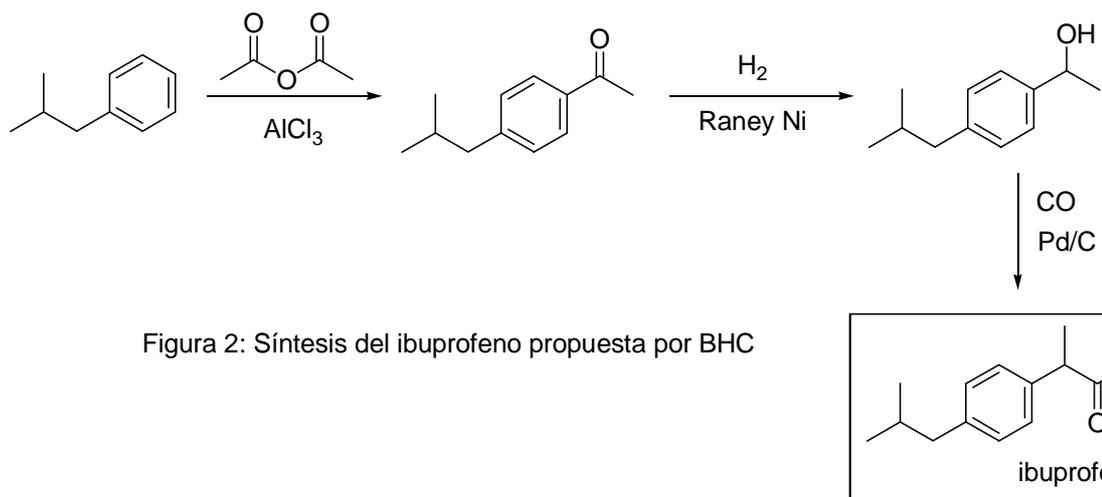


Figura 2: Síntesis del ibuprofeno propuesta por BHC

Este principio implica contenidos conceptuales que no están explicitados en los programas de Química de Educación Secundaria: secuencias de reacciones, reacciones secundarias, productos concomitantes. Enseñar estos conceptos contribuye a generar una imagen de la Química más realista y más cercana al tipo de problemas que deben resolver los científicos. Además, desde el punto de vista actitudinal, este principio puede ser interpretado como la búsqueda de las alternativas más sencillas, con menor gasto de energía y materia para obtener determinado objetivo. Esto puede ser aplicado a cualquier actividad.

- **Potenciación de la catálisis**

Una forma de aumentar la rapidez de una reacción, es agregar alguno de los reactivos en exceso. Generalmente el más económico, siempre que este participe de la ecuación de rapidez. Este exceso de reactivo, luego debe ser separado del producto, y muchas veces desechado. Una forma más económica y menos contaminante de acelerar la reacción, es utilizar catalizadores. Estos actúan en pequeñas cantidades, y luego pueden ser recuperados para usarlos nuevamente. En este sentido ya se habló de la importancia y ventajas de los catalizadores biológicos: las enzimas. Además de estas, son de uso muy difundido, los catalizadores inorgánicos, ya sea metales, óxidos de estos o

sales de los mismos. También han tenido un gran desarrollo las zeolitas, como catalizadores. Estas consisten en aluminosilicatos cristalinos, unidos generalmente a metales de los grupos IA o IIA. Tienen la característica de poseer poros de dimensiones moleculares, lo que facilita su uso como catalizadores.

Un ejemplo de su utilización en Química Verde es la formación del 4-metil-tiazol. La ruta tradicional para la producción de este producto, usado como intermediario en la fabricación de fungicidas, abarca cinco etapas distintas, empleando compuestos altamente nocivos para el ser humano y para el ambiente como cloro y CS_2 , además de generar varios otros subproductos indeseables, como clorato de amonio y bisulfito de sodio. El uso de la zeolita ZSM-5 (una de las estructuras más comunes y utilizada de las zeolitas) impregnada con Cs^+ , permite que el 4-metil-tiazol, sea producido en dos etapas, a partir de acetona y SO_2 , reduciendo considerablemente las etapas de producción, y el riesgo de contaminación ambiental.

En Educación Secundaria, el tema catálisis está presente de forma explícita en el programa de Química de Tercer Año de Bachillerato (CES, 2006). Sin embargo este contenido puede comenzar a trabajarse en Primer Año de Bachillerato al trabajar reacciones orgánicas que requieren el uso de catalizadores (por ejemplo adición de hidrógeno a alquenos). Además en este curso aparece el tema proteínas y dentro de estas están las enzimas. Este es un tema compartido por Biología y por Química, por lo que podría dar lugar a una enseñanza coordinada del mismo. Enseñar este principio de Química Verde permite contextualizar el tema siendo un ejemplo de vínculo entre Ciencia y Tecnología, y generando la oportunidad de realizar actividades experimentales contextualizadas (Casullo y cols. 2011).

- **Generar productos biodegradables**

Uno de las principales causas de la contaminación, es la persistencia en el ambiente, que tienen muchos de los materiales que forman la mayoría de los objetos de uso cotidiano. Desde empaques, pasando por electrodomésticos, vehículos, ropa, objetos de higiene personal, etc. La Química Verde procura solucionar esto, apuntando a la producción de materiales biodegradables.

Según la ASTM (American Society for Testing and Material), *“la biodegradabilidad es la capacidad de un material de descomponerse en dióxido de carbono, metano, agua y componentes orgánicos o biomasa, en el cual el mecanismo predominante es la acción enzimática de microorganismos.”*(Meneses y cols., 2007:61).

Por ejemplo, los detergentes que se utilizaban hasta hace unos años, persistían durante largo tiempo en el ambiente, siendo arrastrados por las corrientes de agua, y generando problemas a los biomas allí existentes. Desde hace unos años, se producen detergentes biodegradables que no tienen este inconveniente. Los polímeros biodegradables generalmente provienen de fuentes vegetales. Un ejemplo conocido son los polímeros obtenidos a partir del 1,3 - propandiol obtenido del maíz. (García, 2009).

No se debe confundir biodegradable con oxodegradable. Los plásticos totalmente biodegradables, pueden ser degradados por bacterias anaeróbicas, aunque no queden expuestos a la luz y al aire. La publicidad hace aparecer algunas veces a las bolsas de compra oxodegradables, como biodegradables. El polímero que forma estas bolsas, tiene un aditivo que hace que bajo determinadas condiciones de humedad y temperatura, el polímero es degradado. Pero el proceso no es comenzado por microorganismos, por lo que no es biodegradable. (Marzo Rojas, 2010). Esta distinción es importante plantearla en el aula como

una contribución al desarrollo de una postura reflexiva y crítica frente a algunas propagandas pseudoambientalistas.

La enseñanza de este principio en Educación Secundaria contribuiría, al igual que el referido a materias primas renovables, a la formación de consumidores que seleccionen los bienes de consumo que menos afecten al ambiente, incidiendo sobre el comercio y producción. Además, la biodegradabilidad implica conceptos de Biología y de Química, por lo que su tratamiento puede ser trabajado en forma coordinada entre ambas asignaturas.

- **Metodologías analíticas para la monitorización en tiempo real**

La Química tradicional realiza un control de residuos (en los casos que se realiza), a la salida del proceso. Esto provoca que no se puedan solucionar los problemas, hasta que ya han ocurrido. En cambio, monitoreando el proceso, se pueden prever soluciones. Por ejemplo, si una Industria Química vierte determinado contaminante, del que están permitidos ciertos niveles, a un río, si se emite una cantidad superior a estos niveles y se detecta analizando las aguas del río, es probable que al detectar los niveles altos, estos ya hayan provocado perjuicios sobre los seres vivos, en cambio si se detectan los niveles en el proceso, se pueden tomar medidas para disminuirlos.

Como aplicación de este principio en Educación Secundaria, se puede trabajar el estado de las corrientes de agua cercanas al liceo, y los vertidos que se realizan sobre las mismas. También da lugar al análisis del destino que dan los propios estudiantes a los residuos que se generan en sus prácticas de laboratorio, así como en su vida cotidiana.

- **Minimizar el potencial de accidentes químicos**

El cumplimiento de algunos de los otros principios, ya conlleva la disminución del riesgo de accidentes. Al trabajar con reactivos menos tóxicos, al producir sustancias menos tóxicas, al no trabajar con solventes volátiles y contaminantes, al trabajar con presiones y temperaturas moderadas, se disminuye el riesgo de accidentes químicos. Además de esto, y de gran importancia en la educación, es el cuidado en el cumplimiento con las normas de seguridad, y el conocimiento y manejo de símbolos de riesgo, y fichas de seguridad de las sustancias.

2.1.3. Química Verde en el Uruguay

Tal como surge de la entrevista realizada a un investigador uruguayo experto en Química Verde (Anexo III), en Uruguay hay distintos grupos de investigación trabajando sobre temáticas referentes a la Química Verde, pero sin una coordinación organizada entre ellos. Es decir, se investigan diversas temáticas que pueden encuadrarse dentro de este enfoque, en algunos casos de forma premeditada y explícita, y en otras ni siquiera hay una conciencia de que los avances que se están teniendo, corresponden a la Química Sustentable. En este apartado, se enumerarán y explicarán brevemente algunas de estas investigaciones.

- **Biotransformaciones**

Un conjunto de investigadores uruguayos que trabajan en el Laboratorio de Biocatálisis y Biotransformaciones (LBB), perteneciente a la Cátedra de Química Orgánica, Microbiología y Farmacognosia, de la Facultad de Química de la Universidad de la República (UdelaR), llevan adelante diversas investigaciones trabajando con biocatalizadores. *“Un biocatalizador es una enzima (o grupo de ellas) que pueden usarse en forma pura,*

parcialmente purificada, o dentro de un sistema enzimático en una célula entera.”(González y cols., 2004:32).

Entre algunos de los trabajos realizados en este laboratorio, están la aislación de enzimas y estudio de su actividad catalítica sobre diversas sustancias orgánicas, muchas de ellas de origen natural. Algunos de los ejemplos, son el ya mencionado trabajo sobre terpenos como el D-limoneno y el 1,8 – 8 cineol, para obtener distintos productos de valor comercial. El D-limoneno es un componente de los aceites esenciales, que se puede obtener a partir de citrus. (Menéndez y cols., 2002).

Otro ejemplo de investigaciones con biocatalizadores, es el uso de zanahoria y de microorganismos extraídos de la misma, para producir reacciones estereoselectivas en cetonas y cetoésteres. (González y cols., 2006), (Rodríguez y cols., 2011).

- **Obtención de biocombustibles**

El uso de biocombustibles en lugar de combustibles fósiles, cumple ya de por sí con uno de los principios de la Química Verde: la utilización de materias primas renovables. Aunque hay que tener en cuenta las discusiones generadas sobre la competencia que puede tener la producción de biocombustibles, con la producción de alimentos. En Uruguay, aún no se ha confirmado totalmente la existencia de combustibles fósiles, en cantidades que permitan la explotación. De confirmarse esto, aún pasarán algunos años antes de que se empiecen a obtener. Por otro lado, este es un país en el que uno de los recursos más abundantes es la tierra fértil. Tomando estos factores en cuenta, los diferentes gobiernos han ido favoreciendo la producción de biocombustibles. En este sentido, la ley prevé que el gasoil contendrá un 5 % de biodiesel a partir del 2012 y se prevé que el agregado de etanol a la nafta se aproxime también a un 5 % para 2014. (Bittencourt y Reig, 2009).

El biodiesel está constituido por ésteres de ácidos grasos. Se obtiene por transesterificación de los triglicéridos que constituyen un aceite vegetal o una grasa, con un alcohol de cadena corta (metanol o etanol). Esta reacción se realiza con el agregado de hidróxido de sodio, que facilita la reacción entre los triglicéridos y el alcohol de cadena corta. La producción de biodiesel, está en manos de diversas empresas que lo producen a partir de aceites vegetales o sebos vacunos, y alcohol, obteniéndose como producto secundario, además del biodiesel, glicerina. La glicerina es utilizada en la industria farmacéutica y en la producción de alimentos.

La producción de etanol está a cargo de la empresa ALUR (Alcoholes del Uruguay).

En Uruguay, un grupo de investigadores está trabajando en la obtención de biodiesel, sin utilizar hidróxido de sodio, que es lo que se hace en el método tradicional. Para lograr esto, se trabaja con etanol en estado supercrítico. (Vieitez et. al., 2010), Las reacciones se realizan en un reactor tubular, a 20 MPa, y con una relación con el alcohol/ aceite a 1:40, variando la temperatura en el rango de 250 °C a 350 °C, con presencia de agua en concentraciones de 0 y 10% en masa (Vieitez et. al., 2010). El flujo de la mezcla aceite/alcohol en el reactor, se varía entre 0,8 y 2,5 mL/min. La obtención de biodiesel por este método, elimina los problemas de contaminación, que implica el uso de hidróxido de sodio. Por otra parte, se ha observado que se elimina uno de los problemas de la reacción con etanol: la presencia de agua. De la investigación realizada, se desprende que pequeñas cantidad de agua, favorecen el rendimiento de la reacción. Otras variables estudiadas, como ampliación de esta investigación, han sido probar distintos aceites vegetales: de soja, girasol, arroz, alto oleico; y el agregado de cantidades variables de ácidos grasos libres, obtenidos a partir de hidrólisis independiente de los mismos aceites. (Vieitez, et. al., 2010).

- **Investigaciones en Química Verde desde la fisicoquímica**

También desde la Cátedra de Fisicoquímica de la Facultad de Química de la UdelaR se están realizando investigaciones que se inscriben dentro de la Química Verde. Algunas de estas investigaciones, tienen que ver con la utilización de biomasa para la obtención de distintas sustancias, y obtención de energía por caminos distintos al biodiesel o el etanol. Una de las técnicas utilizada es la pirólisis (calentamiento en ausencia de oxígeno). En este caso, las condiciones de presión y temperatura, se ajustan para obtener el producto deseado. (Bussi y cols, 2004). Otro proceso muy similar, es la llamada gasificación catalítica, en la cual se utiliza además un catalizador.

2.1.4. Química Verde y Desarrollo Sustentable

El concepto de Desarrollo Sustentable es anterior en el tiempo, al concepto de Química Verde. El Desarrollo Sustentable surge de la comprensión del hecho de que ocupamos un planeta limitado en espacio y en recursos. Según Gil y cols., (2009:11):

...se trata de un concepto absolutamente nuevo, que supone haber comprendido que el mundo no es tan ancho e ilimitado como habíamos creído. Hay un breve texto de Victoria Chitepo, Ministra de Recursos Naturales y Turismo de Zimbabwe, en Nuestro futuro común (el informe de la CMMAD) que expresa esto muy Claramente: «Se creía que el cielo es tan inmenso y claro que nada podría cambiar su color, nuestros ríos tan grandes y sus aguas tan caudalosas que ninguna actividad humana podría cambiar su calidad, y que había tal abundancia de árboles y de bosques naturales que nunca terminaríamos con ellos. Después de todo vuelven a crecer. Hoy en día sabemos más .El ritmo alarmante a que se está despojando la superficie de la Tierra

indica que muy pronto ya no tendremos árboles que talar para el desarrollo humano». Y ese conocimiento es nuevo: la idea de insostenibilidad del actual desarrollo es reciente y ha constituido una sorpresa para la mayoría. Y es nueva en otro sentido aún más profundo: se ha comprendido que la sostenibilidad exige planteamientos holístico, globales; exige tomar en consideración la totalidad de problemas interconectados a los que la humanidad ha de hacer frente y que sólo es posible a escala planetaria, la sostenibilidad como revolución cultural, tecnocientífica y política porque los problemas son planetarios: no tiene sentido aspirar a una ciudad o un país sostenibles (aunque sí lo tiene trabajar para que un país, una ciudad, una acción individual, contribuyan a la sostenibilidad).

Filosóficamente, el concepto de Desarrollo Sustentable ha sido de alguna manera expresado por Hans Jonas, tomando en cuenta la responsabilidad que tiene la generación actual para con las generaciones futuras.

Ante un potencial casi escatológico de nuestra tecnología, la ignorancia sobre las últimas consecuencias será, por sí sola, razón sufriente para una moderación responsable (...) Hay otro aspecto digno de mencionarse, los no nacidos carecen de poder (...) ¿Qué fuerza debe representar el futuro en el presente?”(Siqueira 2009:280).

Jonas planteó un principio ético que en realidad es la esencia de la definición del Desarrollo Sustentable. El principio de responsabilidad puede enunciarse como *“actúa de tal modo que los efectos de tu acción sean compatibles con la permanencia de una vida humana auténtica.”*(Siqueira, 2009:279). El Desarrollo Sustentable apunta a lograr una forma de vida humana, en la que

se priorice la supervivencia de nuestra especie, y de las restantes, por encima de un bienestar momentáneo. Para ello, busca estrategias para mantener dicho bienestar, y extenderlo a aquellas zonas del planeta donde este es menor, sin poner en riesgo la mencionada supervivencia.

Gil y cols., (2009), luego de alertar sobre los riesgos que tiene poner toda la responsabilidad de las decisiones para lograr el desarrollo sustentable exclusivamente en manos de la ciencia, sin tener en cuenta los demás actores, políticos, industriales y consumidores, señalan los criterios que se deberían tener en cuenta para lograr ese desarrollo sustentable. Clasifican estos criterios en técnicos y éticos.

Criterios técnicos se refieren a:

- la cantidad de recursos utilizados no debe superar a la regeneración de recursos. Aquí cabe señalar la importancia de los recursos utilizados sean renovables, coincidiendo con uno de los principios de la Química verde.
- la emisión de residuos no debe superar la capacidad de los ecosistemas para asimilarlos. Esto coincide con otro de los principios de la Química Verde, la biodegradabilidad. Los materiales biodegradables son los que más fácilmente serán asimilados por los ecosistemas.
- se priorice el uso de tecnologías que contribuyan a un mayor aprovechamiento de los recursos que se exploten, en lugar de explotar más recursos, lo cual es totalmente concordante con el principio de economía atómica.

Principios éticos se refieren a:

- medidas generales que se deberían tomar para prevenir el deterioro del medio ambiente y solucionar aquellos problemas que ya existen. Dentro de estos principios éticos, se refieren específicamente al empleo de materiales limpios

y renovables, y a la utilización de técnicas basadas en la Química Sostenible o Química Verde. (Gil y cols., 2009). A partir de esto, considerando el contexto en el surgió la Química Sustentable, y la importancia que tiene la Química en todo el desarrollo tecnológico actual, se deduce que la Química Verde es uno de los motores que hace viable el desarrollo sustentable.

2.2. Fundamentación didáctica: Química Verde y Educación

Como ya fue mencionado, el presente trabajo se enmarca dentro del llamado a los educadores, realizado por las Naciones Unidas al declarar la Década de la Educación para la Sostenibilidad. Como ya se explicó, la Química Verde está inserta totalmente dentro del concepto de Desarrollo Sustentable, por lo tanto, para los profesores de Química, este llamado lleva directamente a educar en Química Verde.

La educación no incluye solamente la enseñanza de contenidos conceptuales, sino también de contenidos procedimentales y actitudinales. La Química Verde brinda ventaja en el abordaje de todos estos aspectos. Facilita la comprensión de estos conceptos al relacionarlos con aspectos cotidianos, que pueden ser cercanos al estudiante.

Muchos de nuestros estudiantes están interesados en la sostenibilidad de su mundo. Están preocupados por el calentamiento global y el efecto invernadero, desean comprender cómo las acciones humanas afectan a nuestro planeta. Están profundamente preocupados por la contaminación y quieren asegurar la "salud" de la Tierra para las generaciones futuras. ¡Aprovechemos esta inquietud! Nuestro alumnado de Química tiene una

oportunidad única: iniciarse en el excitante campo de la Química Verde. (Montagut y cols, 2006:86).

Desde el punto de vista del aprendizaje de contenidos procedimentales, la Química Verde ofrece una gran oportunidad de trabajar el tema de la prevención. Tanto de la prevención de accidentes, que es uno de los principios de dicho enfoque, como de la prevención de la contaminación, que involucra un conjunto de contenidos procedimentales, muchos de los cuales pueden ser extrapolables a la vida cotidiana.

En cuanto a la formación de contenidos actitudinales, la Química Verde parte de la responsabilidad ética de los científicos frente a las aplicaciones tecnológicas y las consecuencias sociales y ambientales que resultan de sus investigaciones. Nos alejamos así, de una imagen del investigador como individuo aislado, o como integrante de una comunidad aislada del resto de la sociedad, interesado únicamente en los conocimientos nuevos que pudiera generar dentro de su campo de investigación, y totalmente desvinculado del uso que otros pudieran hacer de dichos conocimientos. Se esperaría que este cambio de visión del científico, contribuya a que el estudiante desarrolle esos valores de compromiso social y ambiental.

Otra ventaja que tiene enseñar Química desde la perspectiva de la Química Verde, señalada por Garritz (2009), es educar para el riesgo. Esto implica tomar conciencia de que el conocimiento que tenemos de las sustancias es algo provisorio, perfeccionable y mutable. La Química Verde permite enseñar a estar siempre alerta ante los peligros potenciales que puede tener una sustancia. Por ejemplo

el HexofumuronTM desarrollado por Dow y ganador de un premio EPA en 2000, es un agente de control de

termitas, diseñado para sustituir al Clorpirifos pues es menos tóxico y sólo se debe aplicar cuando se detecta la actividad de estos organismos. Sin embargo (...) uno de sus metabolitos es persistente: los átomos de cloro en el anillo aromático, de flúor en la cadena alifática y la amina aromática del metabolito, nos dan una mayor toxicidad crónica en peces (valor crónico o CV) en medio acuático que el metabolito principal del compuesto no verde que sustituye. (Doria, 2009:415).

El tener en cuenta esto, contribuye a la formación del estudiante de Educación Secundaria, sea cual sea su futuro. Si va a ser un científico que trabajará en áreas relacionadas con la Química, debe tener en cuenta que siempre habrá aspectos a conocer de las sustancias con las que trabaja, y que por lo tanto debe estar siempre abierto y expectante a estos aspectos, tanto desde un punto de vista positivo como negativo. Pero si va a ser un ciudadano que se dedicará a otras actividades, es importante que, aun como consumidor, tenga esta misma actitud. Como señala Goleman (2009:16). *“Si conocemos mejor los efectos que tienen los objetos que utilizamos, y aprovechamos dicho conocimiento para orientar nuestras decisiones de compra, tendremos mayor poder para influir en el mundo del comercio y la industria.”*

2.2.1. Enseñanza de Química Verde en el Uruguay

En las propuestas curriculares de Uruguay, la enseñanza de la Química Verde, hasta el presente, solo está propuesta de forma explícita en dos cursos, ambos de nivel terciario. El primero de ellos, por especificidad de la propuesta y antigüedad, es el curso de Química Orgánica 313: Química Verde, dictada por la Facultad de Química de la UdelaR. Esta es una materia optativa,

semestral, que se dicta cada dos años. En ella se trabajan los conceptos fundamentales de la Química Verde: su definición, sus principios, ejemplos de aplicación en la investigación y finalmente, se hace un trabajo en taller, con la modalidad de paneles integrados por grupos de estudiantes, que deben discutir (un grupo a favor y otro en contra), una situación problemática referida a la Química Verde, ante un público integrado por estudiantes y expertos. Ejemplos de algunos de los temas que se discuten en estos paneles son ¿La energía nuclear es una alternativa válida para la producción de energía eléctrica? ¿La producción de biocombustibles compite con la producción de alimentos?

El otro curso que incluye la Química Verde como uno de sus puntos, es Química Ambiental y Toxicológica. Este curso integra la currícula en el cuarto año de la carrera de Profesor de Química, dictada por Consejo de Formación en Educación (CFE) de la Administración Nacional de Educación Pública (ANEP). En la primera unidad de este curso aparece Química Verde como uno de sus puntos. Y refiriéndose a la metodología a aplicar en el curso, en dicho programa se afirma:

Resulta trascendente abordar los contenidos y las situaciones desde una perspectiva positiva, que permita comprender la modificación de la mirada que, acerca de los temas ambientales se ha ido produciendo históricamente, y resaltando la importancia de las nuevas tendencias hacia la Química Verde. (CFE, 2008:3)

2.2.2. Educación en temas afines a la Química Verde en el diseño curricular del Consejo de Educación Inicial y Primaria y del Consejo de Educación Secundaria

Si bien en educación básica, en nuestro país, no hay antecedentes conocidos de enseñanza de Química Verde, de manera explícita, si hay interés por el cuidado del ambiente y por la interacción de la ciencia y la tecnología, y sus implicancias sociales. A continuación, se realiza una descripción de cómo aparecen planteadas estas cuestiones en los programas de educación primaria y secundaria básica, que son los cursos previos a Primer Año de Bachillerato, nivel en el cual se realizó el presente trabajo.

Educación Primaria:

Contenidos 5º

- *El ambiente y la salud.*
- *Las áreas protegidas.*
- *La forestación.*
- *La protección de flora y fauna. (CEP, 2008:202).*

Contenidos 6º

- *La salud del individuo y del ambiente.(CEP, 2008:366).*

Ciclo Básico de Educación Secundaria de la ANEP:

El tema ambiente aparece en los distintos cursos en Biología, Geografía y Química.

Biología

En los programas de primero, segundo y tercer año, dentro del perfil del egresado se plantea el siguiente objetivo: *“Reconocer la dualidad beneficio-perjuicio del impacto del*

desarrollo científico-tecnológico sobre el colectivo social y el medio ambiente.” (CES, (2006a:3).

Geografía

En la fundamentación del programa de primer año figura el siguiente texto:

Procesos como la desterritorialización de grandes grupos humanos, los cambios globales en la economía y en la información, la formación de bloques económicos y la profundización de la problemática ambiental, han reordenado los espacios geográficos con consecuencias para las sociedades. “La humanidad atraviesa hoy una crisis que afecta a todo el planeta, tal vez la mayor desde que el hombre vive en la tierra. Como toda crisis lleva en su esencia una gran oportunidad de cambiar”.
Duran y otros (1999:22)

La Comisión programática, propone que a lo largo del Ciclo Básico, en el ámbito áulico, se trabaje sobre los principales ejemplos de equilibrios, riesgos, problemas y oportunidades que se desprenden de la relación sociedad –naturaleza –tecnología, en las escalas mundial, regional y local. (CES, (2006b:1).

En los contenidos actitudinales de esta misma asignatura aparece: *“Responsabilidad hacia el ambiente.” (CES, (2006b:5).*
En el programa de segundo, de esta misma asignatura, figuran dentro de los contenidos actitudinales: *“Valoración de las acciones de las ONGs y organizaciones gubernamentales en la adopción de medidas de protección del ambiente.” (CES, (2006c:8).*

Química

Por su parte, dentro de la fundamentación del programa de Química de tercer año se indica:

La enseñanza de esta disciplina, por un lado busca contribuir a la alfabetización científica de los futuros ciudadanos y ciudadanas, acercando los conocimientos químicos necesarios para resolver problemas de la vida cotidiana, así como satisfacer necesidades básicas y tomar conciencia de las relaciones entre la ciencia, la tecnología, el ambiente y la sociedad. Desde esta perspectiva la Química es considerada como parte de la cultura, así como también lo son otras disciplinas científicas. Tal como expresan Désautels y Larochelle (2003), todo individuo debería adquirir un mínimo de cultura científica, bajo pena de no poder participar de manera informada en las decisiones ligadas a diversos intereses (éticos, económicos, políticos, etc.) que generan las ciencias y las tecnologías.

Por otra parte este curso constituye la base necesaria para la continuación de estudios superiores que involucren a la Química o disciplinas afines. En este sentido cumple una función propedéutica.

Dada esta doble finalidad del presente curso se busca que el estudiante comprenda la contribución que la Química, junto con otras disciplinas científicas, ha tenido y tiene en la evolución y la situación actual de la sociedad. Promueve también la toma de conciencia de las consecuencias que derivan del uso no planificado de la ciencia y potencia el respeto y cuidado del medio, la gestión y el aprovechamiento racional de los recursos existentes en el planeta.” (CES, 2006d:1).

Como puede notarse, en muchos de los puntos planteados en esta fundamentación, especialmente los que se refieren a la relación entre la ciencia, la tecnología y la sociedad, y en los que se trata el aprovechamiento racional de los recursos, se está considerando un enfoque con objetivos bastante similares a los que procuran los investigadores al trabajar desde la perspectiva de la Química Verde.

En los programas de bachillerato diversificado, por su parte, se plantean los siguientes objetivos entre otros:

a) Sensibilizar a los estudiantes acerca de los problemas que vinculan a la ciencia, la tecnología y la sociedad, de modo que se comprometan en la búsqueda de soluciones a los problemas.

b) Favorecer en el estudiante su capacidad de utilizar en situaciones nuevas los conocimientos científicos adquiridos; de modo que éstos le resulten útiles en su vida social y en la toma de decisiones sobre problemáticas que pueden influir en la calidad de vida humana y la preservación del medio ambiente(CES, 2006).

c) Comprensión del papel de la Ciencia, como determinante para una participación plena y responsable en la toma de decisiones, que afectan a la sociedad en su conjunto y también a su vida personal, con el objetivo de que el estudiante pueda estar en mejores condiciones de inserción en la sociedad y participar de su transformación. (CES, 2006e:4).

Aunque estos objetivos concuerdan perfectamente con un enfoque CTSA, y son afines a una inclusión de Química Verde, esto no se refleja de forma clara. En los programas de segundo y tercer año de bachillerato, únicamente en los contenidos de contextualización, que están por fuera de los contenidos mínimos,

aparecen algunos temas como disminución de la capa de ozono, calentamiento global, efecto invernadero y lluvia ácida.

2.2.3. Educación en Química Verde y enfoque CTSA.

“El enfoque CTSA es una perspectiva de investigación didáctica que analiza la ciencia en un contexto social, cultural y político.”(Martínez y cols., 2007:2).

Según este mismo autor, esto contribuiría a la formación de ciudadanos con valores tendientes a la participación en la evaluación y el control de dichas variables sociales y ambientales, implicadas en la aplicación de las tecnologías. Por lo tanto, se pretende que a partir de este enfoque, los estudiantes se transformen en ciudadanos críticos y capaces de analizar las implicancias sociales y ambientales que tienen las aplicaciones tecnológicas y científicas que se realizan, pudiendo así tomar una actitud participativa y no pasiva frente a los cambios que se van proponiendo desde la esfera política y técnica. Como señalan Solbes y Vilches (2004:339):

La participación ciudadana en la toma de decisiones, que se suele traducir, en general, en evitar la aplicación apresurada de innovaciones de las que se desconocen las consecuencias a medio y largo plazo, es hoy un hecho positivo, una garantía de aplicación del principio de precaución, que se apoya en una creciente sensibilidad social frente a las implicaciones del desarrollo tecnocientífico que puedan comportar riesgos para las personas o el medio ambiente. Y dicha participación reclama un mínimo de formación científica que haga posible la comprensión de los problemas y de las opciones, la necesidad de un planteamiento global que evalúe los riesgos y contemple las posibles consecuencias a medio y largo plazo.

Esto cambia totalmente la visión de la ciencia, tal cual se enseña desde una perspectiva tradicional. La ciencia cambia su imagen de imparcial, no ideológica, para convertirse en una construcción humana en la cual interactúan diversos intereses y perspectivas. El enseñar Química ateniéndose a este enfoque, implica también cambios de los roles, tanto del estudiante como del docente. Desde el punto de vista del estudiante, requiere una actuación más comprometida y participativa en el conocimiento, en lugar de ser un receptor del mismo. En cuanto al docente, deja de ser sólo un transmisor acrítico de un conocimiento recibido, para convertirse en moderador crítico, de sus propios aportes y de los que realizan los estudiantes. Esta visión crítica de la Química, es totalmente compatible con la enseñanza de la Química Verde. Este enfoque requiere estudiar ciencia no solo desde la perspectiva teórica o práctica de laboratorio, sino que requiere una visión más amplia, en la cual se tomen en cuenta las consecuencias sociales, económicas y sobre todo ambientales, de las aplicaciones de los conocimientos. Tomando esto en cuenta, es imposible enseñar Química Verde sin tomar en cuenta los aspectos tecnológicos, sociales y ambientales de la Química, por lo tanto su enseñanza se encuentra totalmente inscripta en el enfoque CTSA.

2.2.4. Educación en Química Verde e Inteligencia Ecológica

Tradicionalmente, el concepto de inteligencia estuvo ligado siempre a la capacidad de manejo de las habilidades lógico – matemática y lingüística. Esta visión comenzó a cambiar cuando Howard Gardner propone su teoría de las inteligencias múltiples. Dicho autor, se refiere a siete inteligencias, pero deja abierto el campo a que surjan otras. El psicólogo Daniel Goleman, propone como una de dichas inteligencias la ecológica. Este autor define la inteligencia ecológica como *“la capacidad de adaptarnos a*

nuestro nicho ecológico". (Goleman, 2009:50). Aclara un poco más el concepto, realizando las siguientes precisiones:

Inteligencia se refiere a la capacidad de aprender de la experiencia y tratar en forma eficaz nuestro medio ambiente, y el término ecológico se refiere al conocimiento de los organismos y sus ecosistemas. La inteligencia ecológica nos permite aplicar lo que aprendemos sobre cómo la actividad humana interfiere en los ecosistemas, de tal modo que hagamos el menor daño posible y podamos nuevamente vivir de manera sustentable en nuestro nicho, que en la actualidad es todo el planeta.(Goleman 2009:50)

El desarrollo de la tecnología, ha hecho que el hombre moderno actúe, modificando su medio de maneras sutiles que su inteligencia ecológica no le permite percibir. Además, dicha inteligencia se ha ido perdiendo, debido a un menor contacto directo con la naturaleza. En palabras del propio autor:

Hemos inventado procesos industriales y adoptado hábitos de vida cuyos efectos acumulativos pueden erosionar lentamente el estrecho nicho de temperatura, oxígeno, exposición a la luz solar, etcétera, los que prospera la vida humana. Sin embargo, los cambios que pueden ocasionar una mayor incidencia de cáncer o el calentamiento irreversible del planeta se hallan fuera de nuestra percepción sensorial. Nuestro sistema perceptivo es incapaz de recibir las señales de peligro la amenaza adopta la forma de incrementos graduales en la temperatura del planeta o de cantidades minúsculas de sustancias químicas que con el paso del tiempo se acumulan en nuestro organismo. Nuestro cerebro carece

de un sistema de alarma integrado para estos peligros.(Goleman, 2009:41).

Más adelante, plantea algunas líneas para desarrollar dicha Inteligencia Ecológica:

“la vida moderna nos exige aprender que el aroma de la pintura fresca o de un automóvil recién comprado proviene de compuestos químicos volátiles fabricados por el hombre, que actúan como toxinas de baja densidad en nuestro organismo y que debemos evitarlos. Asimismo, debemos adquirir un sistema aprendido de alarma que nos advierta de los juguetes cargados de plomo y gases que contaminan el aire que respiramos y nos enseñe a temer las sustancias Químicas tóxicas de los alimentos que consumimos y que no podemos percibir con nuestros sentidos de la vista o el gusto. Pero solo podemos “saber” que se trata de peligros de una forma indirecta, mediante los descubrimientos científicos, un orden de conocimientos diferentes al que estamos acostumbrados. Lo que con el tiempo puede convertirse en una reacción emocional adquirida debe comenzar con la comprensión intelectual”.(Goleman, 2009:55).

A partir de las anteriores citas, pueden realizarse algunas observaciones. En primer lugar, la Inteligencia Ecológica tiene mucho que ver con una comprensión, a un nivel químico, de muchos de los agentes que afectan la salud y el entorno. Desde un punto de vista químico, esta comprensión implica reconocer los riesgos de muchos de los productos industriales, y también el tomar conciencia de que la ciencia que se aplica para obtener dichos productos, es la misma que investiga sus posibles consecuencias nefastas y busca soluciones para las mismas (Nudelmán, 2004). Esta

es, precisamente, la función de la Química Verde. Reconocer los peligros y actuar para prevenirlos. Por ello puede ser una herramienta que contribuya al desarrollo de la Inteligencia Ecológica.

2.3. Marco metodológico

El presente trabajo de investigación tiene diversos enfoques, buscando la triangulación de diferentes metodologías y técnicas. Como señala Donolo,(2009: 6), refiriéndose a la utilización combinada de métodos cuantitativos y cualitativos: *“Su premisa central es que el uso de enfoques cuantitativos y cualitativos en combinación provee una mejor comprensión de los problemas de investigación que cualquier enfoque utilizado independientemente.”*

En primer lugar, este trabajo se enmarca dentro de una perspectiva de Investigación – Acción, que *“... es sencillamente una forma de indagación autorreflexiva que emprenden los participantes en situaciones sociales (en este caso la enseñanza de Química en un aula de bachillerato) en orden a mejorar la racionalidad y las justicias de sus prácticas.”* (Carr y Kemmis, 1988:174, c.p. Fiore y Leymonié, 2007:91).

Desde otro punto de vista, se trata de una investigación cualitativa, en cuanto a que se realizan entrevistas a docentes, a expertos y a estudiantes. Dichas entrevistas están integradas por preguntas abiertas o semiabiertas.

Se utiliza una metodología cuantitativa en las encuestas planteadas a los estudiantes. En la mayoría de los casos, se tratan de preguntas cerradas, con algunos puntos semiabiertos.

A continuación se realizará un análisis de la metodología utilizada en la investigación educativa realizada.

2.3.1. La investigación – acción

La investigación – acción, comienza como una metodología propuesta por el psicólogo social Kurt Lewin, en la década del 40,

después de finalizada la segunda guerra mundial. (Suárez Pazos, 2002) Estaba planteada como la conjunción de la acción social y la investigación social, realizadas en forma conjunta y con la participación de la comunidad implicada en la investigación. Posteriormente, algunos investigadores como Corey, Stenhouse y Elliot, realizaron diversos intentos para introducir este enfoque en la educación. Sin embargo, esto generó ciertas resistencias por parte de los investigadores sociales, quienes influenciados por el positivismo, cuestionaban tanto la idoneidad de los docentes como investigadores, como la subjetividad que implica la investigación de las prácticas educativas, por parte de los mismos actores. También fue resistida por algunos docentes, por sentir la participación de investigadores sociales en sus prácticas educativas, como una intromisión en su tarea. (Elliot, 2005).

Sin embargo, el mayor empuje de la investigación – acción en educación, se produce a través de la propuesta de Carr y Kemmis (1988) de reivindicar la docencia como una profesión. Estos autores encuadran esta metodología dentro de la teoría crítica de la enseñanza, poniendo el énfasis en el rol transformador que debe tener el docente. Esta transformación debe llevarse adelante a través de la revisión de sus propias prácticas, para transformarlas, de maneras que su labor sea liberadora del individuo en lugar de alienante. Como señalan Fiore y Leymonié (2007:92):

La investigación – acción ofrece el camino para alcanzar una ciencia educacional crítica:

- *En la medida que ésta crea las condiciones para que los participantes de la educación colaboren activamente en el desarrollo y reforma de la educación.*
- *Es esencialmente participativa: el investigador activo analiza su propia práctica.”*

- *Es colaborativa: los que practican la investigación acción trabajan conjuntamente en el estudio de su propia práctica.*

Con respecto al primer punto, corresponde aclarar que esta colaboración por parte de los participantes, incluye a los educandos, haciéndolos partícipes de la construcción de su propia formación.

La investigación – acción, no es únicamente la reflexión, que realiza el docente habitualmente, sobre sus propias prácticas (Suárez Pazos, 2002), sino que implica un planteamiento metodológico organizado. Implica el trabajo de los educadores, con los educandos, reflexionando sobre la acción educativa, con miras a una mejora en los resultados obtenidos, de acuerdo a los objetivos planteados, y también una posición crítica frente a dichos objetivos. Elliot aclara que el objetivo principal de este método de investigación, no es la producción de conocimiento, si no, y sobre todo, es mejorar la educación, a través de la revisión permanente de las prácticas educativas, por parte de los propios actores. Sin embargo el propio Elliot advierte sobre estas dicotomías que han aparecido a propósito de esta teoría. (Elliot, 2004).

Algunos autores e investigadores, han entendido que la investigación – acción trabaja exclusivamente sobre la práctica, sin tener en cuenta la teoría. Según Elliot, (2004) esta interpretación no condice con su visión de esta forma de trabajo. La investigación - acción no separa una de la otra, sino que crea un nuevo concepto en el cual la investigación y la acción, en consecuencia la teoría y la práctica, aparecen unidas indisolublemente, de tal manera que es imposible considerar cualquiera de ellas sin la otra, dentro de este enfoque.

Un aspecto en el que coinciden todos los autores, es que el conocimiento obtenido a partir de la investigación – acción, no es generalizable o extrapolable a ninguna otra situación por parecida que sea. Sólo es válido dentro del contexto en que se llevó adelante ese proceso. Sin embargo, el propio Elliot aclara que ello no impide que este conocimiento sea luego probado en otros contextos similares, alcanzando así, círculos más amplios. En el caso de la presente investigación, si bien los resultados obtenidos a través de la investigación – acción, solo son válidos para los cuatro grupos de primer año de bachillerato en los que se realizó el estudio en el año 2010, esto no quita que otros docentes, o el mismo, lleven adelante investigaciones similares con otros grupos.

La metodología que aplica la investigación - acción, tiene una serie de etapas que se ordenan en forma de espiral, lo que permite volver una y otra vez sobre dichas etapas. Los distintos autores se han referido a estas etapas, creando cada uno más o menos divisiones y subdivisiones, pero las principales son: la planificación, la acción, la observación y la reflexión. Estas etapas en conjunto, crean una vuelta de la espiral, que asciende a otra etapa, a partir de la reflexión que crea una replanificación, iniciando otra vuelta de la espiral.

2.3.2. La investigación cualitativa

La investigación cualitativa surge dentro de las ciencias sociales, como alternativa a la investigación cuantitativa. Mientras que esta última pretende medir los hechos sociales, el investigador cualitativo o fenomenológico, quiere comprender los fenómenos sociales desde la perspectiva del actor. Siguiendo con esta línea, Taylor y Bodgan afirman que *“La frase metodología cualitativa se refiere en su más amplio sentido a la investigación que produce datos descriptivos: las propias*

palabras de las personas, habladas o escritas, y la conducta observable.” (Taylor y Bogdan, 1987:19)

Utiliza como herramientas para la recolección de información, entre otros, la entrevista abierta o semiestructurada, la observación participante y el estudio de casos. El presente trabajo, está basado en entrevistas cualitativas semiestructuradas. Por ello será este instrumento el que se analizará.

2.3.2.1. Entrevistas cualitativa

La entrevista cualitativa es una herramienta de amplio uso en las investigaciones cualitativas por poseer diversas ventajas. Entre ellas:

a) Es una técnica de investigación cualitativa que se puede aplicar en un tiempo relativamente corto, comparado por ejemplo con la observación participante.

b) Permite profundizar en el discurso del entrevistado, lo que no ocurre por ejemplo con un cuestionario cerrado.

En la presente investigación, se realizaron entrevistas semiestructuradas, porque si bien, para cada una, existía una pauta de entrevista con preguntas abiertas que tenían un cierto orden, estaba previsto que este orden se alterara siguiendo el propio desarrollo de la entrevista. Así mismo, estaba previsto agregar preguntas que ampliaran o aclararan aspectos que iban surgiendo durante la misma.

Según Taylor y Bogdan (1987:105), hay diversos motivos para elegir la entrevista cualitativa como herramienta para recoger los datos. Estos autores enuncian las siguientes situaciones que ameritan el uso de la entrevista:

- *“Los intereses de la investigación son relativamente claros y están relativamente bien definidos.”* En este caso el interés es, por una parte, realizar una conceptualización clara del tema Química Verde, a través de la entrevista con un experto, y por otra realizar un acercamiento a la visión que tienen los docentes sobre el tema. Posteriormente al trabajo con los contenidos de Química Verde en el aula, se realizaron entrevistas a estudiantes, para visualizar qué perspectiva de este enfoque tienen los mismos, luego de transcurrido un tiempo.

- *“La investigación depende de una amplia gama de escenarios o personas.”* En el presente trabajo, se pretende tener un panorama de las visiones de un experto en Química Verde, Profesores de Química de Educación Secundaria y estudiantes que trabajaron Química Verde como tema transversal a los demás contenidos del programa de Química.

- *“El investigador quiere establecer experiencia humana subjetiva.”* Se cumple estrictamente en esta investigación, ya que el objetivo principal de las entrevistas a los docentes, es establecer su postura, conocimientos y posición sobre la temática que se está investigando. Y lo mismo puede decirse en lo referido a los objetivos de las entrevistas a los estudiantes.

2.3.3. La investigación cuantitativa

“En Sociología (y en las ciencias sociales en general, incluida las Ciencias de la Educación) se habla de medir se entiende el asignar unos símbolos numéricos a alguna magnitud, o atributos de objetos, así como a acontecimientos o hechos sociales”. (González Blasco, 1986: 210). Este mismo autor, refiriéndose a las mediciones en Ciencias Sociales, afirma que éstas

“permiten ir más allá de la mera descripción de fenómenos observables; permiten concretar las observaciones; comprobar la interrelación entre distintos fenómenos sociales y ayudan a revisar los conceptos que usamos, descubriendo variables que quizá no consideramos en un principio, por fin el proceso de medición y los resultados que obtenemos nos permiten revisar los conceptos, hipótesis y teorías contempladas en los trabajos sociológicos.” (González Blasco, 1986: 213).

Los conceptos que se trabajan en Educación muchas veces no son directamente cuantificables, por lo que debe realizarse una definición de variables, e indicadores de la misma, que permitan realizar dicha cuantificación. Por ejemplo si la variable es la motivación de los estudiantes por el aprendizaje de determinado contenido, la motivación de los estudiantes no medible directamente, no existe un patrón que permita medir cuán motivado está un estudiante. Por ello deben definirse indicadores de la motivación. La variable es aquella característica, que se pretende estudiar o se quiere conocer, del sujeto investigado (Cascañt y Hueso González, 2012: 9). Los indicadores pueden definirse como *“expresiones numéricas de hechos sociales, o bien como concreciones estadísticas.”* (González Blasco, 1986: 218).

La definición de indicadores que requiere la investigación cuantitativa conlleva que se una mayor precisión de los datos obtenidos, comparados con los que se obtienen de la investigación cualitativa, pero esta definición también constituye una pérdida de riqueza de la información recabada. En este sentido, la triangulación metodológica, utilizando técnicas cualitativas y cuantitativas, aumenta la validez y el grado de confianza en los hallazgos de investigación, entiendo la validez como el grado de adecuación de una medida particular respecto a la realidad a la que apunta (Cea D’Ancona, 1996).

La encuesta

Esta es la técnica cuantitativa que se aplicó en el presente trabajo.

“La encuesta puede definirse como la aplicación de un procedimiento estandarizado para recabar información (oral o escrita) de una muestra amplia de sujetos. La muestra ha de ser representativa de la población de interés; y la información se limita a la delineada por las preguntas que componen el cuestionario precodificado, diseñado al efecto.” (Cea D’Ancona, 1996: 240).

Cea D’Ancona (1996: 244) señala, entre otras, las siguientes ventajas de esta estrategia de investigación:

- *Permite un amplio abanico de cuestiones en un mismo estudio.* En el presente trabajo esto fue aprovechado para conocer las opiniones y conocimientos de los estudiantes respecto a diversos temas, previamente y posteriormente a trabajar Química Verde en el aula: contaminación, utilización de la energía, cuidado del ambiente, Química Verde.
- *Facilita la comparación de los resultados (al basarse en la estandarización y cuantificación de las respuestas).* Esto fue utilizado para comparar resultados antes y después del mencionado curso.
- *Ventaja económica: puede obtenerse un volumen importante de información con un mínimo coste (económico y temporal).* En el presente caso, la aplicación de esta técnica permitió que fuese posible relevarse información de todos los estudiantes presente cuando se aplicaron las dos encuestas. No hubiese sido posible aplicar una entrevista a todos los estudiantes en ese mismo tiempo por ejemplo.

Entre las ventajas mencionadas por el autor, se seleccionaron éstas por su relevancia para el presente trabajo. El autor también menciona una serie de obstáculos o desventajas:

- Requiere que los encuestados manejen el lenguaje verbal. Si la encuesta es escrita deben manejar además esta forma de comunicación. En el presente trabajo no estaba presente esta dificultad por tratarse de estudiantes del primer año de bachillerato.
- La información está condicionada por la redacción de las preguntas, la veracidad de las respuestas, y además porque la mayoría de las preguntas son cerradas. Por ello, el autor, recomienda complementarlo con otras técnicas, tal como se realizó en este caso.
- La presencia del entrevistador puede condicionar al encuestado. En este caso esto era agravado por ser el entrevistador el profesor, lo que podía causar que los estudiantes consideraran que sus respuestas fueran parte de la evaluación. Para atenuar esto se enfatizó que ello no sería así, y la última encuesta se realizó luego de la entrega de los resultados finales.
- Pueden confundirse correlaciones casuales entre variables, con verdaderas relaciones causales. Este riesgo estaba presente en el presente trabajo, lo que implicó, por parte del investigador, una atención especial a aquellos aspectos en los que pudiera darse esta situación.
- Requiere la organización de un trabajo de campo complejo y costoso. Ello se relativiza en esta investigación, al realizarse dicho trabajo en el aula. (Cea D'Ancona, 1996).

3. Planteo del problema a investigar

3.1. Objetivos de la investigación:

- Realizar un relevamiento de los principales avances en Química Verde en el mundo, y especialmente en nuestro país.
- Investigar qué conocimientos tienen los profesores de Química, de educación secundaria, sobre este enfoque.
- Conocer y analizar la postura de los docentes, frente a las temáticas ambientales.
- Introducir conceptos de Química Verde, en el curso de Química de Primer Año de Bachillerato, en cuatro grupos del turno intermedio de un liceo del departamento de Canelones, periférico a Montevideo.
- Investigar la incidencia de dicha introducción, en la valoración y actitudes referentes al cuidado ambiental.
- Investigar la incidencia de la introducción de Química Verde en el rendimiento y en la motivación hacia el aprendizaje de la asignatura Química.

3.2. Preguntas disparadoras

3.2.1. ¿Es pertinente la inclusión de contenidos de Química Verde en Educación Secundaria?

Tal como se plantea en la introducción, en el presente hay un fuerte llamamiento, por parte de los organismos internacionales y por parte de las nuevas corrientes en didáctica de las ciencias, a la responsabilidad que tiene la educación científica en la formación de ciudadanos comprometidos con el cuidado del ambiente. Asimismo, hay un planteo desde estas mismas corrientes en didáctica, sobre la importancia que tiene el

trabajar desde lo cotidiano, para favorecer el desarrollo de vocaciones en ciencias. Al respecto dice Izquierdo, (2004:119):

Si 'enseñar Química' consiste sólo en enseñar 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 de ahora. Las ideas fuera de contexto no son aceptadas por los nuevos discípulos, que no están ya dispuestos a memorizar conocimientos y lenguajes que no llegan a comprender ni les parecen útiles.

Siguiendo la misma línea de razonamiento, Galagovsky refiriéndose a las dificultades en la enseñanza de la Química, afirma: *“los estudiantes se sienten alejados de la Química, ya que ésta no está relacionada con sus entornos cotidianos, y les resulta irrelevante para sus vidas como ciudadanos.”*(Galagovsky, 2005:14).

Revertir esta situación, es totalmente compatible con los objetivos a los que se apunta en la educación en Química para los estudiantes de Bachillerato Diversificado de Secundaria en Uruguay, según lo expresan los programas de la asignatura.

Por otra parte, el trabajo de los estudiantes comprometiéndose con problemas reales y relacionados con su entorno, contribuye a su motivación hacia el estudio, tal como lo señalan Gil y Vilches (2008).

La Química Verde, como ya se expresó, está comprometida con el desarrollo sustentable y con la responsabilidad que tienen los científicos sobre las consecuencias ambientales, sociales y tecnológicas que tienen los resultados de sus investigaciones. Esto es totalmente compatible con los objetivos que se plantea la educación para el desarrollo sustentable, con el enfoque Ciencia Tecnología y Sociedad, y con lo que aparece en los últimos programas de Química para Bachillerato. Sin embargo, la Química

Verde surge en el contexto universitario, con un enfoque pensado en la investigación y en la producción industrial, lo cual es totalmente alejado del trabajo en el aula de Educación Secundaria. Debido a esto, corresponde plantearse las siguientes interrogantes: ¿es viable la inclusión de contenidos de Química Verde en Educación Secundaria?, ¿contribuye esto al cumplimiento de los objetivos planteados por los programas y los propuestos por ONU, al declarar la Década de la educación para la sostenibilidad? Todas estas interrogantes se puede reunir en una sola pregunta: ¿es pertinente la inclusión de contenidos de Química Verde en Educación Secundaria? El presente trabajo procura en primer lugar, dar respuesta a la misma, a partir de revisión de trabajos anteriores en la misma dirección; a partir de entrevistas a un experto en el tema Química Verde y a profesores de Química de Educación Secundaria y de Formación de Docentes para Educación Secundaria, y a partir de la inclusión de contenidos de Química Verde en la Planificación Anual de cuatro grupos de Primer Año de Bachillerato, con los cuales se trabaja durante un año lectivo.

3.2.2. ¿Cuál es la mejor manera de introducir Química Verde en Educación Secundaria?

Partiendo de la posibilidad de que se cumpla la hipótesis de que es pertinente la inserción de contenidos de Química Verde en Educación Secundaria, ¿cuál sería la mejor forma de hacerlo? En este análisis se tomarán en cuenta diversas posibilidades.

¿Contenido específico o tema transversal?

Considerar la inclusión de Química Verde como un contenido específico, implica un cambio de currículum o un cambio de programas, lo cual no está en manos de los docentes, por lo tanto y de momento, la única posibilidad es trabajarlo como un tema transversal. Esto está además apoyado por el hecho de que los programas de Química de Educación Secundaria incluyen

objetivos y contenidos afines a la inclusión de temas relacionados con el ambiente, las aplicaciones tecnológicas y las implicancias sociales de esta disciplina, como ya se mencionó. Pero considerando que fuese posible elegir alternativas, ¿cuál es la más conveniente? ¿Química Verde debe ser un curso de un año? ¿En qué nivel? ¿Debe ser una unidad didáctica dentro de cierto programa?

Tal como se desprende de todos los conceptos expuestos, la Química Verde, más que una rama de la Química es un nuevo enfoque de la misma, y si se quiere, hasta una posición filosófica frente a esta ciencia. Tomando esto en cuenta, y aceptando que es deseable que todos los contenidos de Química se trabajen desde esta postura, se concluye que la metodología más pertinente, es trabajarla como un contenido transversal a cualquier curso de Química. Sin dejar de lado esta perspectiva, hay que considerar que algunos contenidos son más vinculables que otros con las temáticas correspondientes a Química Verde, por lo que en algunos cursos, es más fácil introducir estos contenidos transversales. En la presente investigación, se optó por trabajar dichos contenidos en un curso de primer año de bachillerato. Esta opción se realizó teniendo en cuenta varias consideraciones. En primer lugar, el programa de primer año de bachillerato tiene como primer eje temático la Química orgánica y como segundo el agua y los sistemas acuosos. En alguno de estos ejes temáticos se debe trabajar el tema estequiometría. Cualquiera de estos temas son muy afines al trabajo desde la perspectiva de la Química Verde. En segundo lugar, primer año de bachillerato es el último curso de Química que abarcará a todos los estudiantes, ya que a partir de segundo año de bachillerato, los estudiantes que optan por las diversificaciones humanística o artística, no tienen Química como materia curricular. Por lo tanto al trabajar Química Verde en este nivel se brinda a los estudiantes la oportunidad de conocer una visión de la Química, más humanista y abierta al relacionamiento con otras

áreas del conocimiento. Es esperable que esta visión contribuya a la formación de un ciudadano más comprometido y crítico cuando se tenga que enfrentar a decisiones relacionadas con la temática ambiental, en cualquier ámbito que le toque desempeñarse. Para los estudiantes que sigan orientaciones relacionadas con la Química (diversificaciones científica y biológica), se puede seguir trabajando desde una perspectiva sustentable, en todas aquellas temáticas que lo permitan. Respecto a la posibilidad de trabajar Química Verde en tercer año de ciclo básico, el primer año que los estudiantes tienen Química como asignatura, presenta la dificultad de ser un curso introductorio, en el cual los estudiantes se acercan por primera vez a conceptos específicos de la Química. Esto podría dificultar la comprensión de la mayoría de los conceptos con los que se trabaja en Química Verde. Por ejemplo, es muy difícil trabajar economía atómica sin una noción básica de estequiometría. Aunque la Química Verde es transversal a toda la Química, muchas de sus aplicaciones están relacionadas con la Química Orgánica, que en tercer año aún no se trabaja. En este nivel solo se podría trabajar el enfoque filosófico de la Química Verde, como por ejemplo el principio de prevención. Sin embargo queda abierta la posibilidad de que se trabajen aspectos más relacionados con la vinculación entre Química, Tecnología y Sociedad, sin profundizar aquellos conceptos de Química Verde que requieran conocimientos previos de Química alejados de los contenidos conceptuales que se trabajan en este nivel educativo.

¿Definiciones, estudio de casos o actividades experimentales?

Después de optar por el nivel en el cual se trabajará, queda por tomar la decisión de cuáles son las mejores metodologías para llevar la temática al aula. Se podría optar por un método expositivo, contándoles a los estudiantes que es la Química Verde, cuáles son sus principios y en qué se aplica. Sin embargo

diversas investigaciones han demostrado que este no es un método de enseñanza muy efectivo. Como señalan Pardo y Tello (1996), con una metodología exclusivamente expositiva, no se ven favorecidos ni la creatividad, ni los aspectos actitudinales y volitivos, siendo justamente éstos en los que más énfasis se procura poner en el presente trabajo. El trabajo con actividades experimentales, presenta la ventaja del interés que demuestran siempre los estudiantes hacia el trabajo en laboratorio, tal como se evidencia en investigaciones sobre el tema (De Morán y cols., 1995), de la experiencia docente del investigador, de las encuestas realizadas a los estudiantes, además del hecho nada menor, de que la Química es una ciencia netamente experimental. Sin embargo en este caso el trabajo en el laboratorio para introducir Química Verde presenta algunas dificultades. En primer lugar la mayoría de las actividades experimentales en las que se ha trabajado con Química Verde se han hecho a nivel universitario, utilizando sustancias y equipamiento que no se encuentra disponible en los laboratorios de Enseñanza Secundaria. En la página web <http://www.beyondbenign.org/K12education/highschool.html> se encuentran algunas actividades experimentales sobre el tema, pero la mayoría de ellas están en inglés, lo que requiere su traducción. Ello podría dar a un trabajo coordinado entre Química e inglés. Pero además estas actividades tienen un enfoque conceptual alejado de los programas de Química de Uruguay. Sería tema de profundización del presente trabajo de investigación buscar alternativas para adecuar estas actividades a los cursos de Química de Educación Secundaria en Uruguay. Otro hecho a considerar es que los estudiantes de Primer año de Bachillerato, que solo han tenido un curso introductorio de Química, generalmente poseen poca experiencia en el trabajo de laboratorio. Teniendo esto en cuenta, sería deseable diseñar actividades experimentales aplicables en el marco de la Química Verde, y que sean acordes al nivel de Educación Secundaria.

Dentro de esta perspectiva se puede referir como ejemplo, la obtención de jabón por un método enzimático ya citado (Casullo y cols., 2011). Sin embargo y como se exponía anteriormente, el objetivo principal del presente trabajo, está puesto más en el enfoque actitudinal que en el procedimental. Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, se optó por una metodología de trabajo a través de fichas, en las cuales se incluyó una breve introducción a los contenidos conceptuales, alguna lectura, que en muchos casos se trata de noticias de actualidad vinculada al tema y que de alguna manera se puede relacionar con la Química Verde. A partir de dicha lectura se plantean actividades y cuestiones de discusión en grupo, procurando la problematización de la lectura realizada, apuntando así al desarrollo del espíritu crítico. La primera de dichas fichas trata exclusivamente sobre Química Verde, planteando una breve definición, los principios y algunos ejemplos, que luego deben ser ampliados por los estudiantes. En el Anexo VIII se incluye una planificación, a modo de ejemplo, de una clase en la que se trató uno de los principios de la Química Verde, relacionándolo con un contenido específico del Programa Oficial, a partir de una ficha de trabajo.

3.3. Preguntas problema:

3.3.1. Introducir Química Verde en Educación Secundaria, ¿tiene una influencia favorable en las actitudes y en el interés de los estudiantes (y futuros ciudadanos), con respecto a los problemas ambientales?

Esta es la pregunta clave a la cual se pretende dar respuesta en el presente trabajo. La búsqueda de estas respuestas se realizó mediante diversas herramientas. En primer lugar, se realizó una encuesta a los estudiantes para evaluar su visión sobre los temas ambientales. Luego se trabajó Química Verde en el aula, como ya se explicó. Durante este proceso se

observaron las actitudes de los estudiantes en el aula y en los recreos, en cuanto al cuidado de su entorno desde un enfoque ambiental. Por ejemplo su disposición a tirar los residuos en los lugares dispuestos para tal fin. Al final del curso se aplicó otra encuesta similar a la aplicada al principio del mismo, para comparar resultados. Luego de pasado un año se realizaron entrevistas a algunos estudiantes para evaluar la persistencia de los conocimientos y cambios de actitud (si los hubiese).

3.3.2. La introducción de conceptos de Química Verde en educación secundaria, ¿tiene una influencia favorable en la motivación y el aprendizaje de la asignatura?

Según la investigación realizada por Escalona y Pérez (2006) con estudiantes de la Escuela de Educación de la Facultad de Humanidades y Educación de la Universidad de Los Andes en Mérida, Venezuela, la mayoría de los encuestados consideran que la Educación Ambiental (E.A.) está relacionada con Ecología, con la Biología y con la Sociología, pero desestiman que este sea un tema que atañe a la Química. Coincidimos con los autores en señalar que consideran esto un:

...hecho muy grave, a nuestro juicio, dado que en el espectro de análisis de la problemática mundial, los grandes temas apuntan justamente a, por ejemplo, Protocolo de Kioto, referido a regulación de sustancias químicas en la atmósfera, Convención sobre Desertización referida al mal manejo de bosques, y sembradíos con el consecuente uso indebido de sustancias Químicas en la industria agrícola, entre muchos otros. (Escalona y Pérez, 2006:489).

En el presente trabajo de investigación, se pretende averiguar si el comenzar a vincular la Química con la solución de

problemas ambientales puede contribuir a mejorar la imagen de esta asignatura. Se considera que esta mejora de la imagen, puede contribuir a favorecer la motivación y el aprendizaje. (Furió, 2006). Se espera lograr la mejora en la motivación, a partir de trabajar Química como una ciencia que procura solucionar y prevenir problemas que nos atañen a todos, y no como la ciencia que provoca dichos problemas. Desde otro enfoque, el estudio desde la perspectiva de la Química Verde, facilita el trabajo considerando la diversidad en cuanto a intereses, estilos de aprendizaje e inteligencias múltiples, debido a que su enseñanza abarca muy diversos aspectos referidos a la propia Química, pero también a la Biología, a la Física, y muy especialmente a las Ciencias Sociales. La mejora en los aprendizajes se espera como una consecuencia de la motivación, y también como resultado de trabajar en una forma más diversificada, con una evaluación consecuente con la metodología de enseñanza. Como señalan Pozo y Gómez Crespo: “*La investigación psicológica ha mostrado la importancia de la motivación en el aprendizaje. Sin motivación no hay aprendizaje escolar.*” (Pozo y Gómez Crespo, 1998: 45). Para determinar si esto se logra o no, y en qué grado, se utilizarán las mismas herramientas ya mencionadas en el apartado anterior: encuestas y entrevistas.

4. Resultados de la investigación

Definición de la muestra para las entrevistas:

Se procuraron aportes desde tres puntos de vista complementarios: un experto en el tema Química Verde, profesores de Educación Secundaria y estudiantes que habían participado en la experiencia de inclusión de contenidos de Química Verde.

Experto calificado:

Se entrevistó a un doctor en Química, exdecano de Facultad de Química de la UDELAR (Universidad de la República), coordinador de grupo de investigación en Química Verde de dicha Facultad.

Docentes de Química

Definición de la muestra

La elección de la muestra fue intencionada. Se eligieron docentes que tienen algunos años de experiencia docente, lo que les permitiría analizar sus propias prácticas, pero a la vez que tienen expectativas de seguir trabajando algunos años más sin jubilarse, de manera que dispongan de suficiente tiempo laboral como para desarrollar y perfeccionar innovaciones. Atendiendo a estos requerimientos, se fijó como límite mínimo de experiencia ocho años de trabajo, y como límite máximo, dieciséis años de trabajo. A la vez se seleccionaron docentes con experiencias de trabajo lo más diversas posibles: que trabajan o han trabajado en instituciones educativas públicas y privadas. Dentro de las instituciones públicas, se buscó profesores que trabajan en Ciclo Básico de Educación Secundaria de la ANEP (estudiantes de entre 12 y 14 años) y profesores que trabajan en Bachillerato de Educación Secundaria de la ANEP (adolescentes de entre 15 y 17) años. Dentro del perfil de los liceos en los que trabajan, se

eligieron docentes de liceos de la zona metropolitana de Montevideo, y de zonas periféricas de Montevideo y Canelones, donde también se realizó la experiencia de inserción de Química Verde. También se buscó docentes que tienen experiencia de trabajo en educación técnica vinculada a la Química. En Uruguay, la educación técnica es desarrollada principalmente por el Consejo de Educación Técnico Profesional (ex Universidad del Trabajo del Uruguay, UTU), que se encuentra dentro de la ANEP. Se entrevistaron docentes que se han desempeñado en formación de docentes y en Educación Química a nivel universitario.

Se entrevistaron dos profesores y cuatro profesoras de Química de tercer y cuarto grado (8 a 16 años de trabajo). El hecho de que los integrantes de la muestra sean mayoritariamente de género femenino, es consecuencia de que también es mayoritario el género femenino, entre los profesores de Química en Educación Secundaria de la ANEP, según se desprende de la observación del escalafón docente (CES, 2011).

Con el fin de mantener la confidencialidad de los datos, no se explicitan los liceos, ni el nombre de los docentes. Se identifican con la palabra Entrevistado y el número correlativo de la entrevista. Este número surge del orden cronológico en el que se realizaron las entrevistas.

El perfil particular de cada uno de los entrevistados, es el siguiente:

Entrevista I: Profesora de Química en Educación Secundaria, Facultad de Química y carrera de tecnólogo químico (UTU – Facultad de Química). Actualmente trabaja en tercer año de ciclo básico en un liceo en Montevideo. Posee experiencia en bachillerato y Formación docente.

Entrevista II: Profesor de dos liceos de Canelones (zona metropolitana). Ayudante Preparador de Laboratorio. Actualmente dicta clase en Bachillerato de Educación Secundaria de la ANEP. También trabaja en Ciclo Básico de Educación Secundaria de la

ANEP. Además se desempeña como Profesor de Química en un liceo privado.

Entrevista III: Profesor de Educación Secundaria y Formación Docente. Ayudante Preparador de Laboratorio en Formación Docente. Dicta clases en bachillerato de liceo privado de Montevideo. Posee experiencia en ciclo básico y bachillerato de liceos de Canelones.

Entrevista IV: Profesora de bachillerato tecnológico (UTU) en Montevideo y bachillerato en liceo público de Montevideo. Ayudante Preparador de Laboratorio en UTU. Posee experiencia en ciclo básico.

Entrevista V: Profesora de Ciclo Básico de Educación Secundaria en un liceo de Montevideo y en liceo privado en la Costa de Oro. Sin experiencia en Bachillerato.

Entrevista V: Profesora de Bachillerato en dos liceos de Montevideo. Ayudante Preparador en liceo de bachillerato en Montevideo.

4.1 Entrevista a experto

Pauta de entrevista

- 1) ¿Desde cuándo trabaja usted en Química Verde?
- 2) ¿Cómo y por qué sus investigaciones se dirigieron hacia ese enfoque de la Química?
- 3) ¿Cómo explicaría qué es la Química Verde a alguien que no es un especialista en Química?
- 4) ¿Qué importancia tiene la Química Verde para la sociedad en general?
- 5) ¿Qué importancia tiene la Química Verde en la educación?
- 6) Al trabajar Química Verde en Educación Universitaria, ¿encuentra que existen carencias en conocimientos previos que debieran traer de Educación Secundaria? ¿Cuáles?
- 7) ¿Considera que se puede enseñar Química Verde en Educación Secundaria?
- 8) En ese caso ¿qué se debería enseñar y cómo?

9) ¿Qué cree que aportaría la enseñanza de la Química Verde en Educación Secundaria?

10) ¿Quiere aportar algo más sobre el tema?

Muchas Gracias!

Análisis de la entrevista

La entrevista tuvo la característica de ser mucho menos estructurada de lo previsto, ya que el entrevistado se mostró dispuesto a ampliar la temática mucho más allá de las preguntas que se le plantearon, pero sin salirse del tema. En base a su discurso se pueden distinguir los siguientes subtemas, que intencionalmente, y para facilitar la lectura se han señalado en negrilla:

- Conceptualización de Química Verde.
- Historia y Fundamentación del surgimiento de la Química Verde
- Ramas de la Química que involucran la Química Verde.
- Implicancias para la sociedad.
- Estado del tema en Uruguay.
- Implicancias para la educación en general y para la educación secundaria en particular.

Conceptualización de Química Verde:

Según el entrevistado Química Verde es un nombre que Anastas y Warner, químicos norteamericanos, le dieron a una filosofía que ya se venía imponiendo en el trabajo de los químicos. Estos autores recogieron todas esas experiencias, las unificaron con un concepto, y enumeraron una serie de principios que ya se estaban aplicando, y que quedaban incluidos dentro de dicho concepto.

En palabras del entrevistado: *“Química Verde es un nombre llamativo para una actividad que los químicos han ido*

realizando en forma creciente a través de los últimos, yo que sé, cuarenta años...”

Para el experto, el primer principio ya se puede decir que define el concepto de Química Verde, y los siguientes son puntualizaciones para poderlo llevar adelante: *“Pero el asunto es que el ítem uno de la Química Verde: es mucho más simple no hacer mugre que limpiarla, cuando todo el esfuerzo de los Químicos había estado en limpiar mugres anteriores. Y eso después se lo dicen a uno, y uno dice ¿cómo no se me ocurrió?, lo escribía yo y era famoso. ¡Una tontería! ¡Es de cajón!*

Y ese, ese es el principio número uno, el principio no, la... estrategia número uno. No hacer mugre, para empezar. Y después los otros once ítems son todas especificaciones en síntesis, en procesos, en el uso de energía. Si la idea es esa la energía hay que hacerla producir.”

El experto concluye que la Química Verde es más artificial que la Química tradicional. Dejando en claro así que artificial no es sinónimo de malo. La Química Verde es artificial porque es un tipo de investigación en el que el investigador controla la mayor cantidad de factores que puede. Trabaja pensando no solo en el proceso, si no en las etapas previas, y muy especialmente en qué sucederá con los productos de su trabajo: *“Ahora me interesa conceptualmente la Química Verde porque los químicos, la Química es una cuestión que es... como se puede decir... un noventa por ciento artificial. Y la Química Verde es una visión mucho más biológica de esa Química artificial. Entonces es ¿cómo hago con esta Química artificial, procesos que remedan a los biológicos, en el sentido de que lo que termina saliendo al final no afecta los equilibrios naturales que ya existen? Entonces es como una Química artificial, doblemente artificial. No solo es artificial lo que hago en el laboratorio, si*

no que es artificial la selección natural de esos productos que yo hago. Es decir lo hago pensando. No como la naturaleza que lo hace suicidando a los que no sirven. Yo fusilo productos. No fusilo gente.”

Historia y fundamentación del surgimiento de la Química Verde.

La Química Verde surge como resultado de la confluencia de una serie de factores, varios de ellos originados por la propia ciencia Química:

a) El crecimiento demográfico, potenciado en parte por la propia Química: *“los Químicos, en su momento más glorioso estaban generando las bases de sus... apremios actuales. Ahora, los químicos, que son personas, para los de Gualeguaychú son cosas. Los químicos hacen esto...: los productos químicos hacen esto. Los químicos hacen otras cosas. (Pausa) Nosotros logramos con las cuestiones de sanidad urbana, digamos, eso es la sanitación, que los químico son más bien los Ingenieros, con una parte de apoyo de los químicos en la parte de tratamiento final de residuos. En la parte medicinal, el impacto de los químicos fue brutal porque no sólo lograron, vamos a decir, que la edad promedio de treinta o cuarenta años era en el año 1850, se pasó a ochenta ahora. Y de esos cuarenta años, treinta deben ser químicos porque la gente, si uno se pinchaba con un clavo tenía buenas chances de morirse. Ahora es... nada. Entonces, el éxito fue tan retumbante que tuvo un resultado que era previsible pero que nadie se lo veía que la población pasó de mil millones de personas a seis mil millones, y seis mil millones comen seis veces más que los mil millones...”*

b) La demanda de recursos materiales originada por ese mismo crecimiento demográfico y por el crecimiento tecnológico:

“...y además, lo estamos viendo ahora, los chinos uno iba y les tiraba arroz, y ahora dicen no, no, quiero tener un auto para mí solo. Entonces son mil millones de autos y mil millones de toneladas de hierro que hay que producir...”

“...aumenta la población pero aumenta mucho más el consumo porque cambian las aspiraciones de la gente y ¡yo que soy un jubilado, tengo acceso a más cosas que lo que tenía el rey de Inglaterra en el año 1850! Tengo mucho más, logro hacer muchas más cosas, y no sólo eso, yo logro hacer cosas que yo mismo cuando yo fui a estudiar a Inglaterra, yo no pude hacer cosas que ahora sí, no sólo le escribo a mi hijo sino que lo veo. Le hablo y me cuesta siete centavos de dólar hacerlo. Llamar por teléfono cuando yo estaba allá costaba veinte libras y yo no tenía teléfono en casa.”... “Entonces, los químicos que han de fabricar acero, hasta hacer pan con grasa, todo la Química influye en el pan con grasa en un veinte por ciento del total, y en hacer acero en un cincuenta por ciento. Es Química, es cosas de Química que se hacen. Entonces la Química tiene que encontrar como se hace más pan con grasa, y como hacer más acero sin generar diez veces más residuos, ¡diez veces más residuos!, en ninguna de las puntas.”

c) Descubrimientos antropológicos que evidencian la desaparición de ciertas culturas por un manejo ineficaz de los recursos naturales: *“...creo que hasta la parte de Antropología contribuyó, porque uno tenía una idea de la historia bastante lineal, esto pasó, esto pasó y estamos acá. ¿Por qué habían desaparecido los mayas y por qué estaban los templos de angkor wat metidos en el medio de la selva? No se sabe... Estudiando más la parte antropológica, se vio que efectivamente eran naciones muy desarrolladas para su tiempo que se habían autodestruido, porque no habían tenido en cuenta algo, el agua en los Mayas o no sé qué diablo, creo*

que la extensión grosera de la ciudad en el caso de los birmanos.”

d) **Motivos económicos.** La Química Verde indirectamente, al incluir la mayor parte de los reactivos o materia prima en los productos deseados, al trabajar en microescala, utilizando menos reactivos para el análisis, al procurar el ahorro de energía; logra un ahorro económico que beneficia a la industria y a la investigación: *“Pero la reducción de escala macro a escala semi-micro, fue por economía, no fue por vamos a decir por las cosas que tenía, no era porque fuera menos contaminante ni porque fuera menos peligroso ni porque fuera menos nada, fue porque un litro de benceno costaba treinta dólares y no le podíamos dar quince dólares para que cada uno en la práctica hiciera la reacción. Le podíamos dar quince mililitros. Entonces la práctica pasó de costar treinta dólares a costar un dólar veinticinco. Entonces con la misma plata metíamos veinte chiquilines. Pero lo hicimos, o sea que caminando para atrás embocamos en una de las bases de la Química Verde: usar menos para logra el mismo proyecto, en este caso educativo. Con este esquema muchas otras cosas se pasaron a reacciones en solventes clorados se pasaron a reacciones en agua pero porque el agua uno la sacaba gratis, en los institutos del estado el agua es gratis, y no porque el tetracloruro de carbono fuera tóxico. Yo llegué a usar tetracloruro de carbono acá, vi como se dejó de usar porque era costosísimo. ... Este medicamento lo hacemos así shhh y me da este isómero, este isómero, este isómero. Separarlos cuesta un disparate entonces le damos los cuatro isómeros porque uno le sirve y los otros el organismo los procesa y chau. Y este que era de un grupo de muy buenos sintetizadores dijeron no, lo que tenemos que hacer es buscar una ruta de síntesis que solamente nos dé el producto que sirve. Primero, le damos solo el producto, no un veinte un*

veinticinco por ciento del producto útil, sabemos la toxicidad de eso y no nos importan la toxicidad de las otras cosas y el proceso de síntesis es un proceso simple, después que lo invente veo como hacerlo tan barato como el mal proceso. Entonces, por otros motivos que era por los pleitos y por los costos, los laboratorios farmacéuticos también hicieron Química Verde dentro de su rubro.”

e) Mayores conocimientos por parte de los químicos, lo que permite predecir y evaluar mejor las consecuencias de los productos: *“...como dicen Anastas y Warner, el problema es que los químicos ahora sabemos tanto de la Química, el modelo que generaron los químicos de átomo, molécula, reacciones, es tan poderoso... Yo hago el dibujito de una molécula y le puedo decir: va a formar cristales, va a tener color, va y ya hemos probado otras pero te puedo decir va a ser tóxica y se va a descomponer y va a dar algo espantosamente tóxico o se va a descomponer y va a dar agua. Entonces, eso que los químicos no ponían en su esquema, ahora si lo pueden poner. O sea los químicos son tan responsables como todos los otros de no generar procesos que son eventualmente dañinos.”*

Ramas de la Química que involucran la Química Verde

Durante el desarrollo de la entrevista, el experto explicitó una serie de temas dentro de la Química, en los que la Química Verde está implicada:

- Obtención de isómeros específicos.
- Reacciones fotoquímicas.
- Líquidos iónicos como solventes.
- Biotransformaciones.
- Uso de solventes y reactivos en estado supercrítico.

Obtención de isómeros específicos. Los isómeros son grupos de sustancias que tienen los mismos átomos formando la molécula, pero unidos de distintas maneras, por lo que pueden tener distintas propiedades. En muchos casos, especialmente los llamados enantiómeros, en los que una molécula tiene una similitud con la otra como la mano izquierda con la derecha (relación especular), una de ellas puede tener acción terapéutica y la otra tóxica. Por su similar estructura son muy difíciles de separar. Este es el muy conocido caso de la talidomida que se comercializó en España por la década del sesenta. Un isómero de la talidomida tenía acción analgésica y el otro mutagénico. Eso se desconocía y se comercializaban mezclados. Así empezaron a aparecer casos de bebés que nacían sin miembros, porque sus madres habían consumido este analgésico.

La Química Verde procura producir solo el isómero beneficioso, para evitar tener que separarlos. Retomando la cita anterior del experto: *“Este medicamento lo hacemos así shhh y me da este isómero, este isómero, este isómero. Separarlos cuesta un disparate entonces le damos los cuatro isómeros porque uno le sirve y los otros el organismo los procesa y chau. Y este que era de un grupo de muy buenos sintetizadores dijeron no, lo que tenemos que hacer es buscar una ruta de síntesis que solamente nos dé el producto que sirve. Primero, le damos solo el producto, no un veinte un veinticinco por ciento del producto útil, sabemos la toxicidad de eso y no nos importan la toxicidad de las otras cosas y el proceso de síntesis es un proceso simple...”*

Reacciones fotoquímicas: Procesos químicos en los que se usa luz con una frecuencia específica: *“la fotoquímica es la alternativa de reacciones Químicas más verde de todas. Luz tenemos siempre. Lo que pasa que la luz que recibimos es muy compleja. Puede producir un montón de reacciones diferentes, aún en la misma molécula, porque depende sector*

del espectro excita que parte de la molécula.”... “Y eso lo estamos haciendo también a medias con mi hijo que está en Estados Unidos y tiene mucho mejor equipo de espectroscopia para trabajar y hacer estructuras. Y lo que financiaba todo era el otro aspecto de la fotoquímica: es productos que absorban luz ultravioleta y que no se descompongan en el proceso. Sobre todo que absorban luz ultravioleta del espectro de la luz solar, o sea que puedan ser utilizados como protectores solares, que da la carambola que es un tema interesantísimo para lugares como Uruguay, o como Australia, o como Sudáfrica, donde uno tiene una población que no era de ahí, recibiendo una cantidad de sol, a la cual su evolución no lo llevó para ahí. Entonces tenemos un montón de escoceses en Australia que se mueren de cáncer de piel. Están las dos condiciones erradas para vivir. Pero son veinte millones. Entonces, Uruguay es un poco menos, porque somos una población más mediterránea. Sudáfrica es muy parecido porque son holandeses e ingleses los que están ahí.”

Líquidos iónicos como solventes. Los líquidos iónicos son sales orgánicas con bajo punto de fusión. Es decir, que a temperatura ambiente generalmente son líquidos. Pero a su vez, son muy poco volátiles, lo que elimina o limita los problemas de otros líquidos utilizados como solventes orgánicos, que contaminan al evaporarse. Tienen la ventaja de ser muy buenos solventes para sustancias que no se disuelven en otras sustancias: *“...cuando acá vinieron los de la American Chemical Society, y dieron el cursillo de Química Verde, apareció uno que habló de que habían sales orgánicas de bajo punto de fusión, que les llaman iones líquidos. Y que uno, que él trabajaba mucho, disolvía la celulosa. Qué a mí me pareció fantástico.”*

Refiriéndose a este tema, el entrevistado manifiesta su experiencia en este campo: *“mi hijo estaba trabajando*

resonancia magnética, y le digo: Loco, escríbele a esta persona, porque sería la única forma de ver cómo está la glucosa, cuando está disuelta. Cómo es la glucosa realmente. Porque la ves por rayos X. Nunca la ves en... flujo, digamos. Haces una reacción con glucosa, y con celulosa. Y por acá puedes ver cómo es la reacción. La idea estaba bien. Pero tenía un agujero así en el medio, que es, el líquido iónico es orgánico. Tiene carbono que absorbe la energía. Pero da la casualidad que son carbonos alifáticos y aromáticos. Y tiene un agujero, donde justo caen los carbonos unidos a OH. Entonces esto se ve espectacular: Logramos hasta publicar un par de trabajos de eso. Una cosa divertidísima que hicimos, fue agarrar bananas, que son casi todo almidón. Agarrarlas verdes, cortarlas. Liofilizarlas para sacarles el agua. Disolverlas, y se ve almidón. Dejarlas que se vayan amarillando y se empieza a ver sacarosa, y glucosa, y fructosa, y cada vez más. Y el almidón va bajando y desaparece. Entonces, realizamos el análisis real de la maduración de la banana, sin hacer ni una reacción química. Y con datos que son mejores que los químicos. Porque los químicos al final hacen azúcar reductora. Entonces, entre fructosa y glucosa no pueden hacer una separación. Nos divertimos como locos, porque era como un chiste. Hacer una broma. Y salió un trabajo espectacular. Un trabajo espectacular. Qué puso el énfasis. Además puso el énfasis... Después lo tuvimos que hacer disolviendo madera. Puso el énfasis en que uno puede disolver azúcares, polisacáridos, y eventualmente biomasa, sin ninguna reacción Química, y terminando con esos productos para lo que uno quiera. Entonces una vez que los tiene disueltos, quiere hacer reacciones Químicas. Tiene que buscar un reactivo, que no reaccione con el líquido iónico, y que reaccione con lo uno quiere.”

Luego relativiza el concepto de verde en los líquidos iónicos: *“Pero eso, vamos a decir, una cosa que uno dice: “Es Química Verde”. Y se queda serio, porque cuando uno mira las moléculas que es la sal. Si esto es verde, y mi abuelita... Es una molécula... no digo terrorífica... pero uno la toma... ¡Y hay que hacerla! Entonces, la Química Verde, si yo parto del frasquito de... Pero si yo parto de los productos iniciales para hacer el líquido iónico, y lo incluyo todo eso, es muchísimo menos verde.”*

Biotransformaciones. Reacciones Químicas producidas por enzimas seleccionadas para obtener productos específicos. *“Los de Orgánica están haciendo biotransformaciones con enzimas, por lo menos, varios grupos están haciendo biotransformaciones con enzimas.”*

Uso de solventes y reactivos en estado supercrítico

Una sustancia se encuentra en estado supercrítico, cuando está a una temperatura y a una presión superior a su punto de ebullición normal. En esas condiciones, las sustancias tienen propiedades intermedias entre las de un líquido y un gas. Entre esas propiedades, una es la solubilidad. Una sustancia en estado supercrítico puede disolver otras que no podría disolver en estado líquido. *“El grupo de investigadores que trabaja con I., están trabajando por un lado con biodiesel, y sobre todo, no sólo con biodiesel, sino con aceites modificados o grasas modificadas que pueden ser usadas hasta como solventes para otras cosas, porque son absolutamente verdes, y también solventes supercríticos.”*

En última instancia, el entrevistado termina planteando que cualquier trabajo en Química puede implicar la Química Verde: *“ideas de la Química Verde también repercutiendo en todo lo*

que es procesos químicos: estrategia de síntesis, reactivos que se utilizan, cantidades que se utilizan, cómo se eliminan los residuos, cómo se hacen los análisis, cómo se hace vamos a decir, los métodos de calentamiento, el uso de catalizadores... Entonces, todo estudio químico termina involucrado en algún aspecto de la Química Sustentable.

Implicancias de la Química Verde para la sociedad

El entrevistado se refiere a la mejor forma de explicarle a la sociedad, la importancia de la Química, cambiar la imagen negativa que hay de los químicos, y explicarle en términos comprensibles que es la Química Verde. Retomando parte de una cita anterior y ampliándola: *“Los químicos hacen otras cosas. (Pausa) Nosotros logramos con las cuestiones de sanidad urbana, digamos, eso es la sanitación, que los químicos, más bien los ingenieros, con una parte de apoyo de los químicos, en la parte de tratamiento final de residuos, en la parte medicinal, el impacto de los químicos fue brutal, porque no sólo lograron, vamos a decir, que la edad promedio de treinta o cuarenta años en el año 1850, pasó a ochenta ahora.” ... “Ahora ¿Cómo explicaría que es Química Verde a alguien que no es especialista en Química?*

Y bueno. Un poco lo dicho: Como sé que la situación actual es insostenible, tiene que hacerse sostenible. Tengo que buscar una Química que permita que eso sea sustentable a largo plazo. Y la importancia que tiene la Química Verde es... ¡Porque la hacemos o desaparecemos! (con énfasis). Vamos a decir... Porque nos parece que estamos haciendo más mugre de la que la naturaleza puede sostener. Es porque, ahora sabemos, que gente que hizo lo mismo se la llevó el... tiempo.”... “Entonces la Química Verde lo que intenta es modificar el ambiente, o modificar lo que se hace

en el ambiente de forma que esos habitantes en particular, nosotros, tengamos chances de sobrevivir.”... “Porque los de CONAPROLE no saben cuánto de Química están usando, hasta en los envases. Y entonces “yo no uso Química” dice el chacarero. Y después sale y fumiga los tomates. Entonces, es monumental la cantidad de Química que se aplica todos los días en Uruguay. Lo único que los uruguayos no lo saben. “No quiero que ISUSA esté cerca de mi estancia.” Allá en Soriano. (La inauguran hoy o mañana). Entonces, sí loco. ¿Dónde quieres que saquen el fertilizante que vos, ¡vos!, pones en tu campo? De algún lado lo tienen que sacar. En algún lado tiene que estar esa fábrica. Y lo que podes exigirle es que esa fábrica no te contamine, ni el agua, ni el aire, ni hagan macanas en la carretera. Pero hay que hacerlo, porque se consumen miles de toneladas de fertilizantes. Miles de toneladas de agroquímicos. Miles de toneladas de pulverizantes. El agua que tomamos en Montevideo, que es razonablemente buena, usan miles de toneladas de cosas que les ponen allá, en Santa Lucía. Entonces la Química está metida adentro. Pero hay que hacer una Química que pueda vivir con todos los otros. Y ayudar a todos los otros a vivir entre sí. Porque no es solo que yo haga mis pesticidas bien. Es que el otro los use bien. Que hay una parte que no queda dicha.”

Estado del tema en la Facultad de Química de la UdelaR

De la entrevista se desprende que en el Uruguay, a nivel de investigación, se están llevando adelante varias investigaciones vinculadas a Química Verde. Pero, en muchos casos, los propios investigadores no lo tienen como objetivo, o no son del todo conscientes, que lo que están haciendo es Química Verde. Asimismo, según el entrevistado, sería deseable que la Facultad

de Química planteara el trabajo en Química Verde como un objetivo formal. Esto tendría como resultado una visión más positiva de la Química en Uruguay, tanto para nuestra sociedad, como para el exterior: *“Yo les he dado un curso, una clase acá en Facultad, y cuando uno empieza a ver qué gente trabaja en Química Verde acá en Facultad, debe haber... más de la mitad de los grupos deben hacer cosas que uno puede decir esto es Química Verde. Porque los de A. pasaron de análisis, donde tiraban gotas de dicromato, a papelitos que son reactivos que dicen sí o no. Los de t. hicieron todos los análisis de plomo en sangre, que terminó con una ley que sacó el tetraetilo de plomo de ANCAP. El grupo de I., está trabajando por un lado con biodiesel, y sobre todo no sólo con biodiesel, sino con aceites modificados o grasas modificadas, que pueden ser usadas hasta como solventes para otras cosas, porque son absolutamente verdes, y también solventes supercríticos. Y eso es un grupo de FQO, digamos, está en alimentos pero es de otro lado. Los de O. están haciendo biotransformaciones con enzimas, por lo menos varios grupos están haciendo biotransformaciones con enzimas. Y los de I. están trabajando con complejos, posiblemente sean los que menos conceptos de Química Verde tienen. Los de A., K., está trabajando en microescala, en procesos de difusión que se puedan aplicar en escala micro y en flujo. Pero extrañamente, la Facultad lo que no tiene es una declaración. Yo estoy tratando de convencer a M., que un día agarre su banqueta. Se pare arriba, y diga: “La Facultad de Química se va a volcar a la Química Verde. Está volcada, pero que lo pongan como un reclame. Porque los químicos tenemos mala fama, y tendremos que hacer lo posible para salir de esa mala fama.”... “Entonces lo extraño en la Facultad de Química es que no hay que convencerlos. Todos están de acuerdo. Porque todos primero hicieron la reducción de escala. Todos como son*

así, (hace un gesto expresando que son tacaños) *escriben del lado de atrás de la hoja. Y si uno les dijera, y la hoja escrita de los dos lados, después la pones en un tacho que se la lleva un recolector, y la transforman en cartón. Todo el mundo le diría “que buena idea”. Ya no hay nadie que esté en la teoría de “no seas tarado, que va a influir eso. Yo sigo...” No hay nadie. Pero tampoco hay una declaración de principios. Lo que me llama la atención. Porque después los Gualeguaychu dicen cualquier cosa de la Química. Y los de acá lo que pueden decir es: “mentira, mentira”. ¡No! ¡No!. Tenemos que estar subidos arriba del podio y diciendo: “No lo hago porque vos me lo dijiste. Lo hago porque yo tengo principios éticos.” Qué será cierto o no será cierto. Pero el noventa por ciento de los que dicen yo tengo principios éticos y morales, lo están diciendo para curarse en salud, antes que los agarren.”*

Implicancias para la educación en general y para la educación secundaria en particular

La Química Verde debe enseñarse porque sus principios están implicados para cualquier actividad que se realice. Esto es expresado por el entrevistado al referirse a cómo la Química Verde está implicada en el trabajo de CONAPROLE, en una fábrica de fertilizante, en el trabajo de un granjero y en la potabilización del agua. En la misma línea de pensamiento expresa que la difusión de la Química Verde, a través de la Educación, contribuye a cambiar la imagen que tiene la sociedad sobre los químicos: *“¿Qué importancia tiene la Química Verde en Educación? Mucha. Porque, para los químicos, es explicarles al resto que la Química Verde es tan parte de la sociedad como todo lo otro. Porque, actualmente somos vistos como una excrecencia de la sociedad, que trabaja en contra, o a pesar de todo lo que quieren los otros. Bueno,*

haciendo Química Verde, los químicos están incluidos dentro del funcionamiento regular de la Educación.”

Cómo no está explicitado si, en este caso, el entrevistado se refería a la Educación Secundaria, se le pidió que expresara claramente su opinión sobre la enseñanza de la Química Verde en este nivel, a lo que respondió: “Es lo que viene ahora. Yo creo que en Secundaria, no solo que se puede. Es que se debe. Hay cosas que son conceptos casi biológicos: adaptación biológica, mutaciones que lo tendrían que enseñar los de Biología, pero tenemos que saber los de Química que es así. Y que si nosotros pretendemos mantener estable una sociedad, que es formada por gente como nosotros, tenemos que adaptar lo que sucede en el entorno a esos habitantes en particular. La Biología lo que hace brutalmente seleccionar los habitantes para el entorno. Bueno, la Química Verde tiene que hacer al revés. Tiene que elegir el entorno, para que los habitantes, que son ellos. A la Biología le importa un rábano que desaparezcamos todos nosotros y que quede una raza de amibas que logra sobrevivir en el Uruguay. La Biología está tan contenta como con nosotros, porque hay seres vivos, que viven, se reproducen. Si todo bárbaro. Serán, yo que sé, comadreja y pajaritos. Le importa poco. Pero el problema es que a nosotros sí nos importa un montón. Entonces la Química Verde lo que intenta es modificar el ambiente, o modificar lo que se hace en el ambiente de forma que esos habitantes en particular, nosotros, tengamos chances de sobrevivir. Los biólogos lo que nos tienen que decir es que la naturaleza es ciega. Queda alguien vivo. Bravo. No queda alguien vivo. Bueno, ya llegará alguno flotando que lo hará, O saldrá alguno de adentro del agua que lo volverá a hacer, como lo hicieron hace tres mil millones de año. No le calienta demasiado todo eso a la naturaleza. Pero para nosotros es

crucial. Y sin una Química orientada hacia lo verde no lo podemos hacer.”

A continuación de esto refiere los ejemplos de las implicancias de la Química Verde, ya referidas y citadas anteriormente.

En la anterior cita también se evidencia, algo que apareció en forma transversal durante toda la entrevista, la vinculación de la Química Verde con la Biología y la Ecología.

Esta posición del entrevistado afín a la inserción de Química Verde en Educación Secundaria, permite que los estudiantes conozcan este enfoque cuando recién comienzan a hablar de Química, y es en esta etapa que se puede llegar un más amplio espectro de ciudadanos. Sobre todo en el Ciclo Básico y Primer año de Bachillerato. Si se espera a enseñar Química Verde en los cursos posteriores, la diversificación del Bachillerato evitaría que algunas personas accedieran a esta perspectiva de la Química. Es decir un estudiante que siga, por ejemplo, segundo año de orientación humanística no tendría oportunidad de conocer que existe la Química Verde, y tal vez siguiera toda su vida con la idea que todo lo “químico” o “sintético” es malo y contaminante.

Más adelante, el entrevistado se refiere a la importancia de enseñar Química Verde a los futuros químicos, poniendo la relevancia en las responsabilidades que ellos tendrán como futuros profesionales: *“los químicos están incluidos dentro del funcionamiento regular de la Educación. Y en la Educación de los químicos en particular. Es... los químicos hasta los años setenta aducían “obediencia debida”. “Lo hice porque me mandó el gerente.” ¡No! El gerente no te puede mandar porque ya sabes lo suficiente, como para que no te puedas esconder detrás de eso. Entonces tenemos que enseñarles a los muchachos, de manera que sepan que es así antes de que salgan de facultad. Y se lo podemos enseñar de forma explícita, o implícita.”*

Sobre la forma de enseñarla, plantea que una forma de hacerlo es implícitamente, generando hábitos que incluyan la Química Verde, especialmente en la parte experimental: *“El otro día compre un libro de experimentos en verde y sustentable. (Va a buscar el libro, lo abre y lo muestra): Una cosa que tiene.... Cada experimento.... Trata todos los temas... como experimentos. Explicación. Equipos. Procedimientos. Y al final trae en cada práctico como descartar los residuos. Como parte del práctico. Entonces uno dice: “Siempre lo hicimos.” Sí. Sí. Pero si uno se lo pone como un título al estudiante. El estudiante se da cuenta que eso es parte del problema. Si uno no se lo pone. Lo tira por el caño (que puede ser lo que dice el libro, “lo tira por el caño”), para el tipo cuando sale afuera, tirarlo es una opción. Tirarlo por el caño no es una opción. Entonces, hay pequeñas cosas, que los químicos que enseñan tendrían que enseñarles a los químicos que aprenden. Qué se puede hacer hasta sin decírselo. La práctica termina con lo que usted limpia y tira, en los distintos tachos de colores según lo que sea...”*

4.2. Entrevista a docentes

Pauta de entrevista

- 1) En los programas del plan 2006 de bachillerato se incluyen algunos objetivos que apuntan a tener en cuenta los compromisos sociales y ambientales de la Química. (Se leen algunos de dichos objetivos). ¿Qué opina de insertar estas temáticas en la planificación?
- 2) ¿Qué beneficios y qué problemas puede tener esto?
- 3) ¿Usted lo toma en cuenta al planificar? Si contesta Sí: ¿De qué manera?
- 4) ¿Ha oído hablar de Química Verde? ¿Qué ha oído? ¿De qué fuente ha recibido esos conocimientos: cursos, libros, revistas especializadas, en su formación docente, Internet...? (Si no conoce el tema se le dará una breve noción del tema.)
- 5) ¿Usted piensa que la Química verde se puede enseñar y o aplicar en la Educación Secundaria?
- 6) ¿En qué niveles se podría insertar?
- 7) ¿Qué puede aportar la Química Verde a los alumnos de Educación Secundaria?
- 8) ¿De qué manera piensa que se podría insertar? teórica, experimental, a partir del estudio de casos (la aclaración sólo se realizará si no comprende la pregunta).
- 9) ¿Qué opina de la formación que tenemos los docentes en general sobre estos temas: Química Verde, cuidado del ambiente, responsabilidades sociales de la ciencia?
- 10) ¿Considera que deben estar incluidos en el currículo de formación docente?
- 11) ¿Cree que se deberían hacer cursos o jornadas de actualización sobre estos temas, para nosotros, los docentes en ejercicio?
- 12) ¿Quiere agregar algo más sobre el tema?

Muchas Gracias!

Ficha técnica de la entrevista:

Cantidad de docentes entrevistados: 6.

Experiencia laboral: Entre 12 y 16 años de trabajo.

Lugares de trabajo: Liceos públicos y privados de Montevideo y Canelones, Instituto de Formación de Profesores, escuelas técnicas de Montevideo.

Período de las entrevistas: Año 2010.

Tiempo promedio de las entrevistas: 40 minutos.

Análisis de la entrevista

Un resumen de los resultados de la entrevista a los docentes aparece en la tabla 1. En la misma aparecen los temas emergentes, y las categorías que surgen dentro de cada uno de los mismos.

Gran parte de la entrevista toma como tema central el enfoque CTSA, y no directamente la Química Verde. Ello se planteó así, porque existía una presunción previa de que los docentes tienen muy pocos conocimientos sobre Química Verde, cosa que se corrobora en las entrevistas. Esta presunción parte del hecho de que la Química Verde no aparece mencionada en ningún plan de Formación Docente anterior al actual. El plan actual data del año 2008 y los docentes entrevistados, por tener más de ocho años de antigüedad, no se formaron en el mismo. Además, al momento de realizar las entrevistas, tampoco los docentes que cursan el plan 2008 habían trabajado contenidos de Química Verde, ya que la asignatura Química Ambiental y Toxicológica, que los incluye, se encuentra en el cuarto año de la carrera, por lo que recién a finales del año 2012 algunos estudiantes habrán cursado la misma. Al momento de realizar las entrevistas, tampoco se habían realizado muchas charlas o cursos de divulgación sobre este tema. Sí hay mayores conocimientos sobre el enfoque CTS que evolucionó a CTSA, dentro del cual podemos ubicar la enseñanza de la Química Verde. Además, hay que aclarar que en ningún programa de

Educación Secundaria aparece el tema Química Verde. En cambio, el tema CTSA está implícito en los objetivos de los programas que se presentan en la introducción al presente trabajo.

Los temas surgen directamente de las preguntas planteadas. Las categorías surgen de las respuestas de los docentes. En algunos casos, se nota que algunos docentes utilizan distintas palabras para expresar las mismas ideas. En estos casos se los ubica en una misma categoría.

Los temas que aparecen explicitados por los docentes, que se han agrupado para su presentación en este trabajo son los siguientes:

- Inclusión de CTSA en la planificación
- Contenidos CTSA que se trabajan o se podrían trabajar
- Elementos que favorecerían la introducción de los enfoques CTSA y Química Verde
- Dificultades en la inserción de los enfoques CTSA y Química Verde
- Conocimientos de los profesores sobre Química Verde
- Visión de los profesores sobre la Química Verde
- Nivel en el que insertarían CTSA y Q. V.
- Aportes a los estudiantes del enfoque CTSA y Q. V.
- Métodos que utilizarían para insertar la Química Verde en Educación Secundaria.

Inclusión de temas CTSA en la planificación

En este apartado se explicita, a partir de lo que expresan los propios docentes, si los temas CTSA forman parte o no de sus planificaciones. Las categorías que surgen en este contexto son “No lo incluye”, “A veces lo incluye”, dentro de esta categoría que es la más se repite en las entrevistas, aparecen tres subcategorías: “dependiendo de los estudiantes”, “dependiendo

del contenido” y “dependiendo del conocimiento del profesor sobre aplicaciones del tema”.

No lo incluye. Solo un entrevistado expresa que no incluye nunca los contenidos CTSA en las planificaciones. Según él, eso forma parte de los objetivos generales que no toma en cuenta, en parte porque no fuimos formados para trabajar desde esa perspectiva. Tal como el mismo lo expresa: *“...cualquiera de esos puntos me parecen objetivos bastante generales de los programas, de ese tipo de objetivos generales que usualmente no los tenemos demasiado en cuenta a la hora de planificar. O sea, esos objetivos que tienen más que ver con el cuidado del ambiente o con el cómo ver a la Química, pero de una de una forma muy general. Nosotros tratamos en nuestro curso de llevarlo a algo mucho más concreto, mucho más ... , mucho más a la temática particular de los cursos, eso implica de que la mayoría de esos temas no son tenidos en cuenta en ninguno de los cursos, y me incluyo dentro de las personas que no toman en cuenta esa parte de la Química, la parte de la Química en la cual nosotros tenemos que hablar acerca del cuidado del medio, de generar sujetos responsables y tomar en cuenta todo lo que tiene que ver con la conservación del medio, eso en general no está incluido dentro de mis planificaciones. (Pausa)*

Así que...lo que te decía, que opino de insertar estas temáticas, me parece bueno tratar de insertarlas, me parece bastante complicado en función de nuestra cabeza como está pensada para el diseño de los distintos programas.

Entonces, por más de que es algo bastante innovador y bastante útil para los estudiantes, el cómo insertarla en los programas me parece un poco complicado.” (Entrevista II)

A veces lo incluye dependiendo de los estudiantes. En esta subcategoría se expone que a veces incluye los temas CTSA, pero este depende de las características de los estudiantes. Algunos entrevistados lo expresan como dependiendo del contexto. Pero en realidad se refieren a las características motivacionales de los estudiantes. Así algunos profesores expresan que no pueden trabajarlos con estudiantes de contexto socioeconómico crítico, pero sí pueden trabajarlos en otros contextos, por ejemplo en liceos privados: *“También insisto en que depende del ambiente. Depende del contexto en que nos encontremos. En el liceo donde yo estoy es difícil. Es difícil. También es difícil ver que una industria sea algo motivante. Porque no hay perspectivas de... Estamos en un nivel sociocultural muy bajo. Y entonces hay poca perspectiva de nada. Entonces, en el otro liceo donde trabajo. Qué es otra zona de Montevideo. En la zona costera de Montevideo, en un liceo privado, el año pasado sí trabajamos con una industria y cuando coordinamos con el profesor de Geografía, hablamos de la industria de los minerales en el Uruguay. Y terminamos hablando de los biocombustibles. Y visitamos una industria de biocombustibles.”*(Entrevista V). Aquí aparece el tema coordinación, que evidencia algo planteado por el experto, que los contenidos de Química Verde, y más ampliamente el enfoque CTSA, se ve favorecido por el trabajo multidisciplinario. El experto lo plantea al referirse que estos contenidos también están vinculados también a la Biología.

Otros profesores marcan las diferencias entre los estudiantes “de ahora” y “de antes” y de los objetivos que tenía la educación antes y ahora. Antes el objetivo era que los estudiantes aprendieran. Ahora es que estén contenidos: *“... creo depende del contexto del liceo, en qué tipo de liceo estés, que tipo de alumnado tengas, si es un liceo tipo de guardería, o es un liceo el que estás para enseñar. En el caso de tener la*

suerte de estar en un grupo con el que puedes trabajar, como se debería trabajar en todos, pero que no se puede a mí me parece bien. Me parece que en los primeros años de la enseñanza de la Química esto puede aportar a facilitar el aprendizaje, en cuanto a que puede motivarlos. No dar solo teoría y conceptos, y solo fórmulas, si no que permite contextualizar los conceptos que uno les tiene que mostrar, y que los chiquilines tendrían que poder comprender, me parece bien que contextualices y que puede ser motivante. Ahora me parece que se presentan muchas dificultades en liceos de contexto socioeconómico bajo, por ejemplo, fundamentalmente, en donde tienes muchos estudiantes, tienes muchos estudiantes, que en realidad van al liceo y en realidad su intención no es aprender. Su intención es otra. Eso te dificulta, porque el trabajo en estas cosas te implica que ellos realmente estén comprometidos en la tarea. Porque si no trabajar contextualizando, sin que ellos se involucren, no le veo. No veo que pueda servir de algo. En realidad, a mí me pasa, con estudiantes que están ahí para molestar nada más. Eso te dificulta mucho el trabajo. Entonces te lleva tanto tiempo que, me parece que esos temas sería una clase bárbara para una clase de veinticinco gurises, que puedes trabajar bien, y que estén interesados, pero que te pueden boicotear estos chiquilines, otros. El otro tipo de chiquilines te pueden boicotear el trabajo y al final saldrías sin dar nada.”... “Ahí planifiqué todo el programa con el eje de contaminación. El efecto. La idea era el efecto que tiene el hombre con el planeta. Y entonces hablábamos mucho. Me fue bárbaro por un par de años. Hasta que vino toda esta hecatombe de de estos adolescentes diferentes. (Riéndose). Los cuales tengo un grupo de cuarenta chiquilines, de los cuales dieciséis son los que puedes trabajar y que se

interesan. Y al final soy cuidaadolescentes en vez de ser educadora de Química.” (Entrevista I)

Aquí aparecen dos temas importantes, en las características de los estudiantes. La motivación y la cantidad de estudiantes. Cualquiera de ellos como limitantes para insertar estas temáticas.

A veces lo incluye, dependiendo del contenido. En este apartado, los entrevistados manifiestan en forma más bien implícita, que algunos contenidos es más fácil trabajarlos desde una perspectiva CTSA que otros. *“Cuando nosotros vemos toda la parte de radiactividad yo incluso les propongo a ellos buscar información, información acá en Uruguay, sobre todas las utilizaciones” (Entrevista IV).*

“Pero creo que la mayoría de nosotros sí. Intenta, en cada, en cada tema, darle una aplicación. Y si podemos, darle la importancia para la sociedad. Por ejemplo, en el tema de núcleo, es muy importante la parte de la energía atómica y de las plantas... Y bueno, ahora que tenemos ciclotrón. Al menos, yo en clase trabajé toda la parte de tomografía por emisión de positrones. Para que vean la importancia que tiene. La importancia de tener un ciclotrón acá, y que se realicen... y el tomógrafo. O sea me parece importante, pero me parece un poco... eh... altos los objetivos para lograrlos. O sea, no creo que ningún estudiante de nuestro bachillerato salga con esa conciencia de la importancia de la Química, de...” (Entrevista VI).

Se observa como recurrente el tema de aplicaciones de la radiactividad.

A veces lo incluye, dependiendo del conocimiento del profesor sobre aplicaciones del tema. Algunos profesores no incluyen el enfoque CTSA, porque durante sus estudios no recibieron esta formación, y hacerlo luego requiere tiempo de

estudio, bibliografía que no siempre se encuentra fácilmente, y otra concepción de cómo enseñar.: *“Entonces me parece que hay como dos cosas. Poca información de repente para trabajarlo. ¿Sí? Simplemente hay una información vaga. O de aprobación del conjunto de los docentes, pero con grados de apropiación de contenidos que refieren a esto bien distintos. Entonces la gente queda en decir, bueno, con esto yo estoy contextualizando. Pero realmente ¿Cuánto tiempo le dediqué a esto de vincular la ciencia con su incidencia en el medio?, o de vincular, este, determinado tema específico con el impacto que pueda tener sobre un caso concreto más local o más global.”... “Y bueno, ahí depende de cuánto conocimiento, a veces, pueda tener de esto, y lo puedo hacer en algunos cursos, lo he hecho y he pasado por instancias donde de repente he leído un poco más sobre el tema.” (Entrevista III)*

“...la dificultad, que a veces lo ponemos también como excusa es la dificultad de no saber sobre el tema. Cosa que nos implica hacer una investigación exterior a los libros que tenemos. Porque a veces los libros tienen una pequeña aplicación, pero nosotros tendríamos estudiar más por fuera y a veces no tenemos tiempo. Entonces decimos, bueno no tengo tiempo en el programa, y lo pongo como excusa porque en realidad no me senté a investigar sobre estos temas...”

Trato de tomarlo en cuenta cuando planifico, sí. Ya te digo, hay cosas, hay temas, hay aplicaciones que no las doy porque no las sé. Porque me implica... pero generalmente cuando encuentro material, bueno lo intento llevar a la clase.”
(Entrevista VI)

Contenidos que los docentes dicen que trabajan o podrían trabajar con un enfoque CTSA

En el desarrollo de las entrevistas, los profesores mencionan algunos temas que han trabajado, o que se podrían

trabajar desde una perspectiva CTSA. Estos temas generalmente se repiten con algunas variantes en las diferentes entrevistas. Estos temas son: agua, radiactividad, manejo de residuos de laboratorio, riesgos en el laboratorio, "lo ambiental", contaminación, hidrocarburos, biomoléculas.

Se deduce, a partir de las observaciones realizadas en el punto anterior y a la experiencia docente del propio investigador, que la elección de estos temas, se debe a que aparece más información con un enfoque CTSA referida a ellos en los libros de textos. Por ejemplo, en los libros de texto de la bibliografía recomendada por los programas de Educación Secundaria, no aparecen algunos de los temas mencionados por experto entrevistado como ejemplos de aplicación de Química Verde: biocombustibles, trabajo en condiciones supercríticas, líquidos iónicos y fotocatalisis.

Conocimiento de los profesores sobre Química Verde

Los profesores entrevistados pueden clasificar en dos categorías según sus conocimientos sobre Química Verde: los que no habían oído hablar del tema hasta realizar, o por lo menos fijar la entrevista y los que habían escuchado hablar algo del tema. A su vez, estos últimos se pueden clasificar en dos subcategorías: los que habían asistido a charlas del experto entrevistado, y los que habían asistido a una ponencia realizada por el autor del presente trabajo. De aquí se deduce, la poca información que había sobre este tema, entre los profesores de Química de Educación Secundaria.

Los que no habían oído hablar del tema: Se incluyen en esta subcategoría, aquellos docentes que se enteraron superficialmente de qué es la Química Verde en la propia entrevista, o en charlas previas con el entrevistador, al fijar la misma. En tres de las seis entrevistas realizadas, los docentes no habían oído hablar de Química Verde. En estos casos el entrevistador, previo a la entrevista, hizo una descripción somera

de la misma. Esta descripción incluyó la definición dada por Anastas y el primer principio, referido a la prevención.

En la Entrevista II, al preguntársele si ha oído hablar de Química Verde contesta: *“He oído hablar, de vos.”* En la Entrevista IV, ante la misma pregunta, contesta el entrevistado: *“Poco he oído hablar, incluso cuando vos viniste, y M. un poco me comentaba, no, no. Me imaginaba que era, me imaginaba, pero la verdad que me lo encuadraste vos más. No, no tenía el concepto este que vos me diste.”*

En la entrevista VI: *“No...Excepto por vos. (Risas) No... Poco, he visto algún logo en Facultad de Química Verde y eso pero, no, nada más. O sea un cartel.”*

Los que habían asistido a charlas del experto:

Entrevista I: *“El primer contacto que tuve con eso fue M., en Facultad de Química. Qué empezó a hablar de la Química Verde. Era el loco de la Química Verde. Al principio en realidad no. En realidad solamente escuché hablar “de Química Verde”. Fui a un par de charlas de él. Ahora, en el 2009, hizo una charla también en el Congreso de Química Analítica.”*

Entrevista III: *“En alguna charla sí... creo que una vez ví una charla que hizo M. Un pedazo de una charla, en un curso, en esos ciclos que hacen en la Facultad. Y después alguna cosa que he leído. Pero nunca me detuve mucho a leer, en detalle no.”*

Los que habían asistido a una ponencia del entrevistador.

En la entrevista V ante la pregunta de si había oído hablar sobre Química Verde contesta: *“Sí. Por primera vez, en el Congreso del mes pasado en la ciudad de Tacuarembó. Donde escuché una conferencia que me llamó mucho la atención y me gustó. Me atrajo el tema.”*

La docente de la entrevista I, que fue ubicada en la categoría anterior también estaría dentro de esta categoría: *“Y en realidad lo que tengo más fresco es la presentación en el Congreso de Profesores de Química.”*

Resumiendo sobre este punto, puede decirse que los conocimientos sobre Química Verde de los docentes entrevistados son escasos o nulos. En el caso de la entrevista I es que manifiesta algún grado más de conocimiento del tema, pero aún en este caso, al pedírsele explicitar sus conocimientos, estos son relativamente superficiales. Pero eso se aclarará más en el apartado siguiente.

Visión de la Química Verde por parte de los docentes

Aquí se pretende rescatar qué aspectos de la Química Verde retienen de los conocimientos que tienen, o del resumen que le realiza el entrevistador cuando dicen que no conocen el tema. A partir de estas respuestas, se pretende deducir cuál o cuáles aspectos consideran más relevante, dentro de este enfoque. Tres docentes hacen mención directa o indirecta a la prevención, aunque con distintos matices. En la entrevista I se refiere a la prevención en los procesos: *“Por lo que me acuerdo... y que interpreté. La idea es que... este... a partir de la década del 90 se empezó a trabajar con... con... la idea de, no tanto trabajar con este ---con la industria contaminante cómo hacer qué... Para tratar los residuos de la industria por ejemplo. O de la industria química. Si no más bien empezar a trabajar con el proceso del... En los procesos para no producir esos contaminantes. Entonces, por lo que tengo entendido, la Química Verde trata de no atacar las consecuencias de los procesos industriales, si no que trata de atacar los procesos industriales y plantear nuevas formas de ... este ... producir cosas que tengan la misma utilidad ... o que tengan los mismos beneficios que lo que se tiene actualmente, pero que*

no contamine. O reducir al máximo. Descartar metales pesados, clorofluorados...” Si bien no aparece explícitamente la palabra prevención, está implícita al referirse a no atacar las consecuencias, si no los procesos, reducir el uso de contaminantes. En la entrevista IV aparece más explícito el concepto de prevención de la contaminación y prevención en general: *“Porque además el concepto de la prevención es fundamental. Es lo que yo te decía ahora, antes. El concepto de prevención para la vida. De qué conductas me quiero prevenir, de qué proceso me quiero prevenir para no contaminar, en el caso de la “Química Verde” o incluso yo como persona.”* Corresponde aclarar que en este caso, la docente entrevistada no tenía conocimientos previos sobre Química Verde, y saca sus conclusiones a partir de las explicaciones que le da el entrevistador. Por lo tanto, esta respuesta puede estar influenciada por la visión del entrevistador. En la entrevista V la profesora se refiere al principio de economía atómica. Dicho principio está directamente vinculado con la prevención de la contaminación, pues su enunciado se refiere a incluir la mayor cantidad de átomos posible de los reactivos en el producto deseado, logrando de esta manera, que “no sobren átomos” que formarían productos secundarios, que podrían ser contaminantes, o por lo menos habría que resolver que hacer con ellos: *“...el tema de la economía atómica que hablaste, me parece recontrainteresante para trabajar a nivel de tercero. Creo que se puede hacer cuando se trabaja con ecuaciones químicas. Y manejar esos conceptos.”* (Entrevista V).

En el caso de los demás docentes entrevistados, las respuestas son más vagas, o incluso un tanto alejadas de lo que es la Química Verde conceptualmente, confundiéndola un poco con Química Ambiental. En este caso, es interesante realizar un paralelismo entre lo que dicen alguno de los docentes y lo que dice el experto. En la entrevista III, el entrevistado se refiere a la

Química Verde como una forma de vuelta a la naturaleza a través de la extracción de sustancias de las plantas; poniéndola en contraposición con la vía sintética: *“Bueno, en realidad, que... tengo idea, bueno, que tiene que ver con, bueno, volver a la naturaleza y ver los..., de repente..., no se..., pensando..., yo que sé... una fuerte crítica a la industria de los medicamentos. Y bueno... ir a buscar esos principios activos en fuentes naturales, y ver, bueno, como desde ahí, se puede... realmente, tener potencialmente, todo una cuestión química, de extracción. Qué no es exactamente la otra ruta que había hecho el hombre en su producto. El desarrollo del capitalismo, o sea insertar la lógica de la ciencia en la lógica del capitalismo que es la producción en gran escala por vía sintética.”* (Entrevista V). Sin embargo, como ya se planteó en el apartado correspondiente, el experto nos dice que la Química Verde es muy artificial. Y claramente la Química Verde se dedica a la síntesis de nuevos productos. En algunos casos a partir de productos naturales, pero no siempre es así.

En la entrevista II, el entrevistado se refiere vagamente a cuidado del ambiente por un lado, y luego al manejo de los residuos, y el manejo cuidadoso de sustancias peligrosas: *“La idea que tengo yo de Química Verde, es el manejo de determinados aspectos de Química, que tienen que ver con el cuidado del ambiente, y de tener en cuenta determinados riesgos que toma, que tiene en cuenta el uso de una cantidad de sustancias, que nosotros las utilizamos sin ningún tipo de cuidado de que es lo que hacemos después con ellas, como las deseamos y demás. Esa es la idea que tengo yo acerca de Química Verde.”*

En términos generales, se puede decir que los conocimientos de los profesores sobre Química Verde son relativamente reducidos, en los casos que existen.

Dificultades de inserción del enfoque CTSA y Química Verde en Educación Secundaria

En este punto se encuentran las siguientes categorías: *“falta de interés de los estudiantes en estos temas”, “extensión de los programas”, “imaginario curricular de los docentes”, “falta de formación en los profesores en estos temas”, “diseño de los programas no explicitan estos temas”, “evaluación”.*

Falta de interés de los estudiantes en estos temas: En esta categoría aparece un hecho curioso, y en cierta medida contradictorio. Algunos de los docentes entrevistados mencionan la falta de interés, por parte de los estudiantes, como uno de los factores por lo que no trabaja los temas desde un enfoque CTSA, y por lo que ve difícil trabajar Química Verde. Pero luego, como se verá al analizar ese punto, consideran que este tipo de enfoque redundaría en una mayor motivación por parte de los estudiantes. A continuación se citan algunas de las expresiones referente a como la falta de motivación de los estudiantes dificulta el trabajar con estos enfoques. En la entrevista I, en la cita ya planteada en la página 99, la docente se refiere ese fenómeno. Previo a eso, la profesora estaba hablando de cómo en años anteriores había trabajado temas con un enfoque CTSA. En la entrevista VI la docente plantea. *“A mí me parece importante insertarlo. A veces me es muy difícil llegar al logro del objetivo, porque los estudiantes tienen otros intereses...”*. Luego de esto, la profesora, al ser interrogada en más profundidad, relativiza el tema, aportándole más importancia a la falta de conocimiento por parte de los docentes, y a la falta de tiempo para cumplir con los conocimientos explícitos de los programas. El entrevistador pregunta: *“Respecto a lo que vos decías, de que los intereses de los estudiantes van para otro lado ¿vos decís que la inserción de esas temáticas les interesan menos a los estudiantes, que el resto de las temáticas de Química?”* Y ella responde: *“No, no. Creo que les*

interesan más que lo que nosotros les podemos dar como contenidos. Pero, a algunos de los estudiantes. Pero muchas veces, claro, intentando nosotros evaluar entre dar las aplicaciones, y dar los contenidos que tenemos que llegar a fin de año. Que nos exigen cumplir un programa, dejamos de lado esos contenidos, para..., bueno...esto lo elimino... y sigo. Dejamos de lado esos contenidos, para dar los contenidos procedimentales, y no tanto los actitudinales.” Más adelante afirma: *“Creo que, aparte, la dificultad, que a veces lo ponemos también como excusa, es la dificultad de no saber sobre el tema.”* Dentro de los motivos por los que los docentes dicen que sus estudiantes no están interesados, algunos hablan del contexto en el que se encuentra el liceo y los objetivos que tiene el mismo. La docente de la Entrevista I diferencia entre liceos “guardería”, entendiendo como tal aquellos liceos en el que sus padres mandan a los estudiantes para que estén contenidos, acompañados y controlados, y los liceos que están para estudiar. En el primer tipo de liceos, también es donde se encuentran las clases superpobladas, en las que es más difícil la labor de enseñanza: *“Bueno, todo muy lindo, opino que estaría bueno, que puede ser muy interesante, pero... creo depende del contexto del liceo, en qué tipo de liceo estés, que tipo de alumnado tengas, si es un liceo tipo de guardería, o es un liceo el que estás para enseñar.”*... (Entrevista I). Esta misma docente se refiere a la incidencia del contexto socioeconómico y la docente de la entrevista V a la incidencia del nivel sociocultural, sobre los intereses de los estudiantes: *“Ahora me parece que se presentan muchas dificultades en liceos de contexto socioeconómico bajo, por ejemplo, fundamentalmente, en donde tienes muchos estudiantes... (Entrevista I). “...insisto en que depende del ambiente. Depende del contexto en que nos encontremos. En el liceo donde yo estoy es difícil. Es difícil. También es difícil ver que una industria sea algo*

motivante. Porque no hay perspectivas de... Estamos en un nivel sociocultural muy bajo. Y entonces hay poca perspectiva de nada." (Entrevista V). Sería un tema para otro estudio que queda fuera de la presente temática analizar si el nivel socioeconómico y el nivel sociocultural no están íntimamente relacionados, por lo que ambas docentes estarían hablando de la misma problemática.

Extensión de los programas: Entendemos por extensión de los programas la cantidad de contenidos conceptuales explícitos que aparecen listados en los mismos. Los docentes se sienten presionados a cumplir con los mismos. Eso puede constatarse en el párrafo de la entrevista VI citado anteriormente: *"nos exigen cumplir con el programa", "dar los contenidos que tenemos que llegar a fin de año"*. En la entrevista I, la profesora afirma: *"El tema de contextualizar, yo lo he hecho, enriquece mucho, pero si no se aprovechan bien los tiempos, al final tienes problemas en el cumplimiento del contenido que el programa te pide que cumplas."* En la entrevista V: *"Muchas veces mi objetivo en la enseñanza disciplinar queda a veces relegado por lo que es la necesidad del aula que lleva otro ritmo. Tienes que cumplir con el programa. A cubrirlo. A hacer algo. Pero me encantaría poder planificar un curso que esos temas estuvieran trabajados."*

Imaginario curricular de los docentes: Definimos como **imaginario curricular de los docentes al conjunto de contenidos que los docentes creen que es imprescindible trabajar en el aula.** La palabra *imaginario* fue dicha por uno de los docentes entrevistados: *"Porque de última hay toda una cuestión de...este...políticas de textos, políticas curriculares instaladas que están más o menos en el **imaginario de todos los docentes.** Es decir, uno puede trabajar en un curso particularmente, pero si tenemos que pensar*

en un examen, en un curso final, si estamos integrando, tenemos que, de alguna manera, llegar a planificar esto muy en conjunto para que los contenidos sean abordados desde esta óptica.” (Entrevista III). Otros docentes se refirieron al mismo concepto con otras palabras. Los contenidos definidos por el imaginario curricular de los docentes están en oposición a aquellos contenidos que son considerados por el docente como accesorios o complementarios. Normalmente, como lo menciona una de las entrevistadas, (Entrevista IV), los contenidos que están incluidos en el imaginario curricular de los docentes son del tipo conceptual o procedimental. Los contenidos actitudinales, normalmente, son considerados accesorios o complementarios. Ello en parte debido a que estos últimos contenidos son más difíciles de evaluar, tal como se analizará en el apartado correspondiente.

Los contenidos de CTSA, y por lo tanto también de Química Verde, son contenidos de tipo accesorio, y no forman parte del imaginario curricular de los docentes, porque son contenidos principalmente actitudinales. A continuación se presenta una de las expresiones de los docentes que manifiestan o hacen referencia al imaginario curricular, además de la ya citada mención explícita de la entrevista III: *“Bueno, cualquiera de esos puntos me parecen objetivos bastante generales de los programas, de ese tipo de objetivos generales que usualmente no los tenemos demasiado en cuenta a la hora de planificar. O sea, esos objetivos que tienen más que ver con el cuidado del ambiente o con el cómo ver a la Química, pero de una de una forma muy general y que nosotros tratamos en nuestro curso de llevarlo a algo mucho más concreto, mucho más, mucho más a la temática particular de los cursos,...”*... *“Así que...lo que te decía, que opino de insertar estas temáticas, me parece bueno tratar de insertarlas, me parece bastante complicado en función de nuestra cabeza como está pensada para el diseño de los distintos programas.”* (Entrevista II). No

queda claro cuál es el criterio para elegir ciertos objetivos y descartar otros.

Falta de formación de los profesores en estos temas: Los docentes no tuvieron formación que incluyeran contenidos CTSA o Química Verde durante su formación profesional. Sí, en algunos casos, han asistido por motivación propia a cursos de actualización sobre estas temáticas, pero dichos cursos generalmente son cortos y esporádicos, por lo que no llegan a ser una verdadera formación. Ellos mismos lo expresan así en las entrevistas: *“Ahora de ahí a que yo pueda plantear en los cursos con Química Verde, no creo que yo pueda, porque no me siento todavía capacitada, porque yo tengo poca capacitación en eso.”* (Entrevista I). *“En Formación Docente tenemos una cantidad de cursos que apuntan hacia el conocimiento de las distintas partes de la Química pero que nada tienen que ver con la Química Ambiental o con determinados puntos que nosotros tratamos de hacer de los estudiantes sujetos más pensantes. Entonces, repito, la Formación Docente es bastante deficitaria en determinados puntos. Apunta mucho al conocimiento de aspectos muy generales de Química pero no de determinados aspectos que nosotros queremos que los gurises sepan después.”* (Entrevista II) *“Poca información de repente para trabajarlo. ¿Sí? Simplemente hay una información vaga. O de aprobación del conjunto de los docentes, pero con grados de apropiación de contenidos que refieren a esto bien distintos.”* (Entrevista III).

En la entrevista IV, ante la pregunta: ¿y qué opinas de la formación que tenemos los docentes sobre estos temas? Química Verde, el cuidado del ambiente y las responsabilidades sociales de la ciencia, contesta: *“Poco, yo creo que poco. Yo ahora recuerdo, estoy pensando un poco en las asignaturas que teníamos y no..., yo creo que nos ocupábamos un poco más en Didáctica por querer hacer algo un poco diferente o... pero ahí*

está el hecho ¿por qué quieres hacer algo diferente? Porque en realidad no es un campo que está explotado, ¿no? Entonces a veces uno en Didáctica como que se esmeraba un poco más en buscar algo de eso (risa)”. En la entrevista V, ante la misma pregunta la entrevistada contesta: “Yo creo, que en cuanto a formación, ha sido siempre por motu proprio. Yo de CTS, y bueno de Química Verde escuché recién, por primera vez el mes pasado con tu conferencia. Pero de CTS he escuchado también a partir de los Congresos de Química, y a partir de ahí he leído. Pero siempre a partir de motu proprio. El que va y escucha. O el que va y busca. En nuestra formación académica como docentes, esos temas no existían.” Y en la entrevista VI: “En realidad en nuestra formación académica no tenemos nada de eso. O sea la formación que podemos tener, es porque cada uno lo haya hecho luego de terminar nuestra formación académica, o en paralelo, pero no, en la formación académica, no tenemos nada. Nada de ¿CTSA?... y de la parte de seguridad muy poco en realidad.” “...estaría bueno que pudieran, que a partir de tu trabajo lo pudieras presentar a los compañeros, y formarnos más porque así como yo lo oí el término Química Verde por vos, muchos profesores no deben saber ni que existe el término Química Verde. Muchos profesores de mi generación para arriba no deben saber ni que existe el término.”

Este uno de los pocos temas en el que coinciden todos los docentes. Su formación sobre el enfoque CTSA y Química Verde, en caso de existir, es escasa y ha sido realizada de forma extracurricular, asistemática y voluntaria.

Evaluación. Los docentes plantean que la evaluación de este tipo de contenidos plantea dificultades, como se habló anteriormente, por tratarse de contenidos actitudinales, que son difíciles de evaluar en cortos períodos de tiempo, y para lo que no

fuimos formados. Además se plantean dificultades para plantear evaluaciones coordinadas con otros docentes, ya que este tipo de contenidos deja más lugar a la subjetividad. Esto puede verse reflejado en las siguientes afirmaciones: *“Es decir, uno puede trabajar en un curso particularmente, pero si tenemos que pensar en un examen, en un curso final, si estamos integrando, tenemos que, de alguna manera, llegar a planificar esto muy en conjunto, para que los contenidos sean abordados desde esta óptica. Y entonces, que eso también, la evaluación no sea contradictoria a la forma de trabajo. Y eso muchas veces, somos demasiado esclavos de la evaluación, en el sentido más tradicional. Bueno, o en el sentido de cómo se dan generalmente los cursos. Es decir innovar también implica, bueno, este... ser fiel a eso hasta el final. Y una de las partes puede ser la evaluación. Y yo creo que en eso, en lugares donde, de repente no se termina de trabajar en grupo, porque realmente no tenemos muy aceptadas estas formas de trabajar en grupo, incluso en estas temáticas. Eso termina en, bueno, “sí, dimos algo del enfoque de los temas de la problemática de las ciencias, su aplicación. Pero después eso, en la evaluación casi no se ve.”(Entrevista III). “A veces, como que es una cosa que se le quita importancia, porque después también viene el tema de, bueno, pero ¿eso cómo lo evalúas? Entonces, lo que no es evaluable no es importante. Claro, ¿cómo evalúas un cambio de actitud?, ¿cómo? Yo sé es difícil, pero capaz que no es algo que se necesite evaluar, o capaz que tendríamos que hacer la evaluación dentro de veinte años. No sé. Me parece que lo que no es evaluable no es importante.” (Entrevista IV).*

Nivel en el que insertarían Química Verde

Los docentes lo expresan de dos formas diferentes, unos afirman que se puede insertar en todos los cursos y otros afirman

que a partir de tercer año. En 1º y 2º del Ciclo Básico se podría trabajar en Ciencias Físicas, pero esto no está explicitado. En la fundamentación todas las respuestas son muy similares. Solo difieren en la profundización del tema. Algunos aclaran que en tercer año se deberían trabajar conceptos teóricos muy generales, para profundizar y trabajar en forma experimental a partir de Bachillerato. Se presentan un par de citas a manera de ejemplo: *“No creo que en tercero lo puedas aplicar. A mí me gusta trabajar en tercero en la concientización y todo lo demás. Pero en tercero vos das base. No te pueden entender, me parece, esa altura los conceptos de Química Verde, porque no tienen todavía los conceptos de Química. Es el primer año que se supone aprenden algo de Química. Así que te diría, este..., más bien en quinto y sexto. Darle alguna noción de repente ¿no? Porque al ser tercero terminal, se supone que por lo menos que les suene algo. Pero ahora trabajar planificando con cosas que tengan que ver probablemente en quinto y en sexto.”* (Entrevista I). *“Yo no sé si depende mucho de los niveles. Yo creo que se podría trabajar en ambos. ¿No? Veo que con diferentes niveles de profundización, o de alcance. Pero yo creo que... no depende de qué nivel lo puedas plantear.”* (Entrevista III).

Aportes de la Química Verde y el enfoque CTSA en Educación Secundaria

Dentro de este punto, las opiniones aportadas por los docentes las podemos clasificar en las siguientes categorías: *“contextualización como un factor de motivación”, “pensamiento crítico”* y *“ciudadanía responsable”*. Se desarrollan a continuación.

Contextualización como un factor de motivación: Los docentes expresan de distintas maneras que trabajar con el enfoque CTSA, y con Química Verde, podría ser motivante para

los estudiantes, es decir lograr un mayor interés por aprender la asignatura, ya que estos enfoques implican necesariamente llevar los conocimientos de Química a su vinculación con la vida cotidiana de los estudiantes, y por lo tanto, los conocimientos trabajados en aula serían significativos para ellos. Expresado en sus palabras: *“Motivante en contraposición a las clases de ir y dar conceptos aislados que no tienen significado para los chiquilines. Motivante en ese sentido. Puedes contextualizar y por lo tanto ellos pueden comprender y pueden lograr un aprendizaje significativo porque puedes tocar temas que a ellos les pueden interesar. En ese sentido. Y que vean que sirve para algo la Química, que tiene algo que ver con su vida.”* (Entrevista I). *“Y los beneficios, me parece que es un poco acercarlos la Química a la vida de ellos, o sea que ellos noten que la Química está, que no es ese, esa cuenta que hacen en el cuaderno, sino que es algo que está en sus casas en su vida, que forma parte de su vida. Y desterrar ese mito, me parece de..., creo que igual después me lo vas a preguntar, desterrar ese mito de lo que es químico es malo...”* (Entrevista VI).

Pensamiento crítico. Los docentes entrevistados no se refieren estrictamente a la expresión pensamiento crítico, lo hacen con otras expresiones, pero que coinciden con el concepto de pensamiento crítico.

Entendemos que el pensamiento crítico (PC) es el juicio auto regulado y con propósito que da como resultado interpretación, análisis, evaluación e inferencia, como también la explicación de las consideraciones de evidencia, conceptuales, metodológicas, criteriológicas o contextuales en las cuales se basa ese juicio. El PC es fundamental como instrumento de investigación. Como tal, constituye una fuerza liberadora en la

educación y un recurso poderoso en la vida personal y cívica de cada uno. Si bien no es sinónimo de buen pensamiento, el PC es un fenómeno humano penetrante, que permite auto rectificar. "El pensador crítico ideal es una persona que es habitualmente inquisitiva; bien informada; que confía en la razón; de mente abierta; flexible; justa cuando se trata de evaluar; honesta cuando confronta sus sesgos personales; prudente al emitir juicios; dispuesta a reconsiderar y si es necesario a retractarse; clara con respecto a los problemas o las situaciones que requieren la emisión de un juicio; ordenada cuando se enfrenta a situaciones complejas; diligente en la búsqueda de información relevante; razonable en la selección de criterios; enfocado en preguntar, indagar, investigar; persistente en la búsqueda de resultados tan precisos como las circunstancias y el problema o la situación lo permitan. Así pues, educar buenos pensadores críticos significa trabajar en pos de este ideal. Es una combinación entre desarrollar habilidades de pensamiento crítico y nutrir aquellas disposiciones que consistentemente producen introspecciones útiles y que son la base de una sociedad racional y democrática". (Facione, 2007:21).

Veamos algunas de las expresiones que se refieren a como el enfoque CTSA y la Química Verde pueden contribuir a desarrollar el pensamiento crítico: *"Ahora, al estudiante que va a terminar en el liceo, más bien hay que darle herramientas para que comprendan ciertas informaciones que se puedan dar, o que pueda llegar a hacer un análisis crítico de alguna cosa que pase. Alguna noticia. Qué tengan herramientas para poder analizar críticamente. Lo que escuchan. Me parece más importante para los futuros profesionales."* (Entrevista I). *"Es*

decir el tema de formar un tipo que pueda realmente ser crítico...” (Entrevista III). “... *me parece que seguir creando una conciencia crítica...*” (Entrevista V). Estas expresiones fueron obtenidas como parte de la respuesta a la pregunta sobre qué beneficios para el estudiante podría tener el enseñar desde el enfoque CTSA y/o desde la Química Verde.

Ciudadanía responsable. En el presente trabajo se entiende por ciudadanía responsable, aquella actitud de los ciudadanos que demuestra con hechos su conciencia de que lo que ocurre en la sociedad, es consecuencia de sus acciones y de la de sus conciudadanos. (Viches y cols., 2009). Un ejemplo muy simple sería el hecho de no tirar papeles en la calle y luego quejarse de lo sucia que está la ciudad. Pero puede implicar acciones mucho más complejas, como organizarse con otros ciudadanos para solucionar un problema concreto, u oponerse a la acción de otros que pretenden realizar una acción perjudicial para toda la sociedad. Algunos docentes plantean que el trabajo desde una perspectiva CTSA, y desde la Química Verde, sería beneficioso para la educación en una ciudadanía responsable. Es en esa misma orientación, que se desarrolla la investigación que da origen al presente trabajo. Se espera que el trabajo con estos enfoques, tenga como resultado la formación en una ciudadanía responsable en su relación con el ambiente. Algunas de las expresiones de los entrevistados, refiriéndose a esta categoría, son las siguientes: “...*la parte de la Química en la cual nosotros tenemos que hablar acerca del cuidado del medio, de generar sujetos responsables y tomar en cuenta todo lo que tiene que ver con la conservación del medio...*” (Entrevista II). “...*y participar activamente en el entorno en el que vive, implica, bueno, que vos de alguna manera, desde la enseñanza formal le estés dando elementos para que pueda participar activamente en la vida como ciudadano. ¿No? Y bueno, y eso, a veces supone... que debería de venir a buscar*

al liceo...” (Entrevista III). “...y una conciencia de ciudadanía responsable para con el medio. Para con la sociedad, en realidad. Que me parece fundamental, porque si no estamos yendo todos... Nuestro planeta se va a vengar...” (Entrevista V)

Elementos que favorecerían la inserción del enfoque CTSA y Química Verde en Educación Secundaria

En la entrevista no había ninguna pregunta explícita sobre cuáles serían los factores, o elementos, que favorecerían la inserción de estos contenidos en Educación Secundaria. Sin embargo, ellos pueden inducirse de las respuestas de los profesores a otras preguntas. La mayoría de estos factores, se pueden deducir del punto en que se habla de las dificultades para insertar Química Verde en Educación Secundaria, haciendo una deducción por el lado positivo. La corrección de los factores que provocan las dificultades para inserción de estos temas, sería lo que favorecería dicha inserción. La intención en este apartado es hacer referencia a algunas de las estrategias que proponen los docentes para corregir esas dificultades. Por ejemplo, la falta de formación de los docentes, se corrige llevando adelante dicha formación. Pero ¿cómo debería ser dicha formación? Se plantea que no debe ser superficial. Debe haber investigación y formación de los formadores: *“Lo que pasa es ahí la cuestión siempre parte, para no tener más de lo mismo, parte de que tenemos que tener primero gente formada en estas temáticas. Yo creo que hay gente que de repente puede conocer más de un tema o de otro. Pero tenemos que crear un formato que permita crear cursos que sean insumo para otros docentes. Entonces eso significa, de alguna manera tener gente que esté pensando en, este la enseñanza desde ese lugar. Y que de alguna manera esté investigando. Porque la idea de preparar un curso para docentes, tiene que ser alguien que por lo menos tuvo un tiempo de reflexionar sobre*

lo que va a exponer. Y bueno, obviamente que hay siempre una cuestión de aprendizaje continuo con respecto a lo que uno se define como tema de profundización. Pero tenemos que, de alguna manera, posibilitar desarrollar eso como líneas importantes de profundización e investigación, en la enseñanza. Creo que acá pueda ser un lugar donde se pueda hacer. Y bien, después sí, para que en Secundaria la gente pueda realmente trabajar bien estos temas, hay que formar gente. Pero primero hay que formar a los formadores.”(Entrevista III). Otro tema que aparece en la anterior cita y se reitera de forma indirecta en alguna otra es el “aprendizaje continuo”. Los docentes para poder trabajar estas temáticas tenemos que estar leyendo continuamente: “nos implica hacer una investigación exterior a los libros que tenemos” (Entrevista V). “...también tiene que ver con que hay que leer (con énfasis) la Química desde otro lugar. O no solo leer Química. E incluso leer Química desde otro lugar, que no es solo desde la disciplina, o las disciplinas que hacen el campo de la Química.” (Entrevista III). También se plantea que la formación debe ser pragmática, es decir debe ser pensada para aplicarla en Educación Secundaria. “Sí. Pero ¡ojo con que cosa se haga! Los cursos de actualización no es que me van a dar un mazazo. O sea de que me van a ir a dar charlas de lo que es la Química Verde y no sé qué. Dar las herramientas. Muéstrame ejemplos. Muéstrame prácticas que se puedan incluir en los programas. O sea cosas prácticas que los docentes puedan tomar para aplicar fácilmente.” (Entrevista I). Respecto al tema de formación de los docentes, es importante destacar que en el actual plan de formación docente, que comenzó a instrumentarse en el año 2008, en el profesorado de Química se incluye una asignatura nueva llamada “Química Ambiental y Toxicológica”, uno de cuyos puntos es la Química Verde. Esta asignatura se encuentra en el cuarto año de la

carrera, por lo que 2011 es el primer año que se dicta la misma. En este sentido, es de esperar que las próximas generaciones de docentes tengan una mejor formación en estos aspectos. También es necesario que en los liceos haya material bibliográfico acorde a estas temáticas: *“Algún libro vendría bien.”* (Entrevista I). *“Tienes que tener libros que contemplan la temática. Y bueno. Yo me parece que hay... que en los libros. Yo creo que cada vez se ve más en los libros que generalmente nos llegan. Pero creo que tendríamos que ser nosotros capaces de producir nuestros propios textos. Adaptarlos a los cursos. Y bueno, incluso, incluir mucho el tema de lo local, desde esta perspectiva.”* (Entrevista III). Otro aspecto beneficioso para la inserción de estas temáticas, que se puede deducir de lo que expresan los docentes, sería que los contenidos con características CTSA y referidos a la Química Verde, estuviesen incluidos de manera explícita dentro de los programas, y no solo en los objetivos generales. Además sería necesario que los laboratorios liceales contaran con materiales adecuados para esta manera de trabajar y que haya difusión de materiales de investigación sobre este enfoque.

Como trabajar Química Verde en el aula

Respecto a la metodología que los docentes consideran conveniente para trabajar este enfoque en aula se plantean las siguientes situaciones: un docente considera que solo se debe trabajar en forma teórica. Otros consideran que se debe trabajar en forma teórica en Ciclo Básico de Educación Secundaria, y en forma teórica y experimental en Segundo Ciclo de Educación Secundaria. Esta última tendencia es la más generalizada. También hay una docente que considera que siempre se debe poner el énfasis en lo experimental. Algunos docentes hablaron de trabajar a partir del análisis de noticias, o situaciones reales de la vida cotidiana. *“Sí, yo creo que, en la medida que los*

recursos estén, me parece que en forma experimental es óptimo, ¿no? A veces los recursos no están, pero en la medida que tengamos recursos, yo creo que lo experimental es fundamental. Y a mí me gusta también partir de información cotidiana. Me parece que los hechos cotidianos, información cotidiana, yo que sé, no solo tienen que ser notas de un diario o de una revista. Puede ser algún racconto de alguna situación cotidiana. Me parece que eso es fundamental porque eso es lo que ellos están cerca y lo que van a sentir que pueden aplicar, ¿no?” (Entrevista IV). Otro planteo, en el que están de acuerdo los docentes, es no tratar los temas con este enfoque de una manera superficial y esporádica, para cumplir con un slogan, como claramente lo plantea el entrevistado III: *“Y sin duda, que un docente tiene que para poder realmente instrumentarlo en sus clases, y ser transformador en la enseñanza, haber tenido instancias de haber discutido mucho sobre esas cuestiones, y no simplemente que le llegue un slogan de que lo que hay que hacer ahora, cuando damos clase, porque le llegó en un programa, es enseñar ciencia, tecnología o vincular la sociedad con la ciencia y la tecnología. Hacer eso implica bastante, ¿no?”* En la Entrevista V se expresa una idea similar: *“...me encantaría poder planificar un curso que esos temas estuvieran trabajados. No comentar anecdóticamente. Como decir hoy es el día del medio ambiente.”*

Tabla 1: Temas surgidos en las entrevistas y categorías en cada uno (a)						
	Entrevista 1	Entrevista 2	Entrevista 3	Entrevista 4	Entrevista 5	Entrevista 6
Inclusión de Temas CTSA en la planificación	Según los estudiantes	No	A veces, dependiendo de los conocimientos del docente.	A veces, dependiendo de los contenidos.	A veces, según los estudiantes	A veces, dependiendo del tema, de los conocimientos del docente.
Contenidos que los docentes dicen que trabajan o podrían trabajar con un enfoque CTSA.	Agua Contaminación	Manejo de residuos de laboratorio. Riesgos de las sustancias	Lo ambiental	Radiactividad. Manejo de residuos de laboratorio. Agua Hidrocarburos Biomoléculas	Industrias en el Uruguay. Ecuaciones Químicas	Radiactividad
Conocimientos de los profesores sobre Q. V.	Escuchó hablar al investigador y al experto entrevistado	Escuchó hablar al investigador	Algo por una charla del experto	No conocía	Por ponencia del investigador	No conocía
Visión de la Q. V.	Prevención en los procesos	Cuidado del ambiente Manejo de residuos	Extracción de principios activos de las plantas.	Resalta el concepto de prevención para la vida	Economía atómica	Manejo de residuos.

Tabla 1: Temas surgidos en las entrevistas y categorías en cada uno (b)

	Entrevista 1	Entrevista 2	Entrevista 3	Entrevista 4	Entrevista 5	Entrevista 6
Dificultades de inserción de enfoque CTSA y Q.V. en educación secundaria	Falta de interés de los estudiantes. Dificultad en la evaluación. Extensión del programa Falta de formación en los profesores en estos temas.	Falta de formación de los profesores en estos temas. Imaginario curricular de los docentes. Extensión de los programas.	Falta de formación de los profesores en estos temas. Evaluación Extensión del programa Imaginario curricular de los docentes.	Falta de formación de los profesores en estos temas. Evaluación	Extensión del programa. Falta de motivación.	Extensión del programa Falta de interés de los estudiantes. Falta de formación de los profesores en estos temas
Nivel en el que insertarían Q.V	Falta de formación de los profesores en estos temas. Imaginario curricular de los docentes. Diseño de los programas no explicitan estos temas.	En cualquier curso	En todos los niveles.	No importa el nivel	A partir de tercer año	A partir de tercero
Aportes de la Q.V. y CTSA en Secundaria	En cualquier curso	Ciudadanía Responsable	Ciudadanía responsable Pensamiento crítico	Ciudadanía responsable	Ciudadanía responsable	

Tabla 1 Tabla 1: Temas surgidos en las entrevistas y categorías en cada uno (c)

	Entrevista 1	Entrevista 2	Entrevista 3	Entrevista 4	Entrevista 5	Entrevista 6
Elementos que favorecerían la inserción del enfoque CTSA y Q. V.	Textos (Materiales escritos) Formación de los docentes en ejercicio y los futuros docentes.	Formación de los docentes programas	No caer en slogans. Políticas de textos Formación de los docentes. Formación de formadores. Adecuación de laboratorios (materiales y sustancias)		Formación de los docentes a nivel teórico y experimental. Difusión de materiales escritos sobre el tema.	
Como trabajar Química Verde en el aula.	Conceptos a partir de tercero Trabajo práctico profundo en 5º y 6º Análisis de noticias Experimentos "verdes"	Enunciación de contenidos teóricos.	Contenidos teóricos. Experiencias de laboratorio acordes.	Trabajo sobre problemas concretos. Experimental A partir de noticias. Programas de actualidad (CSI)	Teórico y práctico	Experimental

4.3. Encuestas a estudiantes

Definición de la muestra:

La elección de la muestra, por tratarse de un estudio de un caso, en el cual se trabajó desde una perspectiva de investigación – acción, fue intencionada. Estuvo integrada por los cuatro grupos de Primer Año de Bachillerato del turno intermedio de un liceo de Canelones, en una zona periférica a Montevideo. La edad de los estudiantes es entre catorce y dieciséis años. El número promedio de estudiantes por grupo al comienzo del curso, es de veintiuno.

Herramientas de investigación:

Se realizaron dos encuestas a los estudiantes. Una al principio del curso, y otra al finalizar el mismo. Los formularios de encuestas aparecen en el anexo II.

La primera encuesta está integrada por dieciséis preguntas en total, siete preguntas cerradas y nueve preguntas semiabiertas. Fue aplicada en forma conjunta con la prueba diagnóstica del grupo. Su realización es anónima y voluntaria. Se aclaró que no se tendría en cuenta para la evaluación, a fin de asegurarse que las respuestas no fuesen condicionadas por este aspecto. Fue realizada por ochenta y cinco estudiantes, que son todos los que integraban los cuatro grupos y realizaron la prueba diagnóstica.

La segunda encuesta está integrada por veinte preguntas en total, las quince primeras son idénticas a la de la primera encuesta, con el fin de comparar resultados. En esta segunda encuesta diez preguntas son cerradas y diez semiabiertas. En este caso se puso un espacio para el nombre, pero no fue obligatorio ponerlo. Se realizó simultáneamente con la entrega de los promedios finales. Esto último, también con la finalidad de evitar que la evaluación fuese una condicionante de las respuestas. Fue realizada por setenta y tres estudiantes. La

disminución se debe, en parte a la deserción ocurrida (siete estudiantes desertaron durante el año), y a que cinco estudiantes asistieron a recibir sus resultados finales fuera del horario de clase, sin disposición de tiempo por su parte y por parte del entrevistador.

En las preguntas cerradas se procuró poner pocas opciones para evitar que, por cansancio, optaran al azar. Por experiencia docente se sabe que los estudiantes en la última jornada de clase están ansiosos por terminar el trabajo. Las preguntas semiabiertas se utilizaron en aquellos casos, en los que la cantidad de opciones podía ser muy amplia, y se deseaba que los encuestados mostraran cuáles eran las más relevantes para ellos, dentro de una amplia gama posible. Además, las preguntas semiabiertas, permiten que el estudiante elabore sus respuestas. De esta manera se esperaba lograr un mayor grado de objetividad a partir del estudio de las preguntas cerradas, y una mayor libertad de expresión, que permitiera analizar los aspectos más subjetivos a partir del análisis de las preguntas semiabiertas.

Indicadores estudiados en cada una de las preguntas de la primera encuesta:

1) La contaminación es para ti un problema:

- a) importante
- b) poco importante
- c) sin importancia

Indicador estudiado: interés por los temas ambientales.

2) Nombra tres materiales, objetos o sustancias que consideres contaminantes:

Indicador estudiado: conocimiento de los problemas ambientales

3) Nombra tres problemas que provoca la contaminación.

Indicador estudiado: conocimiento de los problemas ambientales.

4) ¿Quiénes deberían solucionar los problemas de contaminación?

- a) Los científicos
- b) Las empresas industriales
- c) Los gobiernos
- d) Otro (indicar quienes)

Indicadores estudiados: atribución de responsabilidad sobre los temas ambientales, y grado de responsabilidad. Este último se esperaba evaluar a través del ítem “otro”, en el cuál se esperaba que algunos estudiantes se incluyeran a sí mismos. No se planteó en forma explícita porque ello implicaría un condicionamiento a mostrar una conducta responsable ante el entrevistador.

5) Nombra tres acciones que se deberían realizar para disminuir la contaminación, y quiénes deberían llevarlas adelante.

Indicador estudiado: conocimiento de las soluciones sobre los problemas ambientales y grado de responsabilidad atribuida a los distintos agentes relacionados con el tema.

6) Indica si tú realizas alguna acción en tu vida cotidiana para disminuir la contaminación. ¿Cuáles?

Indicador estudiado: grado de responsabilidad en solución de los problemas ambientales.

7) ¿Conoces personas o instituciones que lleven adelante acciones para disminuir la contaminación? Si contestaste sí, indica quiénes y qué acciones realizan

Indicador estudiado: conocimiento de agentes de acción en la resolución de problemas ambientales.

8) El uso adecuado de la energía es para ti algo:

- a) importante
- b) poco importante
- c) sin importancia

Indicador estudiado: interés por el problema energético.

9) ¿Quiénes deberían solucionar los problemas de energía en nuestro país y en el mundo?

- a) Los científicos
- b) Las empresas industriales
- c) Los gobiernos
- e) Otro (indicar quienes)

Indicadores estudiados: atribución de responsabilidades sobre los problemas energéticos, y grado de responsabilidad sobre los mismos.

10) Nombra tres acciones que se deberían realizar para solucionar los problemas de energía, y quiénes deberían llevarlas adelante.

Indicador estudiado: conocimiento de las soluciones sobre los problemas energéticos.

11) Indica si tú realizas alguna acción en tu vida cotidiana para ahorrar energía. Si tu respuesta es afirmativa, señala cuáles.

Indicador estudiado: compromiso con las soluciones a los problemas energéticos.

12) ¿Conoces personas o instituciones que lleven adelante acciones para ahorrar energía? Si contestaste sí, indica quiénes y que acciones realizan.

Indicador estudiado: conocimiento de agentes de acción en la resolución de problemas energéticos.

13) Algunos afirman que la Química es una actividad humana muy contaminante. Al respecto tu estas:

- a) de acuerdo
- b) en desacuerdo
- c) sin opinión formada

Indicador estudiado: atribución de responsabilidad de la Química sobre los problemas de contaminación.

14) Referente a la expresión “*Se deben buscar nuevos productos que mejoren nuestra calidad de vida, sin importar si contaminan*”, tú estás:

- a) de acuerdo
- b) en desacuerdo
- c) sin opinión formada

Indicador estudiado: importancia relativa atribuida entre comodidad y cuidado ambiental.

15) Algunos científicos consideran que la Química debería buscar alternativas para encontrar procesos menos contaminantes y más económicos energéticamente. Al respecto tú estás:

- a) de acuerdo
- b) en desacuerdo
- c) sin opinión formada

Indicador estudiado: afinidad con los principios de la Química Verde.

16) ¿Conoces las expresiones “Química Verde” o “Química Sustentable”? Si respondes sí, aclara brevemente qué sabes al respecto.

Indicador estudiado: conocimientos previos sobre Química Verde.

Indicadores estudiados en cada una de las preguntas de la segunda encuesta:

Solo se analizarán los indicadores de las últimas preguntas ya que las primeras quince coinciden con las de la primera encuesta.

- 16) Comparado con otros temas que trabajaste este año en Química, los referidos a Química Verde te parecieron:
- a) sin interés
 - b) interesantes
 - c) muy interesantes

Indicador estudiado: motivación por el aprendizaje de la Química verde.

- 17) Comparado con otros temas que trabajaste este año en Química, los referidos a Química Verde te parecieron:
- a) difíciles
 - b) fáciles
 - c) muy fáciles

Indicador estudiado: grado de dificultad atribuida al aprendizaje de los contenidos referidos a Química Verde.

- 18) Los contenidos de Química verde se deberían aplicar en todos los cursos de Química
- a) acuerdo
 - b) en desacuerdo
 - c) sin opinión formada

Puedes justificar cualquiera de los criterios elegidos.

Indicador estudiado: importancia atribuida a los contenidos de Química Verde.

- 19) ¿Cuál de las siguientes te parece una mejor definición de Química Verde? (Marca una sola)
- a) Es una parte de la Química que se ocupa de estudiar las plantas.
 - b) Es una parte de la Química que dedica a estudiar las sustancias de color verde.
 - c) Es una parte de la Química que procura buscar métodos para prevenir la contaminación.
 - d) Es una parte de la Química que procura solucionar los problemas de contaminación.

Indicador estudiado: aprendizaje del concepto de Química Verde.

- 20) Escribe el, o los principios de Química Verde que consideres más importantes.

Indicadores estudiados: reproducción de los principios, de Química Verde e importancia relativa atribuida a los mismos.

Análisis de los resultados de las encuestas:

Las primeras quince preguntas, que coinciden en las dos encuestas, se analizarán en forma comparada. En el caso de las preguntas cerradas, se realizará un análisis gráfico. Como la cantidad de encuestados es diferente en ambas encuestas, ya que no asistieron la misma cantidad alumnos a clase cuando se aplicaron ambas, no se trabajará con los valores absolutos, sino con porcentajes. Siendo los porcentajes valores relativos son comparables entre sí, lo que no sucede si se trabaja con valores absolutos. Corresponde aclarar que en este caso, como ocurre en todos los casos de investigación – acción en el aula, la muestra coincide con la población (salvo en los casos de estudiantes que faltaron los días que se aplicaron las encuestas). Es decir que, como no se pretende extrapolar la información recabada en esta situación a otras, las respuestas aquí obtenidas son las de todos los investigados. En el caso de las preguntas semiabiertas, dada

la amplitud y diversidad de las respuestas obtenidas, no es viable un análisis exhaustivo desde un punto de vista estadístico. Solamente se mostrarán los datos obtenidos, y se realizará el análisis de algunas tendencias que puedan observarse, combinando un análisis cuantitativo superficial con un análisis cualitativo más profundo. En términos generales, hay que aclarar que en la segunda encuesta aparecen un mayor número de estudiantes que no eligen ninguna opción, especialmente en las preguntas semiabiertas. Considerando la experiencia docente del investigador y algunas manifestaciones de los estudiantes, esta reticencia de los estudiantes a contestar algunas preguntas se explica principalmente por el momento en que se realiza la segunda encuesta, al final de los cursos, cuando los estudiantes ya están cansados, y quieren escribir lo menos posible, especialmente para una tarea que no tendrá incidencia en su calificación final. Si bien esto es una desventaja que podría haber sido subsanada realizando antes la encuesta, ello hubiese aumentado la posibilidad de que los alumnos respondieran condicionados por la posibilidad de que sus respuestas pesaran en la evaluación. Evaluando las ventajas y desventajas de cada una de las opciones, se optó por realizar la encuesta luego de la entrega de resultados finales.

En las preguntas semiabiertas se calcularon porcentajes en función de la cantidad de respuestas totales. No se realizó en función de la cantidad de estudiantes, considerando que en la segunda encuesta varios estudiantes no contestaban. Para el análisis de estas preguntas semiabiertas, dada la diversidad de respuestas, se analizarán aquellas opciones en las que en alguna de las encuestas se mencionen 3 o más veces, considerando casuales los demás casos. Donde se considera que las respuestas diferentes se refieren al mismo concepto se agruparon para su análisis, aclarando tal opción en cada caso. Para la realización de porcentajes, en el caso de las preguntas semiabiertas, en las cuales los estudiantes podrían mencionar un

número ilimitado de opciones, debió optarse por realizar los porcentajes en función del número de encuestados o en función del número total opciones. Se prefirió esta última para comparar la importancia relativa de una opción con otra.

Ítem 1

Tabla 2: Porcentaje de estudiantes que dan su opinión sobre la contaminación

La contaminación es para ti un problema:				
Opciones	Primer encuesta		Segunda encuesta	
	Valor	%	Valor	%
Importante	77	90,6	67	91,8
Poco importante	7	8,2	6	8,2
Sin importancia	1	1,2	0	0,0
Total	85		73	

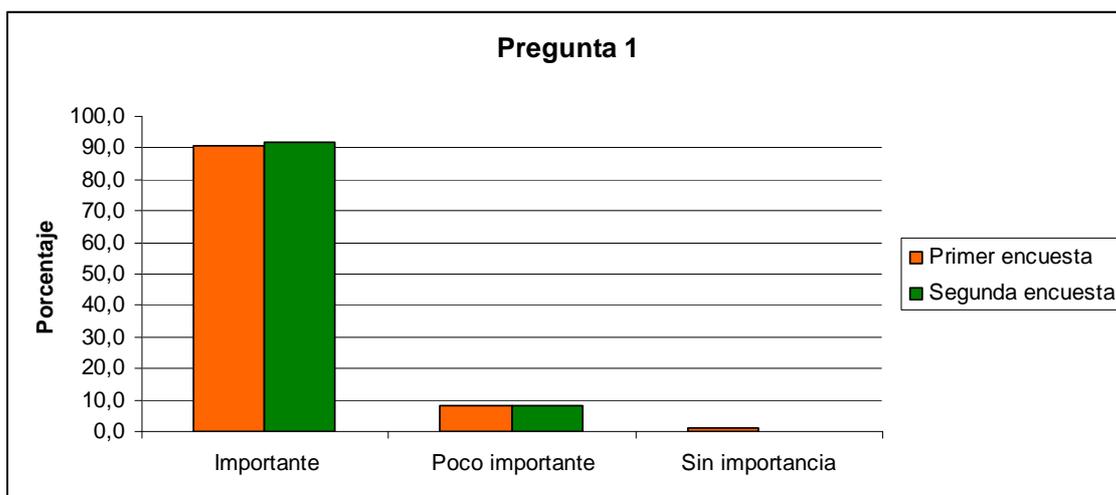


Gráfico 1: comparación en ambas encuestas de la importancia asignada por los estudiantes al tema contaminación.

Analizando en porcentaje, los valores obtenidos para las diferentes opciones, puede observarse que no hay diferencias significativas entre la primera y segunda encuesta. En la segunda encuesta se observa un valor un poco superior para la opción “*Importante*”, esta diferencia se debe a un solo encuestado. Coincidentemente hay un solo encuestado que en la primera encuesta eligió la opción “*sin importancia*”. En ambas encuestas la opción “*Importante*” supera el 90 % de las opciones. Al

aparecer estos resultados en ambas encuestas, no pueden atribuirse al haber trabajado o no Química Verde en aula. Como se comprobó en diálogos surgidos en clase, los estudiantes han recibido, por otros medios, formación en cuidado ambiental, lo que los lleva a mostrar interés por el tema. Estos otros agentes de concientización fueron detectados durante el año de trabajo en el aula, en la charla directa con los estudiantes. Estos agentes son, por un lado, los aprendizajes realizados anteriormente en otros cursos, especialmente en Química y Biología. Tal como se refiere en el fundamento teórico, ya en los programas escolares aparecen contenidos referentes al cuidado del ambiente, y esto continúa en distintas asignaturas, en la Educación Secundaria. Además de esto, varios estudiantes se refieren a programas televisivos de difusión de problemáticas ambientales, y campañas publicitarias realizadas por diversos agentes gubernamentales (intendencias, UTE, OSE), a través de diferentes medios de comunicación. Todo ello determina, que los temas ambientales, no son desconocidos por los estudiantes, al ingresar al Primer Año de Bachillerato.

Ítem 2

Tabla 3: Materiales, objetos o sustancias que los estudiantes consideran contaminantes en cada una de las encuestas:

Nombra tres materiales, objetos o sustancias que consideres contaminantes				
Opciones	Primer encuesta	Segunda encuesta	% primera encuesta en función de la cantidad de respuestas	% segunda encuesta en función de la cantidad de respuestas
Ácidos	3	3	1,2	1,4
ácido sulfúrico		2	0,0	0,9
Aerosoles	18	14	7,1	6,6
Agroquímicos	1		0,4	0,0
Aguas contaminadas	3		1,2	0,0
Aparatos eléctricos		1	0,0	0,5
Basura	34	22	13,4	10,4
Bolsas	12	17	4,7	8,0
Botellas	5	2	2,0	0,9
celulares	1		0,4	0,0
CO	1	1	0,4	0,5
CO ₂	3	9	1,2	4,2
CFC		2	0,0	0,9
Colillas	1		0,4	0,0
combustible	1	4	0,4	1,9
combustión	6	6	2,4	2,8
Fábricas	23	12	9,1	5,7
Fumar	1		0,4	0,0
Gases	5	3	2,0	1,4
Gasoil		2	0,0	0,9
Goma	2	4	0,8	1,9
Humo	36	20	14,2	9,4
Incendios	3		1,2	0,0
Insecticidas	1		0,4	0,0
Materia fecal		1	0,0	0,5
Metales pesados	1		0,4	0,0
Nafta	2	2	0,8	0,9
Nylon	7	7	2,8	3,3
Papel	7	7	2,8	3,3
Petróleo	3		1,2	0,0
Pilas	21	14	8,3	6,6
Plaguicidas	1		0,4	0,0
Plásticos	14	19	5,5	9,0
Plomo	1	2	0,4	0,9
Productos limpieza		1	0,0	0,5
Quema de bosques		1	0,0	0,5
Químicos	6	4	2,4	1,9
Residuos		6	0,0	2,8
Radiactivos	2	1	0,8	0,5
Tabaco	2		0,8	0,0
SO ₂		1	0,0	0,5
Tóxicos	9	9	3,5	4,2
Vehículos	10	9	3,9	4,2
Vidrio	8	4	3,1	1,9
Total	254	212	100,0	100,0

La suma total de opciones es superior a la cantidad de encuestas, porque cada estudiante podía poner hasta tres opciones. Algunos señalaron más de tres.

Una primera observación a realizar, es que **en la segunda encuesta hay una mayor mención de sustancias contaminantes concretas. Sumando el monóxido de carbono, el dióxido de carbono, el dióxido de azufre, el ácido sulfúrico y el plomo, en la primera encuesta hay 5 menciones, y en la segunda encuesta hay 15 menciones.** Esto cobra mayor relevancia considerando que en la segunda encuesta es menor la cantidad de encuestados, y 13 de ellos no señalaron ninguna opción. Esto puede relacionarse directamente con el aprendizaje realizado durante el año, ya que todas estas sustancias fueron trabajadas durante el año al referirse a contaminantes.

En la primera encuesta hubo algunos agentes contaminantes que fueron mencionados más que en la segunda. Por ejemplo el humo y las fábricas. La disminución en la segunda encuesta puede deberse, en parte a que muchos estudiantes no optaron y en otros casos por que marcaron otras opciones. Esto podría explicar que haya disminuido las opciones pilas y celulares, que no fueron tratados durante el curso. Además, en algunos casos disminuyeron las respuestas más generales en favor de las más específicas. Esto ocurre por ejemplo en el caso de la opción “basura” que disminuye en la segunda encuesta, pero aumenta el concepto más técnico de residuos, y aumentan las opciones plásticos, papel, nylon y goma. Esto es concordante con el tratamiento de los temas que se realizó en el aula. Los problemas sobre la contaminación provocada por los desechos provenientes de las botellas y bolsitas plásticos, fue tratado en varias ocasiones durante el curso, como un ejemplo de causas concretas de la contaminación sobre las que pueden incidir los ciudadanos, a través de sus conductas cotidianas.

La opción aguas contaminadas es mencionada en la primera encuesta y no en la segunda. Consideramos que a partir del

trabajo en el aula, los estudiantes comprendieron que la contaminación del agua es una consecuencia, y no un agente de contaminación.

Las opciones relacionadas con fumar son mencionadas en la primera encuesta y no en la segunda. Tal vez en ese caso se priorizaron agentes de impacto más generales y de mayor incidencia para el ambiente.

El *“humo”* y *“las fábricas”* son otras opciones que disminuyen. En el caso del *“humo”* que al tratarse de un término muy general puede considerarse que fue sustituido por opciones más concretas como los gases que se producen en la combustión, como dióxido de carbono, monóxido de carbono y dióxido de azufre que aumentan. En el caso de las fábricas es posible pensar que cambió la imagen de la fábrica como un agente que indefectiblemente contamina, por una visión en la cual se vea a las fábricas como productoras de bienes y fuente de trabajo, que pueden cumplir su función sin contaminar aplicando los principios de la Química Verde. Algo similar puede observarse respecto a la opción *“Químicos”*, que es mencionada menos en la segunda encuesta. Uno de los temas en que se enfatizó durante el curso es que los términos *“químico”* o *“sustancia química”*, no son de ninguna forma sinónimos de contaminantes.

Ítem 3

Tabla 4: Problemas que provoca la contaminación, según las dos encuestas realizadas a los estudiantes

Nombra tres problemas que provoca la contaminación				
Opciones	Primer encuesta	Segunda encuesta	% Primera encuesta en función de la cantidad de opciones	% segunda encuesta en función de la cantidad de opciones
Agotamiento de recursos	1	0	0,6	0,0
Aumento en el nivel del mar	1	0	0,6	0,0
Basura	2	3	1,2	2,9
Calentamiento global	31	19	17,5	18,3
Cambios climáticos	7	4	4,0	3,8
Capa de ozono	28	15	15,8	14,4
CFC	1	0	0,6	0,0
Combustión	1	0	0,6	0,0
contaminación de alimentos	1	0	0,6	0,0
Contaminación del agua	8	6	4,5	5,8
contaminación del aire	6	3	3,4	2,9
Contaminación del suelo	1	0	0,6	0,0
Daño a la atmósfera	3	2	1,7	1,9
Daño a la calidad de vida	4	1	2,3	1,0
Daño a la naturaleza	2	1	1,1	1,0
Daño al planeta	2	3	1,1	2,9
Desechos químicos	1	0	0,6	0,0
Deshielo de los polos	7	2	4,0	1,9
Destrucción de habitat	1	1	0,6	1,0
Deterioro del paisaje	1	2	0,6	1,9
Enfermedades	17	16	9,6	15,4
Extinción de especies	3	1	1,7	1,0
Fábricas	3	0	1,7	0,0
Falta de aire puro	1	0	0,6	0,0
Fertilidad del suelo	6	0	3,4	0,0
Gasto de energía	0	1	0,0	1,0
Higiene	1	0	0,6	0,0
Lluvia ácida	17	9	9,6	8,7
Malformaciones congénitas	1	1	0,6	1,0
Muerte de seres vivos	10	13	5,6	12,5
Ninguno	3	0	1,7	0,0
Olor	1	0	0,6	0,0
Pérdidas económicas	0	1	0,0	1,0
Radiación UV	1	0	0,6	0,0
Sismos	2	0	1,1	0,0
Sunami	1	0	0,6	0
Vehículos	1	0	0,6	0
Total	177	104	100	100

Esta es una de las preguntas en las que se observan menos diferencias entre la primera y segunda encuesta. Tomando por ejemplo los problemas más mencionados en ambas encuestas, el calentamiento global tiene un porcentaje de 17,5 % en la primera encuesta y un 18,3% en la segunda encuesta; la capa de ozono tiene un porcentaje de 15,8 % en la primera encuesta y 14,4% en la segunda. La mayor diferencia es que, en la segunda encuesta se diversificaron menos las opciones, en parte debido a que los estudiantes escribían menos por las razones mencionadas al principio. Sin embargo hay dos opciones que aumentaron porcentualmente de la primera a la segunda encuesta. Estas dos opciones fueron “*enfermedades*” y “*muerte de seres vivos*”. Estas dos opciones, que fueron también de las más mencionadas en ambas encuestas, junto con “*calentamiento global*” y “*capa de ozono*”, están muy relacionadas entre sí, ya que la muerte puede considerarse como una consecuencia de las enfermedades provocadas por la contaminación. El aumento numérico de estas dos opciones, podría estar implicando un aumento de la conciencia sobre las consecuencias negativas de la contaminación para la vida. La opción “*muerte de seres vivos*” implica, no solo una valoración de la vida humana, sino de todos los seres vivos en general.

Otras opciones que aumentan en porcentaje, comparando ambas encuestas, son “*calentamiento global*” y “*contaminación del agua*”. Estos temas fueron trabajados durante el año. Sin embargo no puede afirmarse que esto se deba a dicho trabajo, ya que hay algunos otras opciones que descienden en porcentajes similares, aunque algunas de ellas se trabajaron en el año. Estas son: “*cambio climático*”, “*deshielo en los polos*” (estas opciones pueden vincularse con “*calentamiento global*”), “*capa de ozono*”, “*lluvia ácida*”, “*extinción de especies*” y “*contaminación del aire*”, aunque este se puede compensar con el aumento de la opción “*daño a la atmósfera*”. También descienden “*daño a la calidad de vida*” y “*daño a la naturaleza*”, pero aumenta “*daño al planeta*”,

que es una opción muy relacionada con la anterior. Desciende “*daño al suelo*”, de 6 menciones en la primera encuesta a ninguna en la segunda, pero este tema no fue tratado durante el año.

La opción “*fábricas*” desciende en forma concordante con la respuesta anterior.

Ítem 4:

En la pregunta 4 los estudiantes podían elegir más de un ítem. No se les especificó la cantidad, ya que al indicar quiénes deberían solucionar los problemas de contaminación, podían considerar que hay más de un responsable. Los ítems que se les sugerían fueron “*Los científicos*”, “*las empresas industriales*”, “*los gobiernos*” y “*otros*”. La opción “*Los científicos*” fue puesta por el doble rol, que la sociedad generalmente les atribuye a los profesionales de la ciencia, y en especial a los químicos, por una parte como responsables de la contaminación llevada adelante en sus investigaciones (Galagovsky, 2005), y por otro como los posibles agentes de solución de esos mismos problemas. Es conocido el mito de que “*natural*” es sinónimo de bueno y “*artificial*” es sinónimo de malo, considerando como artificial lo sintético (Galagovsky, 2005). Desde el punto de vista de la Química Verde, se les puede atribuir a los científicos una parte importante de la responsabilidad para solucionar o prevenir los problemas de contaminación (Anastas, 2000). La opción “*Las empresas industriales*” fue puesta porque es bien conocido el concepto de que muchas industrias contaminan. Y en cuanto a la opción “*Los gobiernos*”, apunta a ver el rol que los estudiantes atribuyen al gobierno frente a esta problemática. Las diferentes reparticiones gubernamentales tienen variadas responsabilidades frente a los temas ambientales. Por ejemplo, las intendencias, en la recolección y procesamiento de residuos, el poder legislativo, a través de las leyes referentes al tema que establece, y el Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio ambiente, a través de la Dirección de Medio Ambiente (DINAMA) y las

normas y controles que esta establece. Pero también esta opción pretende medir el grado de compromiso de los estudiantes como futuros ciudadanos. Generalmente, responsabilizar al gobierno de los problemas de cualquier índole, puede ser un indicador de baja responsabilidad individual sobre el problema. La última opción planteada era “*otros*”. En ella los encuestados podían plantear otras opciones que no estuvieran previstas. Tomando en cuenta que en los programas de cursos anteriores de Educación Primaria y Secundaria aparecen algunos contenidos en este sentido, se esperaba que de alguna manera hicieran referencia a las responsabilidades que tiene cada ciudadano en la conservación del ambiente. En ese ítem muchos estudiantes expresaron que “*todos*” tienen responsabilidades, expresándose en tercera persona, y otros expresaron lo mismo refiriéndose a “*nosotros*”, hablando en primera persona. Se considera que estas dos maneras de expresarlo implican distinto grado de compromiso con el problema, por lo que se plantearon como diferentes, lo cual no quita que también se puedan analizar en forma conjunta. Se optó por analizar estas dos opciones por separado por que permite discriminar más claramente un indicador del cumplimiento o no de uno de los objetivos del presente trabajo: *Investigar la incidencia de la introducción de conceptos de Química Verde en la valoración y actitudes referentes al cuidado ambiental*. Un aumento del número de estudiantes que eligen opción “*todos*” podría estar reflejando un aumento de la conciencia sobre responsabilidad ciudadana para solucionar los problemas de contaminación, y un aumento de la opción “*nosotros*” estaría reflejando una mayor conciencia de la responsabilidad personal de ellos mismos como ciudadanos.

Tabla 5: Quiénes deberían solucionar los problemas de contaminación según las dos encuestas realizadas a los estudiantes:

¿Quiénes deberían solucionar los problemas de contaminación?						
			% en función de la cantidad de opciones		% en función de la cantidad de encuestados	
Opciones	Primer encuesta	Segunda encuesta	Primer encuesta	Segunda encuesta	Primer encuesta	Segunda encuesta
Los científicos	13	20	9	15	15	27
Las empresas industriales	37	34	26	26	44	47
Los gobiernos	57	41	40	32	67	56
Todos	25	17	17	13	29	23
Nosotros	11	18	8	14	13	25
Total	143	130	100	100		

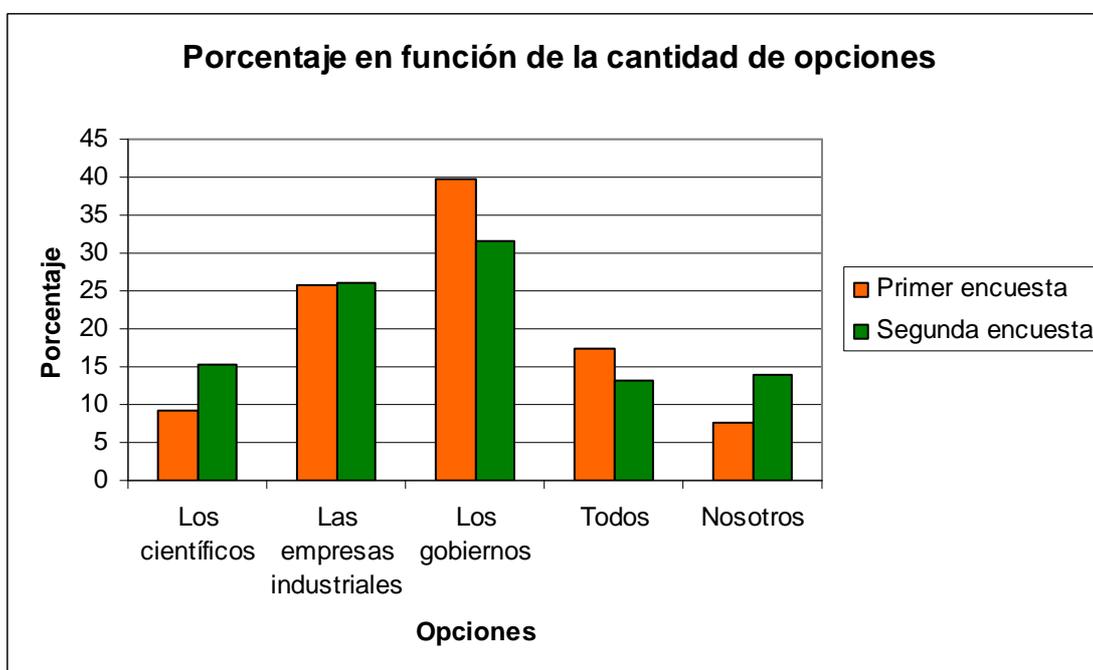


Gráfico 2: Porcentaje de quiénes deberían solucionar los problemas de contaminación según la cantidad de opciones

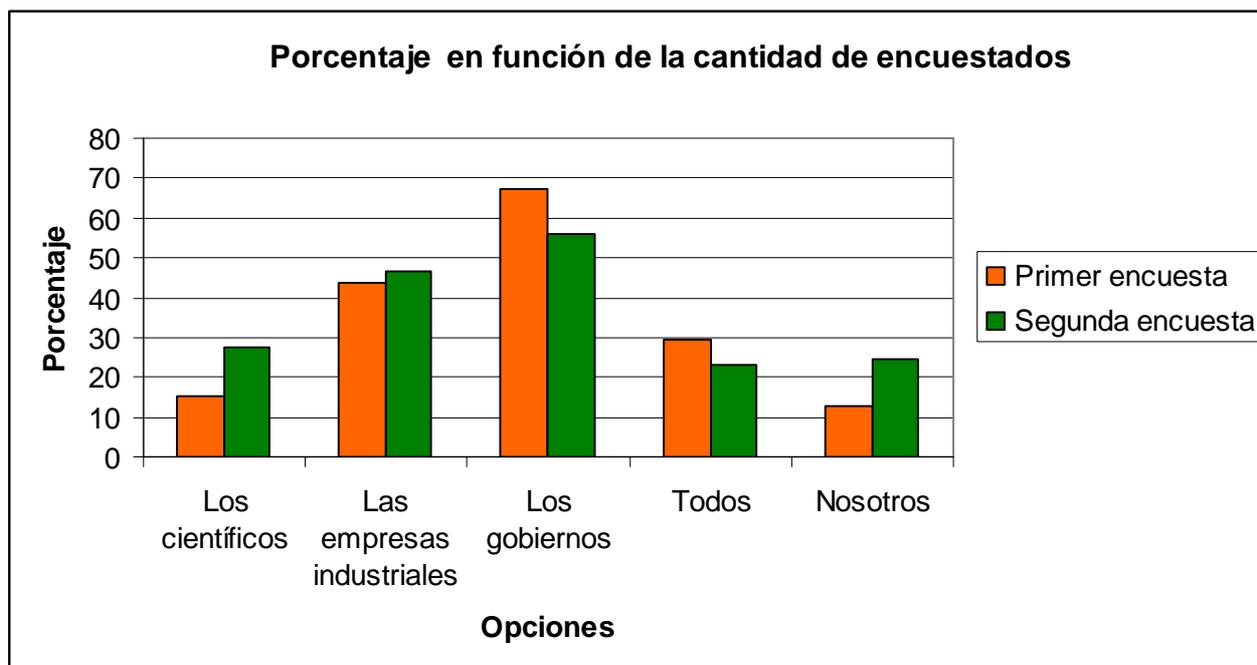


Gráfico 3: Porcentaje de quiénes deberían solucionar los problemas de contaminación según la cantidad de encuestados

En ambas gráficas, y en ambas encuestas, se observa que la mayoría de los estudiantes responsabiliza al gobierno por los problemas de contaminación. Como ya se mencionó, esto puede revelar una falta de compromiso con el problema. En el análisis de la siguiente pregunta se profundizará el análisis de este aspecto. Analizando los resultados de ambas encuestas, **esa responsabilidad atribuida al gobierno desciende 9 % en la segunda encuesta**. Paralelamente a esto, **en la segunda encuesta, aumenta la opción “los científicos” en un 12 %, y la suma de los porcentajes de “todos” y “nosotros” aumenta en un 6 %, en función de la cantidad de encuestados, y en forma particular aumenta la opción “Nosotros”**. Esto podría estar indicando una **disminución de la responsabilidad atribuida al gobierno, a favor de una atribución de las responsabilidades a los científicos, y de asunción de responsabilidades personales por parte de los estudiantes**. La atribución de responsabilidad a los científicos puede tener dos significados no excluyentes: **la toma de conciencia de la responsabilidad que tiene la ciencia, en cuanto ser causante**

problemas de contaminación, o puede ser una evidencia de la esperanza puesta en la ciencia como agente para cambiar esos problemas, por ejemplo a través del uso de tecnologías “verdes”. También puede implicar una comprensión del rol que tienen científicos como asesores del gobierno, cobrando mayor importancia las implicancias sociales de su labor.

Cualquiera de estas visiones concuerda con lo trabajado en el año y con el objetivo de que la introducción de conceptos de Química Verde contribuyera al desarrollo de una mayor responsabilidad hacia el cuidado del ambiental, y también a un cambio de la imagen del científico, vinculándolo con la resolución de los problemas ambientales, y teniendo por lo tanto un rol fundamental en el uso tecnológico de sus investigaciones.

Ítem 5:

Tabla 6: Acciones que los estudiantes consideran que deberían realizarse para disminuir la contaminación, según ambas encuestas:

Nombra tres acciones que se deberían realizarse para disminuir la contaminación y quiénes deberían llevarlas adelante				
Acción	Primer encuesta	Segunda encuesta	% Primer encuesta en función de la cantidad de opciones	% Segunda encuesta en función de la cantidad de opciones
Aerosoles no contaminantes	6	2	3,2	1,6
Biocombustibles	1	3	0,5	2,4
Clasificar los residuos	1	7	0,5	5,6
Concientizar a las personas	10	6	5,4	4,8
Controlar dónde se tiran residuos tóxicos	4	1	2,2	0,8
Controlar destino final de la basura		1	0,0	0,8
Controlar a las industrias	2	2	1,1	1,6
Controlar a los científicos	1		0,5	0,0
Crear procesos no contaminantes		1	0,0	0,8
Disminuir emisiones de CO ₂	1		0,5	0,0
Disminuir consumo energético		2	0,0	1,6
Disminuir emisiones de vehículos y fábricas	2		1,1	0,0
Evitar incendios	1		0,5	0,0
Energías alternativas o renovables	2	2	1,1	1,6
Evitar las combustiones	3	1	1,6	0,8
Evitar el uso de materiales radiactivos	1		0,5	0,0
Fábricas que contaminen menos	22	9	11,8	7,1
Generar menos residuos		2	0,0	1,6
Mayor limpieza y recolección de residuos	9	4	4,8	3,2
Materiales biodegradables	1	3	0,5	2,4
Multar a los que contaminan	5	6	2,7	4,8
No fabricar plásticos		1	0,0	0,8
No fumar	1	1	0,5	0,8
No quemar plásticos o basura	9	13	4,8	10,3
No talar árboles	6	1	3,2	0,8
No tirar basura	8	11	4,3	8,7
No tirar basura fuera de los contenedores	25	17	13,4	13,5
No destruir contenedores	1		0,5	0,0
No tirar desechos al agua	7	4	3,8	3,2
No tirar sustancias contaminantes	1	1	0,5	0,8
No usar bolsas plásticas	2		1,1	0,0
No usar insecticidas	1		0,5	0,0
No usar ni producir sustancias tóxicas o contaminantes	8	5	4,3	4,0
No utilizar combustibles fósiles	4	1	2,2	0,8
Plantar árboles	1		0,5	0,0
Poner filtros en las industrias	2	1	1,1	0,8
Poner más contenedores de basura	8	2	4,3	1,6
Poner más personal de limpieza de calles	2		1,1	0,0
Producir sustancias no contaminantes		1	0,0	0,0
Sustituir las sustancias contaminantes		3	0,0	2,4
Reciclar	16	11	8,6	8,7
Reutilizar	1		0,5	0,0
Recoger cuando los perros defecan	1	1	0,5	0,8
Usar abonos naturales	1		0,5	0,0
Usar menos productos químicos	2		1,1	0,0
Vehículos no contaminantes	7	1	3,8	0,8
Total de opciones	186	126	100	100

Siendo tan amplia la cantidad de acciones mencionadas en ambas encuestas, resulta difícil hacer un análisis exhaustivo de todas. En la tabla 6 no se plantean quiénes deberían realizar las acciones, porque los actores se desprenden de las acciones, y en muchos casos, no se mencionaban a los mismos por resultar obvios. En términos generales, puede observarse que en la segunda opción hay menor cantidad total de opciones, debido a que muchos estudiantes no anotan ninguna o anotan una sola, por los motivos explicados al principio. Llama la atención que desciende la opción *“aerosoles no contaminantes”*. Sin embargo esto es comprensible, considerando que durante el curso se trabajó la sustitución de los propelentes de aerosoles que destruyen el ozono estratosférico, por otros que no lo hacen, como un ejemplo de aplicación de Química Verde. Algo similar puede plantearse respecto a la opción *“vehículos no contaminantes”*. Durante el año se trabajó sobre la sustitución del tetraetilo de plomo como antidetonante, sobre la desulfurización de los combustibles y el uso de vehículos eléctricos. Entonces es razonable pensar que los estudiantes no consideren como algo que se debe hacer, porque ya se está haciendo. La única opción que aumenta significativamente es *“no quemar plásticos o basura”*, una opción que también había sido bastante marcada en la primera encuesta. Esto podría estar evidenciando un problema de contaminación de alta incidencia en la zona, y el aumento en la segunda encuesta, reflejaría una toma de conciencia del mismo por, parte de los estudiantes, a partir de lo trabajado en clase. También aumenta la opción *“clasificar residuos”*, en cambio disminuye algo la opción *“reciclar”*, muy mencionada en la primera encuesta. Esto podría estar revelando un crecimiento de la toma de conciencia de la conveniencia de realizar acciones sencillas y concretas, que están en sus manos y una disminución de objetivos menos controlables por ellos. La clasificación depende de los ciudadanos, pero el reciclado a una escala ambientalmente efectiva, depende de que haya emprendimientos industriales que

lo realicen. También aumentan en la segunda encuesta una opción relacionadas con otros temas trabajados en el año: *“biocombustibles”*, a su vez disminuye la opción *“no utilizar combustibles fósiles”*. Estas dos opciones en forma conjunta podrían estar mostrando un cambio desde una postura en la que se reconoce un problema a una postura en la que se plantea una solución al mismo. Disminuye la opción *“Fábricas que contaminen menos”*, en forma concordante con las preguntas anteriores. **En la segunda encuesta aparecen algunas opciones que no aparecen en la primera encuesta, y que están relacionadas con los principios de la Química Verde, aunque sean mencionados pocas veces. Estas opciones son: “crear procesos no contaminantes”, “disminuir el consumo energético”, “generar menos residuos”, “no fabricar plásticos”, “producir sustancias no contaminantes” y “sustituir las sustancias contaminantes”**

Ítem 6:

Tabla 7: Acciones que los estudiantes realizan para disminuir la contaminación, declaradas en ambas encuestas:

Indica si tú realizas alguna acción en tu vida cotidiana para disminuir la contaminación. ¿Cuáles?				
Acción	Primer encuesta	Segunda encuesta	% de Respuestas	% de Respuestas
Camino en lugar de usar moto.		1	0.0	1.4
Clasifico la basura	1	2	0.9	2.8
Juntar residuos	53	41	50.0	56.9
Limpio mi casa	5	1	4.7	1.4
No	13	12	12.3	16.7
No contesta	9	13	8.5	18.1
No desperdiciar agua	1		0.9	0.0
No desperdiciar energía	1	1	0.9	1.4
No fumo	3		2.8	0.0
No quemar residuos	9	6	8.5	8.3
No talo árboles		1	0.0	1.4
No tiro aerosoles	2		1.9	0.0
No usar bolsas de plástico		1	0.0	1.4
No uso aerosoles	2	1	1.9	1.4
No uso productos que contaminan.	1		0.9	0.0
Planto algún árbol	2		1.9	0.0
Quemo la basura.	2		1.9	0.0
Reciclo	5	2	4.7	2.8
Reuso	1		0.9	0.0
Trato, pero no puedo.	1		0.9	0.0
Trato de reciclar	1		0.9	0.0
Uso bolsas autorizadas	1		0.9	0.0
Uso desodorantes sin CFC	1		0.9	0.0
Uso la "chismosa".		2	0.0	2.8
Uso materiales que no dañen el ambiente.	1		0.9	0.0
Uso materiales biodegradables.		1	0.0	1.4

Aquí se repiten algunas de las observaciones realizadas en otras preguntas. La cantidad de opciones es amplia, en la segunda encuesta muchos estudiantes no optan. En la mayoría de los casos, tanto en la primera como segunda encuesta, la mayoría de las opciones que aparecen, se refieren a las acciones que evitan hacer para no contaminar: “no tiro basura fuera de los contenedores”, “no tiro papeles”..., más que acciones concretas que realizan.

Ítem 7:

Tabla 8: Reconocimiento de personas o instituciones que trabajen para prevenir la contaminación, según ambas encuestas a los estudiantes

¿Conoces personas o instituciones que lleven adelante acciones para disminuir la contaminación? Si contestaste sí, indica quiénes y qué acciones realizan.			
Institución	Acción	Primer encuesta	Segunda encuesta
ANCAP	Biocombustibles	1	
Ambientalistas	Huelgas	4	1
Basurero Intendencia	Levanta la basura	7	2
Club "Será posible"	Limpia el barrio, planta árboles	1	
Comercios	Dar bolsas biodegradables.	1	
Comuna Canaria	Bolsas grandes para residuos en liceos.	2	
Empresas que hacen materiales biodegradables			1
Empresas recicladoras	Reciclan papel y vidrio.	1	
Gobierno	Recolección de residuos	1	
Green Peace	Cosas benéficas para el planeta	8	8
Mi abuela	Recicla, reusar	1	1
Mi familia	Ahorra energía y agua	1	1
Mi tía	Clasifica para los recicladores.	1	
Mi tío	Recicla botellas de plástico y hace sillas.	1	
No		39	36
No contesta		13	21
Químicos que trabajan en Química Verde			1
Recicladores.	Levanta materiales para reciclar	3	1
Total		85	73

En las respuestas a esta pregunta se observa lo ya señalado, en cuanto a que en la segunda encuesta muchos estudiantes no responden. En este caso además hay un número alto de estudiantes que directamente afirma que no conocen personas o institución que trabajen para disminuir la contaminación. No se observan cambios significativos en las respuestas, salvo dos respuestas que aparecen en la segunda encuesta y no en la primera: *“empresas que hacen materiales*

biodegradables” y *“químicos que trabajan en Química Verde”*. Estas dos respuestas están directamente relacionadas con la temática trabajada durante el año lectivo. Entre las opciones más mencionadas aparece Green Peace, posiblemente por ser una organización que se da a conocer a través de los medios masivos de comunicación, como por ejemplo la televisión.

Ítem 8:

Tabla 9: Importancia atribuida por los estudiantes al uso adecuado de la energía según ambas encuestas

El uso adecuado de la energía es para ti algo:				
Opciones	Primer encuesta	Segunda encuesta	% según la cantidad de encuestados Primer encuesta	% según la cantidad de encuestados Segunda encuesta
Muy importante	75	65	88	89
Poco importante	9	8	11	11
Sin importancia	1		1	0
Total	85	73	100	100

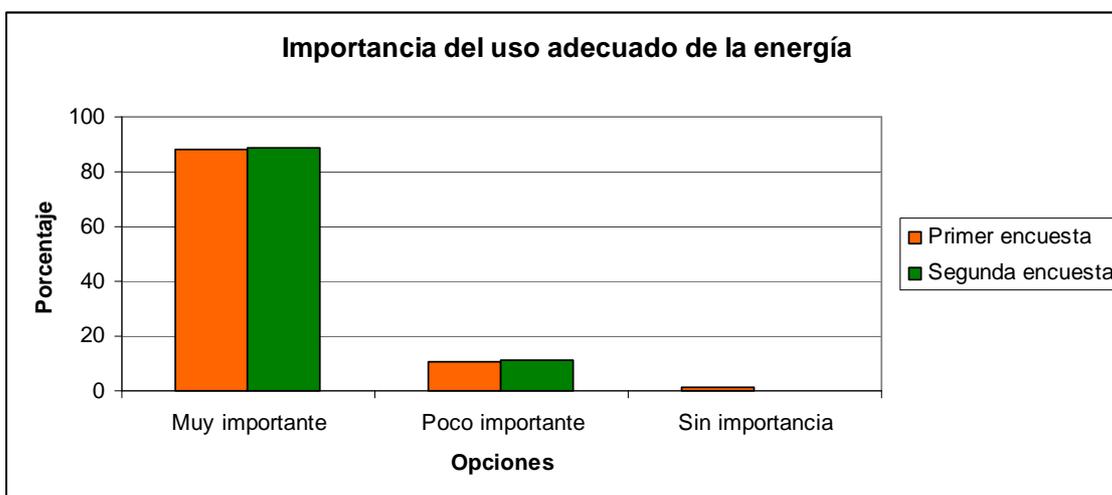


Gráfico 4: Importancia atribuida por los estudiantes al uso adecuado de la energía según ambas encuestas

El resultado de las respuestas a esta pregunta es muy parecido al de la pregunta 1, y la causa seguramente es muy similar. Entre ambas encuestas no se encuentran diferencias significativas, y ello se puede explicar por la concientización previa que ya han tenido los estudiantes sobre este tema. Esta concientización ha sido realizada por diferentes agentes:

educación formal, propaganda de empresas y la propia familia. En este caso, la importancia atribuida al uso adecuado de la energía, es favorecida por las consecuencias económicas directas para el usuario, además de por la responsabilidad ambiental.

Ítem 9:

Tabla 10: Quiénes esperan los estudiantes que solucionen los problemas de energía, según los estudiantes en ambas encuestas (todas las opciones planteadas)

¿Quiénes deberían solucionar los problemas de energía en nuestro país y en el mundo?				
Opciones	Primer encuesta	Segunda encuesta	% encuestados primer encuesta	% encuestados segunda encuesta
Los científicos	12	11	14	15
Las empresas industriales	18	19	21	26
Los gobiernos	63	44	74	60
Nosotros	8	11	9	15
La gente	4	3	5	4
La ciudadanía	5	3	6	4
Todos	5	11	6	15
Las personas	5	5	6	7
No opta	2	1	2	1
UTE	1		1	0
En casa		1	0	1

Nota: Los porcentajes suman más de 100 por que varios encuestados señalan más de una opción.

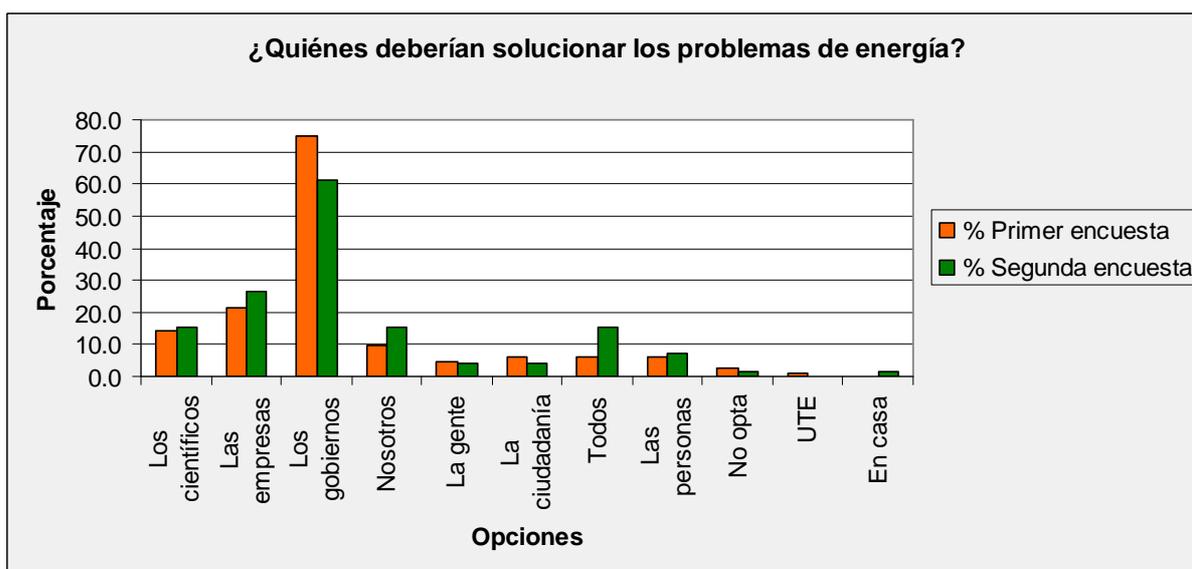


Gráfico 5: Quiénes esperan los estudiantes que solucionen los problemas de energía según los estudiantes en ambas encuestas (todas las opciones planteadas)

Tabla 11: Quiénes esperan los estudiantes que solucionen los problemas de energía según los estudiantes en ambas encuestas (se muestran en forma conjunta todas las respuestas que apuntan a los ciudadanos)

¿Quiénes deberían solucionar los problemas de energía en nuestro país y en el mundo?				
Opciones	Primer encuesta	Segunda encuesta	% encuestados Primer encuesta	% encuestados Segunda encuesta
Los científicos	12	11	14	15
Las empresas industriales	18	19	21	26
Los gobiernos	63	44	75	60
Ciudadanos en general	27	34	32	47

Nota: Los porcentajes suman más de 100 por que varios encuestados señalan más de una opción.

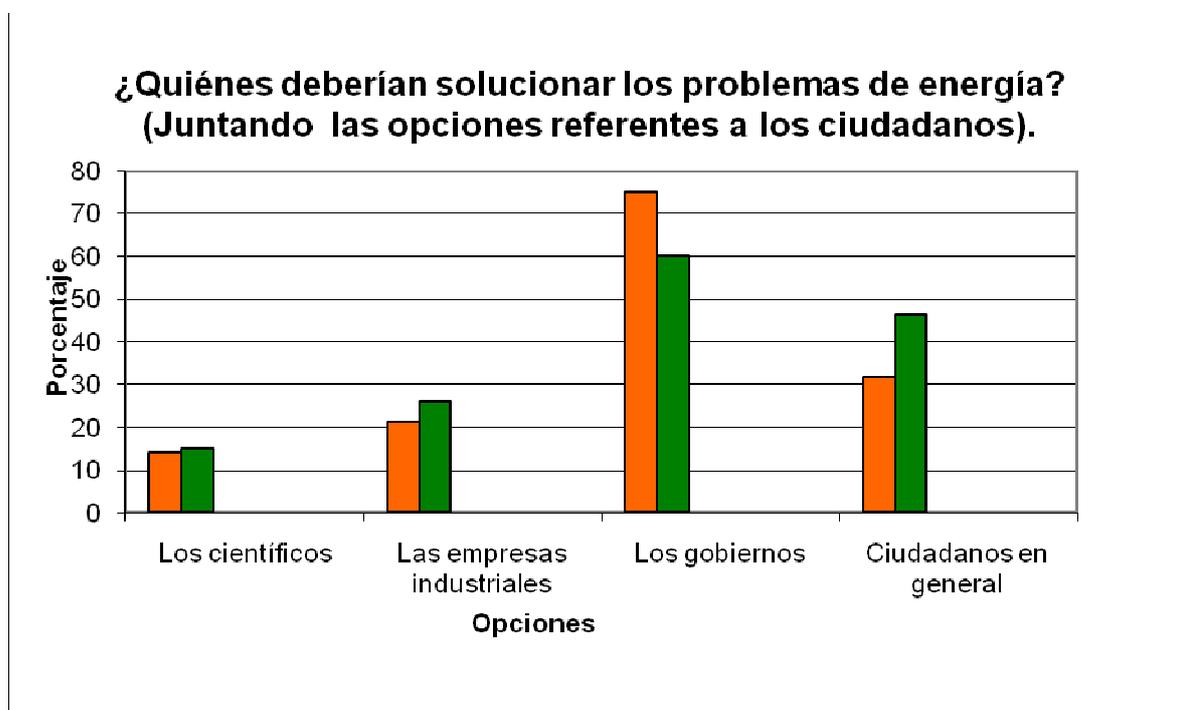


Gráfico 6: Quiénes esperan los estudiantes que solucionen los problemas de energía según los estudiantes en ambas encuestas (agrupadas todas las opciones referentes a los ciudadanos)

En este caso, igual que en la pregunta 4, se plantean las opciones “los científicos”, “las empresas industriales”, “los gobiernos” y la opción “otros”. En esta última los estudiantes mencionan diferentes palabras, pero todas, salvo la opción “UTE”, hacen referencia a los ciudadanos. Por ello, para analizarlo, primero se presenta un gráfico de las respuestas tal cual se obtuvieron, pero luego se realiza otro en el que se reúnen las

respuestas “*nosotros*”, “*la gente*”, “*la ciudadanía*”, “*todos*”, “*las personas*” y “*en casa*”, en un solo ítem como “*ciudadanos en general*”. La opción “*UTE*”, que se ubica con “*Los gobiernos*” en el segundo gráfico, por tratarse de un ente estatal,

Los porcentajes son calculados en función de la cantidad de encuestados, por lo que no suman 100, ya que varios encuestados eligen más de una opción

La primer observación es **la alta importancia atribuida a los gobiernos**, igual que en la pregunta 4. También se repite que **disminuye** esta importancia **en la segunda encuesta**. Igualmente se confirma que **en la segunda encuesta aparece una mayor responsabilidad atribuida a los ciudadanos, y dentro de estos, aumenta la opción “*nosotros*”** que supone un mayor grado de compromiso personal que las otras opciones. Vuelve a cumplirse el desplazamiento de la atribución de la responsabilidad al gobierno, factor no controlable o muy poco controlable, hacia la responsabilidad personal. **Las respuestas a esta pregunta son una segundo indicador de confirmación, después de las respuestas a la pregunta 4, del cumplimiento de la hipótesis planteada al iniciar el presente proyecto: la inclusión de contenidos de Química Verde en la enseñanza de la Química contribuye al desarrollo de la responsabilidad sobre los temas ambientales.** Una diferencia con las respuestas a la pregunta 4 es que en este caso la responsabilidad atribuida a los científicos sobre este tema prácticamente se mantiene entre ambas respuestas. Sin embargo si aumenta la responsabilidad atribuida a las empresas industriales.

Ítem 10

Tabla12: Acciones que deberían realizarse para solucionar los problemas de energía según las dos encuestas a los estudiantes

Nombra tres acciones que deberían realizarse para solucionar los problemas de energía y quiénes deberían llevarlas adelante				
Acciones	Primer encuesta	Segunda encuesta	% de opciones primera encuesta	% de opciones segunda encuesta
Adecuar el uso al horario.	3	3	2.6	4.2
Ahorrar energía	28	12	24.1	16.9
Uso adecuado de aparatos eléctricos	32	27	27.6	38.0
Aumentar el precio de la energía eléctrica.	1	1	0.9	1.4
Bajar el precio de la energía eléctrica.	2		1.7	0.0
Concientizar a la gente.	3	2	2.6	2.8
Controlar el robo de energía eléctrica.	2	1	1.7	1.4
Crear más centrales de energía.	2		1.7	0.0
Energías alternativas.	12	8	10.3	11.3
Hacer apagones.		1	0.0	1.4
Instalar luces en las calles.	1		0.9	0.0
Multar el uso excesivo de energía.	1	1	0.9	1.4
No conectar varios aparatos en el mismo tomacorriente.		1	0.0	1.4
No sé.	2	2	1.7	2.8
Usar adecuadamente la energía.	7	3	6.0	4.2
Usar lamparitas de bajo consumo.	17	9	14.7	12.7
Usar menos vehículos.	3		2.6	0.0

Esta pregunta no es contestada por un 25% de los estudiantes en la primera encuesta y un 43 % en la segunda encuesta.

Para facilitar el estudio se agruparon algunas de las respuestas que se refería a las mismas acciones con diferentes palabras, o a acciones parecidas con diferentes palabras. Por ejemplo se agruparon todas las acciones que se referían a ahorro de energía, como bajar el uso de energía, gastar menos energía eléctrica, usar adecuadamente la energía. Se agruparon también todas las acciones que se referían al uso de inadecuado de aparatos eléctricos: bajar la temperatura del calefón, no abrir la heladera a cada rato, estar menos tiempo con la TV y la PC encendida. También se agruparon todas las opciones referidas a energía alternativas o renovables, junto con ellas se pusieron también energía eólica y paneles solares. A partir de esto pueden

realizarse algunas observaciones. Disminuyen algunas de las respuestas cliché como *“usar adecuadamente la energía”*, y crece la cantidad de algunas acciones concretas, como *“apagar aparatos eléctricos que no estamos usando”*. Disminuye una acción concreta que ha sido muy promocionada: *“usar lamparitas de bajo consumo”*. En ello puede haber incidido el hecho de que en clase se trabajó el problema que generan las lamparitas de bajo consumo cuando deben ser desechadas, como un ejemplo de la necesidad de tener un espíritu crítico al pensar alternativas de bajo impacto ambiental, buscando alternativas que mejoren algunos aspectos, el ahorro de energía en este caso, sin sacrificar otros, la generación de residuos contaminantes. Esto implicaría que con los estudiantes se debería seguir trabajando la toma de conciencia sobre cómo ellos contribuir ellos en estas acciones. Por ejemplo si usando lámparas de bajo consumo, pero al mismo tiempo exigiendo que existan lugares para la clasificación y reciclado de los residuos obtenidos, y comprometiéndose ellos mismos con la recolección de los mismos. La opción *“energías alternativas”* es una de las opciones más elegidas en ambas encuestas. Esta opción aumenta porcentualmente un punto en la segunda encuesta. Esta es una de las opciones, en las que se puede observar que los estudiantes ya poseen conocimientos y conciencia referidos al cuidado ambiental previos a haber trabajado Química Verde en el aula. Sin embargo este enfoque puede contribuir a aumentar y afianzar dicha conciencia.

Ítem 11

Tabla 13: Acciones que los estudiantes afirman realizar para ahorrar energía, según ambas encuestas

Indica si tú realizas alguna acción en tu vida cotidiana para ahorrar energía. Si tu respuesta es afirmativa, señala cuáles				
Acciones	Primera encuesta	Segunda encuesta	% primera encuesta	% segunda encuesta
Abro lo menos posible la heladera.	1	2	1	3
Ahorrar energía.	6	7	6	10
Apagar aparatos eléctricos que no están en uso.	17	13	16	18
Apagar luces cuando no son necesarias.	42	24	39	33
Calefón a 60 °C.	1	1	1	1
Cerrar llave de gas por si hay pérdidas.	1		1	0
Desenchufo los aparatos que no están en uso.	7	6	7	8
Mirar poca TV.	1	1	1	1
No.	13	13	12	18
No uso lavarropas en verano.	1		1	0
No uso microondas.		1	0	1
Tenemos lámparas de bajo consumo.	16	5	15	7
Tenemos sanos los burletes de la heladera.	1		1	0

En la primera encuesta 9 % de los alumnos no contestan esta pregunta, y 23 % no la contestan esta pregunta.

En ningún ítem significativo se observan cambios positivos. Considerando que, en las respuestas a las preguntas anteriores, hay varios indicadores que señalarían un aumento de responsabilidad frente a la problemática ambiental, y que según las respuestas a esta pregunta, ellos no reconocen estar haciendo algo al respecto, podría pensarse que se ha logrado una sensibilización hacia el tema, pero no un cambio concreto de conducta. Esto será luego analizado más adelante, cotejándolo con las respuestas a preguntas similares en entrevistas personales, realizadas luego de transcurrido un tiempo del haber cursado Primer año de Bachillerato y trabajado los contenidos de Química Verde.

Ítem 12

Tabla 14: Personas o instituciones que los estudiantes reconocen que ahorren energía según ambas encuestas:

¿Conoces personas o instituciones que lleven adelante acciones para ahorrar energía? Si contestaste sí, indica quiénes y qué acciones realizan					
Institución	Acción	Primer encuesta	Segunda encuesta	% Primer encuesta en función de la cantidad de respuestas	% Segunda encuesta en función de la cantidad de respuestas
Algunas oficinas.	Apagan luces	2		2	0
Algunos ciudadanos.	Usan energía solar	3		4	0
Conozco pero no recuerdo el nombre.			1	0	1
Gobierno	Lámparas bajo consumo, cambio horario	8	2	9	3
Escuela Rural de Río Branco	Usan energía solar	1		1	0
Mi familia.	Lámparas bajo consumo	6	2	7	3
No contesta		13	22	15	30
No.		42	32	49	44
Televisión.	Promoción de ahorro.	1	1	1	1
UTE	Charlas en escuela para concientizar.	9	13	11	18

La única diferencia significativa, que aparece comparando las dos encuestas, es el aumento de estudiantes que mencionan las charlas que de UTE en las escuelas para concientizar. Esto estaría mostrando la atribución de valor positivo a la educación en estos temas para favorecer la concientización sobre los mismos. La mayoría de los alumnos no responden la pregunta, o afirman que no conocen personas o instituciones que realicen acciones para ahorrar energía. Esto podría estar indicando la percepción de una escasa valoración de estas acciones en su entorno.

Ítem 13

Tabla 15: Imagen de los estudiantes sobre la Química según ambas encuestas

Algunos afirman que la Química es una actividad humana muy contaminante. Al respecto tu estas:				
Opciones	Primera encuesta	Segunda encuesta	% Primer encuesta	% Segunda encuesta.
De acuerdo	15	8	18	11
En desacuerdo	21	23	25	32
Sin opinión formada.	49	40	58	55
No siempre. Está la Q. V.	0	2	0	3
Total	85	73	100	100

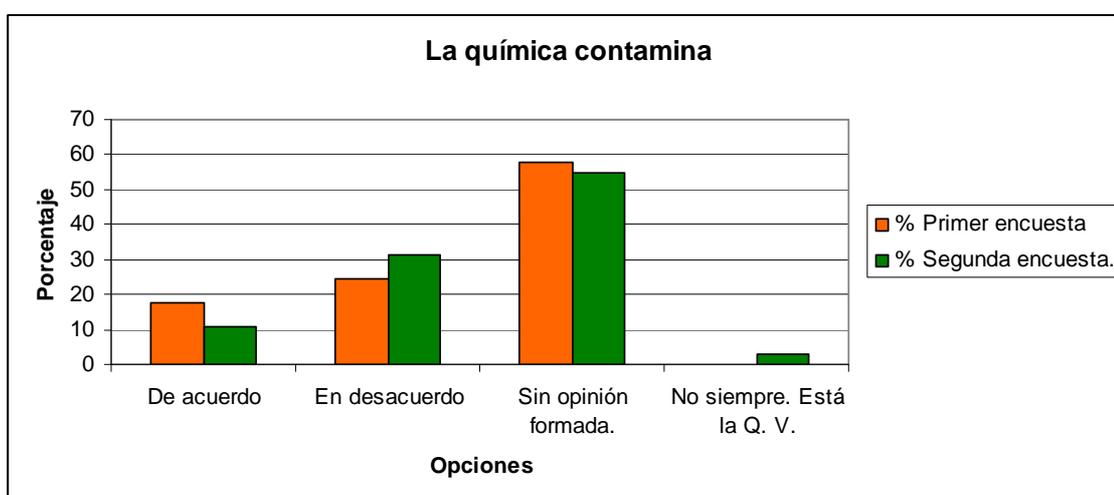


Gráfico 7: Imagen de los estudiantes sobre la relación entre la Química y la contaminación, según ambas encuestas

En esta pregunta había solo tres opciones. En la primera encuesta todos los estudiantes señalaron alguna de estas tres opciones. En la segunda encuesta dos estudiantes agregaron espontáneamente una cuarta opción: “no siempre. Está la Química Verde”. Podría plantearse que sí existiese un cuarto ítem: “No siempre. Explicar”, se hubiesen obtenido más respuestas de este tipo, sin embargo se decidió no hacerlo por considerar que ello hubiera implicado una posible inducción de la respuesta. Analizando los otros ítems, en primer lugar se observa que la mayoría de los estudiantes no tienen una posición tomada. Puede haber ocurrido que la falta de posición no sea frente a la imagen de la Química como “culpable” o “inocente”, sino que esos estudiantes tuviesen posiciones que no fueran tan tajantes. Esta

suposición surge del hecho de que en la primera actividad en el aula se les pidió a los estudiantes que escribieran ejemplos de aplicaciones de impactos positivos de la Química sobre el ambiente, y ejemplos de impactos negativos. Ante esta propuesta los estudiantes no tuvieron dificultades en encontrar ejemplos en ambos sentidos. De todas maneras, en la segunda encuesta este porcentaje desciende levemente. También se nota que, aunque algunos autores señalan como causa del desinterés de los estudiantes hacia la Química, la imagen negativa que esta tiene por considerarla responsable de la contaminación, (Solbes y cols., 2007), (Mora y Parga, 2010), en cualquiera de las dos encuestas, el porcentaje de estudiantes que está de acuerdo con esto, es menor que el porcentaje de los que está en desacuerdo. Comparando estos ítems en las dos encuestas puede verse que, **en la segunda encuesta, disminuye la elección de la opción “de acuerdo” y aumenta la opción “en desacuerdo”.** Esto es un indicador que señala que haber trabajado Química Verde en el aula, favorece el desarrollo de una imagen positiva de la Química, frente a los problemas de contaminación.

Ítem 14

Tabla 16: Dicotomía calidad de vida contaminación, según las dos encuestas a los estudiantes

Referente a la expresión " Referente a la expresión "Se deben buscar nuevos productos que mejoren nuestra calidad de vida, sin importar si contaminan", tu estas:				
Opciones	Primer encuesta	Segunda encuesta	% primer encuesta	% segunda encuesta
De acuerdo	7	10	8	13
En desacuerdo.	70	56	82	78
Sin opinión formada.	8	7	9	9
	85	73	100	100

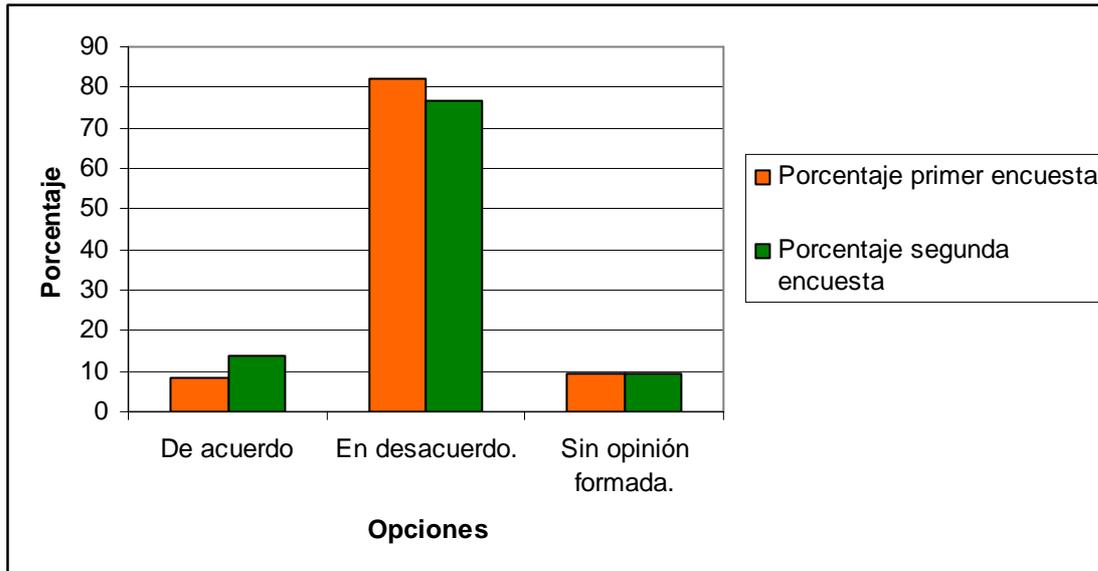


Gráfico 8: Nuevos productos que mejoren la cantidad de vida sin importar si contaminan

Esta pregunta plantea una falsa dicotomía, ya que como plantean algunos estudiantes con aclaraciones al margen en las entrevistas, tanto en la segunda como en la primera encuesta, el estado del ambiente forma parte de nuestra calidad de vida. Luego de esta aclaración, analizando los resultados, se observa que, en ambas encuestas, la amplia mayoría de los estudiantes está en desacuerdo con esta afirmación. Comparando ambas encuestas, se observa que, el número de estudiantes que está de acuerdo con la afirmación, aumentó en la segunda encuesta. Esto daría la impresión, de que disminuyó el número de estudiantes que consideran más importante el ambiente que la calidad de vida. Es posible que ante la contradicción que plantea la propia pregunta, algunos estudiantes se hayan sentido confundidos y esto se refleje en las respuestas. Este sería uno de los aspectos que podrían adaptarse en futuras investigaciones sobre esta temática, generando ítem que evalúen el grado en que los estudiantes consideran la ausencia de contaminación como parte de su calidad de vida.

Ítem15

Tabla 17: Grado de acuerdo de los estudiantes con una Química menos contaminantes según ambas encuestas

Algunos científicos consideran que la Química debería buscar alternativas para encontrar procesos menos contaminantes y más económicos energéticamente. Al respecto tú estás:				
Opciones	Primera encuesta	Segunda encuesta	% primer encuesta	% segunda encuesta
De acuerdo	68	63	80	86
En desacuerdo	1	3	1	4
Sin opinión formada	16	7	19	10
Total	85	73	100	100

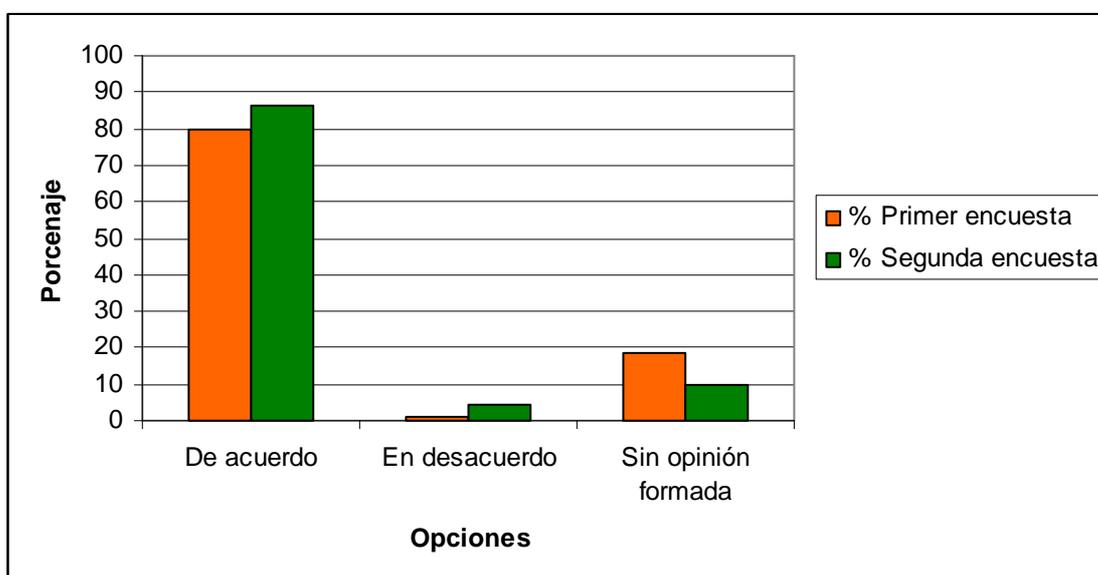


Gráfico 9: Grado de acuerdo de los estudiantes con una Química menos contaminantes según ambas encuestas

Aquí puede verse que la mayoría de los estudiantes tienen afinidad por los principios centrales de la Química Verde. El acuerdo con estos aumenta luego de trabajar el tema en aula. También aumenta el número de estudiantes que están en desacuerdo con esto, de todas formas sigue siendo un número reducido, por lo que es difícil sacar conclusiones de los motivos.

Ítem 16 de la primera encuesta:

Tabla 18: Conocimiento por parte de los estudiantes del concepto de Química Verde, según la primera encuesta:

¿Conoces las expresiones "Química Verde" o "Química Sustentable"?					
Si respondes sí, aclara brevemente que sabes al respecto.					
		Porcentaje			
No	Sí	Sí	No	Aclaraciones si contestan sí	
71	14	15	85	Algo de contaminación debe ser.	1
				Es la que intenta disminuir la contaminación.	1
				Quiere decir que la Química está en relación con la naturaleza.	3
				Se ocupa de crear nuevos diseños menos contaminantes.	1
				Tratará de la naturaleza supongo.	1
				Trata de los temas medioambientales.	2
				Solo he escuchado la expresión, pero no sé que es.	3
				Es la que intenta no contaminar más.	1
				Total	14

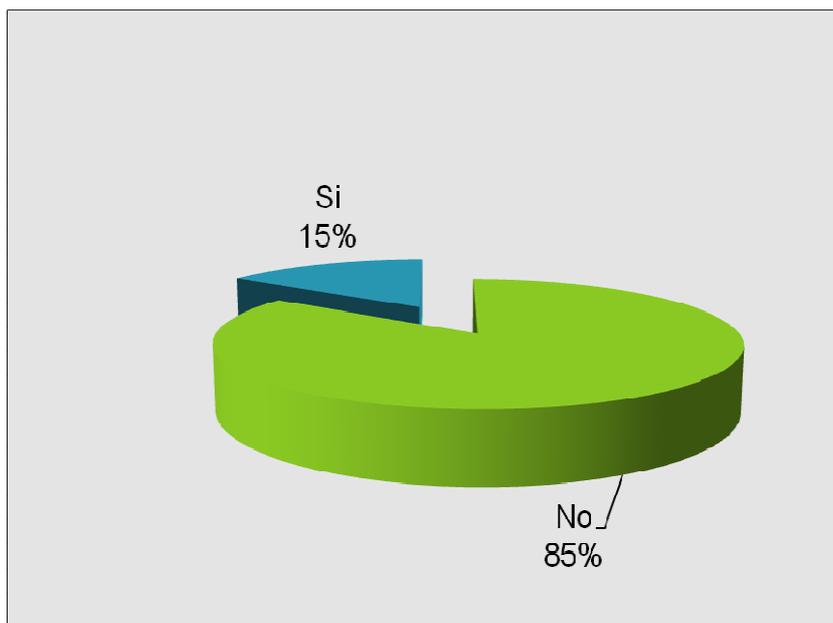


Gráfico 10: Conocimiento por parte de los estudiantes del concepto de Química Verde, según la primera encuesta

Se evidencia que la mayoría de los estudiantes en general no tienen conocimientos previos sobre el tema. Los pocos que contestan que sí, deducen, con mayor o menor acierto el significado del concepto.

Ítem 16 segunda encuesta:

Tabla 19: Interés de los estudiantes por los contenidos de Química Verde según la segunda encuesta

Comparados con otros temas que trabajaste este año en Química, los referidos a Química Verde, te parecieron:		
Opciones:	Segunda encuesta:	Porcentaje
Sin interés	1	1
Interesantes	56	77
Muy interesantes	15	21
No opta	1	1
Total	73	100



Gráfico 11: Interés de los estudiantes por los contenidos de Química Verde según la segunda encuesta

Solo un estudiante considera los contenidos sin interés. La mayoría considera interesantes los contenidos de Química Verde. Por lo tanto trabajar desde esta perspectiva podría resultar interesante, y por lo tanto motivante, para la enseñanza de la Química, respondiéndose así positivamente una de las preguntas planteadas en la presente investigación, y contribuyendo a la

solución de uno de los problemas planteados: la falta de interés por el aprendizaje de esta disciplina.

Ítem 17 segunda encuesta:

Tabla 20: Dificultad atribuida por los estudiantes a los contenidos de Química Verde según la segunda encuesta

Comparado con otros temas que trabajaste este año en Química, los referidos a Química Verde te parecieron:		
Opciones:	Segunda encuesta	Porcentaje
Fáciles	49	67
Muy fáciles	8	11
Entre fácil y difícil	2	3
Difíciles	10	14
Muy difíciles	1	1
No opta	3	4
Total	73	100

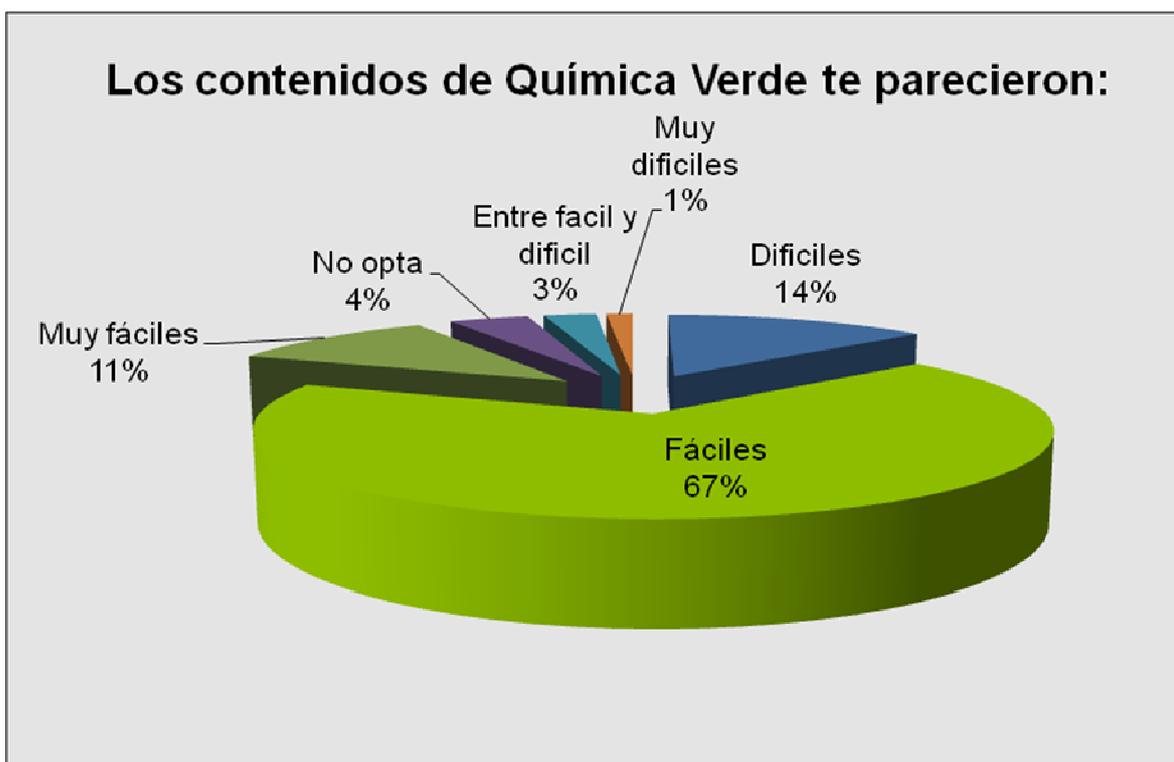


Gráfico 12: Dificultad atribuida por los estudiantes a los contenidos de Química Verde según la segunda encuesta

La mayoría de los estudiantes considera fáciles los contenidos referidos a Química Verde. Esto complementa los resultados de la pregunta anterior. Uno de los factores que contribuyen a la falta de motivación por el aprendizaje de la

Química, es la consideración de esta como una asignatura difícil (Furió, 2006), (Galagovsky, 2005) y (Galagovsky, 2007). Por lo tanto trabajar desde esta perspectiva puede contribuir a cambiar esa imagen de “asignatura difícil” y mejorar la motivación hacia su aprendizaje.

Ítem 18 de la segunda encuesta:

Tabla 21: Grado de acuerdo de los estudiantes con que los contenidos de Química Verde se trabajen en todos los cursos de Química según la segunda encuesta:

Los contenidos de Química Verde se deberían aplicar en todos los curso de Química.		
Opciones	Segunda encuesta	Porcentaje
De acuerdo	55	75
En desacuerdo	5	7
Sin opinión formada	12	16
No opta	1	1
	73	100

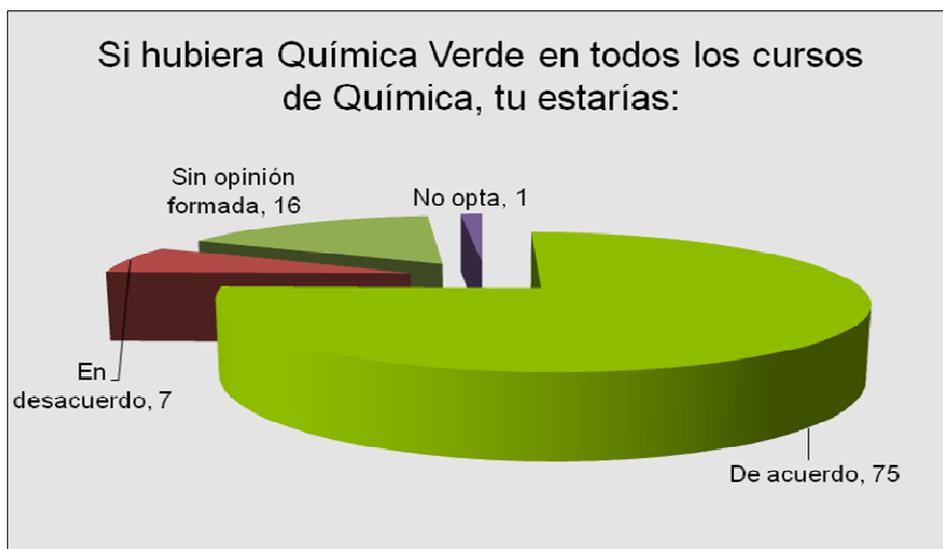


Gráfico 13: Grado de acuerdo de los estudiantes con que los contenidos de Química Verde se trabajen en todos los cursos de Química según la segunda encuesta

Puede observarse que **es muy amplia la aceptación de la posible enseñanza de Química Verde en todos los cursos.** Entre los que no optan, una alumna aclaró al lado de su opción, que le habían resultado entretenidos los contenidos referidos a

Química Verde, pero que tal vez, si se trabajaran todos los años fueran aburridas. Esta estudiante, y tal vez ocurra lo mismo con otros que no optaron, no considera la posibilidad de que se trabajen otros contenidos, pero con un enfoque desde la Química Verde.

Ítem 19 de la segunda encuesta:

Tabla 22: Concepto de Química Verde manifestado por los estudiantes según la segunda encuesta

¿Cuál de las siguientes te parece una mejor definición de Química Verde?		
Opciones:	Valores absolutos	Porcentaje
Es una parte de la Química que se ocupa de estudiar las plantas.	1	1
Es una parte de la Química que se dedica a estudiar las sustancias de color verde.		0
Es una parte de la Química que procura buscar métodos para prevenir la contaminación.	51	70
Es una parte de la Química que procura solucionar los problemas de contaminación.	14	19
No opta.	7	10
Total	73	100

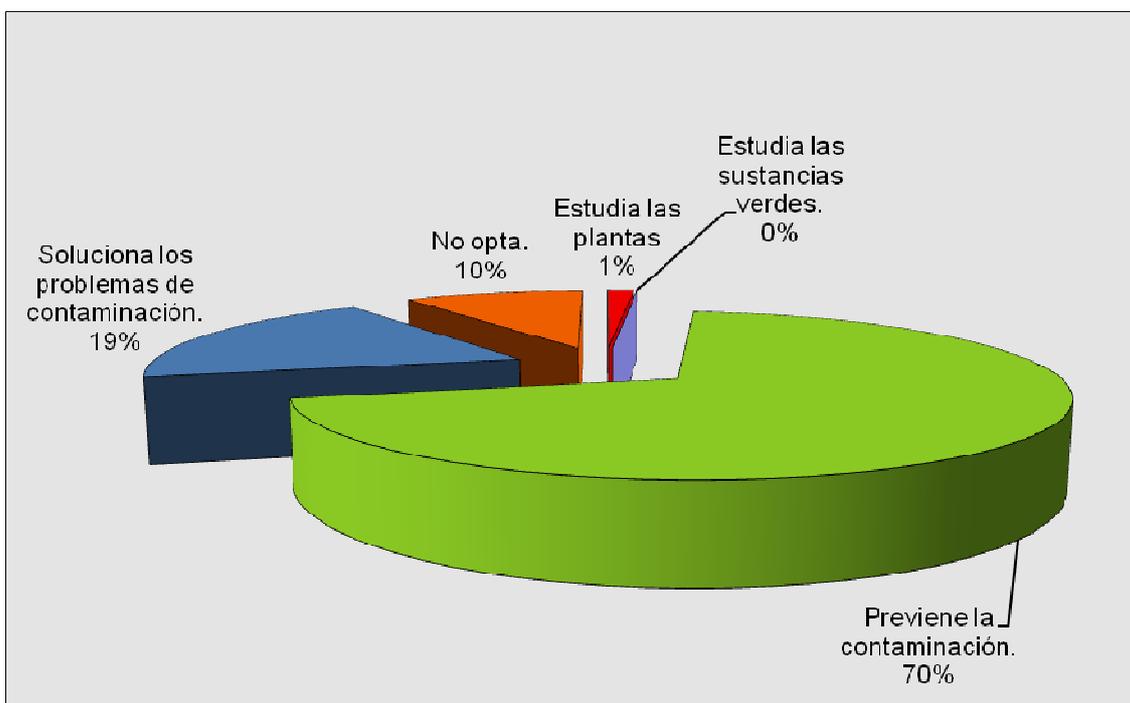


Gráfico 14: Concepto de Química Verde manifestado por los estudiantes según la segunda encuesta

Un 70% de los estudiantes elige la opción que mejor refleja el concepto de Química Verde. Un 19% tiene un

concepto aproximado, al reconocer la relación con los problemas de contaminación, pero no llega a distinguir la diferencia entre solucionar dichos problemas, más relacionado con Química Ambiental, y la prevención de dichos problemas.

4.4. Entrevistas a los estudiantes Pautas para entrevista a alumnos

Pauta de entrevista

- 1) ¿Qué orientación de bachillerato estás haciendo?
- 2) ¿Por qué elegiste esa orientación?
- 3) ¿Qué piensas de los programas de química que tuviste o tienes? Pensando en que la química hasta cuarto año se enseña a todos ¿Qué cosas piensas que se deberían enseñar y cuáles no?
- 4) ¿Vos consideras que hay problemas ambientales? ¿Cuáles?
- 5) ¿Quién o quiénes tienen la responsabilidad de estos problemas?
- 6) ¿Habría que hacer algo para solucionarlos o atenuarlos? ¿Qué? Y ¿quiénes?
- 7) ¿Te parece que la educación tiene algo que ver con esto?
- 8) ¿Qué te acuerdas de lo que es Química Verde?
- 9) ¿Hay algunos principios de la Química Verde que te acuerdes? Desarrollalos.
- 10) Si comparas Química Verde con los demás contenidos que trabajamos en clase de Química. ¿Química Verde te parece más fácil o más difícil que el resto de los contenidos? ¿Más útil o menos útil? Justifica tus respuestas.
- 11) Respecto a la forma en que trabajamos Química Verde en clase ¿qué tipo de actividades fueron las que más te gustaron? (análisis de noticias, resolución de problemas, planteo de ejemplos). ¿Qué tipo de actividades tú crees que se deberían hacer en clase al trabajar en Química Verde? ¿Hay algún tipo de actividad que tu pienses bueno realizar y no hicimos sobre Química Verde, por ejemplo prácticos de laboratorio, investigaciones para presentar carpetas, analizar videos?

- 12) Haber trabajado en Química Verde en clase ¿cambió en algo tu visión respecto a nuestra responsabilidad como ciudadano frente al ambiente?
- 13) ¿Aplicas algo de lo que aprendiste en Química Verde? ¿Qué? Y si contesta que no ¿Por qué no?
- 14) Para alguien que haga una carrera vinculada a la química, consideras que lo aprendido respecto a Química Verde le puede ser útil. En qué y para qué.
- 15) ¿Hay algo más que quieras agregar sobre este tema?

Muestra para la entrevista:

La muestra para las entrevistas fue intencional. Está integrada por cuatro estudiantes que cursaron Primer Año de Bachillerato en la experiencia en que se trabajaron contenidos de Química Verde. El principal factor que incidió en la elección de la muestra fue la disponibilidad de tiempo para las entrevistas y disposición a acceder a la misma. En segundo lugar se buscó representatividad de distintas categorías de estudiantes, considerando distintos aspectos: grupos de origen, rendimiento en el curso y género. En cuanto al origen, cada uno de los entrevistados pertenecía a distintos grupos del curso de Primer Año de Bachillerato, en los que se trabajó Química Verde en el aula. En cuanto al rendimiento se eligieron apuntando a cubrir diferentes niveles de desempeño durante el año lectivo. Las calificaciones de promoción en la asignatura Química, para cada uno de los estudiantes entrevistados, fueron respectivamente: 11, 8, 6 y 6. No fue posible entrevistar estudiantes que hubieran tenido resultados negativos. En cuanto al género, tres entrevistadas son femeninas y uno es masculino. Hubiera sido deseable entrevistar dos y dos, pero tampoco fue posible. Al momento de entrevistarlos, tres de los estudiantes estaban cursando Segundo Año de Bachillerato, y una alumna estaba cursando Tercer Año de Bachillerato. Las primeras tres entrevistas se realizaron en el mes de agosto del año 2011. Por lo

tanto los estudiantes hacía aproximadamente nueve meses que habían terminado de cursar. Dos estudiantes estaban cursando Orientación Biológica, uno estaba cursando Orientación Científica. La cuarta entrevista se realizó en agosto del 2012, por lo tanto la alumna hacía 21 meses que había terminado el curso de Primer Año de Bachillerato, en el que se incluyeron los contenidos de Química Verde. En este momento la estudiante se hallaba cursando Tercer Año de Bachillerato, Opción Ingeniería. Hubiera sido deseable entrevistar estudiantes que estuvieran cursando las orientaciones Artística y Humanística, para evaluar cómo incidió en ellos, que luego dejan de tener Química como asignatura, el haber trabajado Química Verde en el aula. Esto no fue posible porque en el liceo que se realizó la experiencia no existe la opción artístico, y con los estudiantes de humanístico no fue posible coordinar horarios para las entrevistas con ellos. Los entrevistados cursaban en el turno de la noche al momento de la entrevista, En este turno trabaja el entrevistador, como Ayudante Preparador de Laboratorio. Esto facilitó la realización de las entrevistas en horas que a los estudiantes le quedaban libres por ausencia de profesores, o porque sus compañeros de otros subgrupos estaban en horarios de asignaturas prácticas, y ellos disponían de horas libres en medio del turno.

Temas surgidos de las entrevistas a los estudiantes:

En las entrevistas a los estudiantes surgen los siguientes temas, que luego se plantean en la tabla número 23 para analizar las diferentes categorías que surgen dentro de cada uno:

- Contenidos importantes de los programas de Química.
- Problemas ambientales.
- Responsables de los problemas ambientales.
- Acciones a llevar adelante para solucionar los problemas.
- Incidencia de la Educación en el cuidado del ambiente.
- Persistencia de los conocimientos de Química verde.

- Cambios autopercebidos después de trabajar Química Verde.
- Relevancia atribuida a los aprendizajes de Química Verde.
- Relevancia de los contenidos de Química Verde para alguien que siga una carrera relacionada con la Química.
- Dificultad atribuida al aprendizaje de Química Verde.
- Mejor forma de aprender Química Verde.

Los temas surgen de preguntas planteadas a los estudiantes, y de las respuestas que los mismos suministran. Lo mismo puede decirse de las categorías en las que se clasifican dichas respuestas. Las mismas surgen de agrupar respuestas similares de acuerdo a los objetivos de la investigación.

Tabla 23: Temas surgidos en las entrevistas a los estudiantes

Temas	Entrevista I	Entrevista II	Entrevista III	Entrevista IV
Contenidos importantes de los programas de Química.	Contenidos generales de los cursos.	Contenidos generales de los cursos.	Contenidos generales de los cursos. Contenidos referidos a Química Verde.	Contenidos generales de los cursos. Contenidos referidos a Química Verde.
Problemas ambientales.	Problemas ambientales tratados en el curso.	Problemas ambientales tratados en el curso.	Problemas ambientales tratados en el curso. Problemas ambientales que no fueron tratados en el curso.	Problemas ambientales tratados en el curso.
Responsables de los problemas ambientales.	Las empresas industriales. Los ciudadanos en general	Los ciudadanos en general. Las empresas industriales. El estado.	Los ciudadanos en general.	Los ciudadanos en general.
Acciones a llevar adelante para solucionar los problemas.	Publicidad. Acciones concretas.	Normas y acciones coercitivas. Acciones concretas..	Educación.	Educación. Publicidad
Incidencia de la Educación en el cuidado del ambiente	Incide	Incide	Incide	Incide
Persistencia de los conocimientos de Química Verde.	Recuerda muy bien el concepto, pero no los principios. Si recuerda algunas aplicaciones.	Recuerda muy bien el concepto y los principios de economía atómica y reducción de la toxicidad.	Recuerda el concepto y los principios de ahorro de energía y uso de sustancias no tóxicas.	Recuerda muy bien el concepto y los principios de prevención y creación de sustancias que cumplan la misma función sin contaminar.
Cambios autopercebidos después de trabajar Química Verde.	Cambio de actitudes: cuidado en no tirar basura en cualquier lado, busca oportunidades para favorecer el reciclado.	Cambio de actitudes: cuida más la energía y el agua. Aumento de conciencia: conciencia crítica cuando escucha información sobre temas ambientales.	Cambio de actitudes: cuida más la energía, no tira basura fuera del lugar que corresponde, reutiliza lo que puede.	Cambio de actitudes: no tira papeles fuera del lugar.
Relevancia atribuida a los aprendizajes de Química Verde.	Aplicables a la vida cotidiana.	Aplicables a la vida cotidiana.	Aplicables a la vida cotidiana.	Aplicables a la vida cotidiana.
Relevancia para alguien que estudie Química	Relevante.	Relevante.	Relevante según el caso.	Relevante según el caso.
Dificultad atribuida al aprendizaje de Química Verde.	Fácil.	Fácil.	Fácil.	Fácil.
Mejor forma de aprender Química Verde.	Actividades experimentales.	Análisis en profundidad de noticias o hechos que puedan vincularse con la Química Verde. Salidas de campo.	Actividades experimentales. Mirar videos sobre el tema. Salidas de campo.	Actividades experimentales. Mirar videos.

Contenidos importantes de los programas de Química

En este contexto entendemos como importantes aquellos contenidos que los entrevistados consideran que se deberían enseñar en los primeros cursos de Química. Para analizarlos tomando en cuenta los objetivos de la investigación nos referiremos a dos categorías:

Contenidos generales de los cursos: son aquellos temas de Química que están planteados en los programas.

Contenidos referidos a Química Verde: son aquellos contenidos que hacen mención a Química Verde o a sus principios.

Todos los entrevistados mencionan distintos *contenidos generales de los cursos*. Dos de los ellos mencionan *contenidos referidos a Química Verde* cuando se les pregunta que contenidos de los trabajados en Química consideran interesantes, pero lo nombran luego de otros temas, y como algo accesorio: *“también hablamos mucho de Química Verde”* (Entrevista IV). En la entrevista III menciona Química Verde, como algo importante, pero luego de nombrar otros temas. Esta falta de mención, o consideración de la Química Verde como algo secundario, se contradice con lo expresado al preguntarse específicamente sobre el tema. Esto puede deberse a, que como lo mencionan en algunas de las entrevistas, el tema pierde trascendencia al ser tratado solo un año, también puede deberse a que los estudiantes se pliegan a la posición de los profesores, en cuanto a considerar relevantes los contenidos referidos a conceptos más específicos y exclusivos de Química, e incluso en cuanto a considerar más importante los contenidos más difíciles de aprender. Esto se refleja en algunas de las respuestas: *“A mí me fue más útil lo otro, porque es lo que estoy trabajando ahora este año y el año pasado. Porque lo de isomería y todas esas cosas que dimos, también me está sirviendo para este año. Esto es más útil respecto a los cursos que pueda seguir*

en sí. Y lo otro, la Química Verde, por ahí es más útil en el sentido de lo cotidiano.” (Entrevista IV).

Problemas ambientales:

En este tema las respuestas se agrupan en dos categorías: **problemas ambientales que fueron tratados en el curso:** se refiere a aquellos temas que fueron tratados durante el curso que incluyó contenidos de Química Verde: calentamiento global, lluvia ácida, disminución del ozono estratosférico, residuos sólidos urbanos, contaminación del agua, contaminación del aire y contaminación del suelo.

Problemas ambientales que no fueron tratados durante el curso: dentro de esta categoría solo aparece mencionado el tema contaminación radiactiva.

En tres entrevistas se mencionan *problemas ambientales tratados en el curso:* lluvia ácida, efecto invernadero, materiales no biodegradables, contaminación del agua, del aire y del suelo. Estos problemas son justamente algunos de los que aparecen en las encuestas, y descienden numéricamente, comparando la primera y segunda encuesta. Esto estaría confirmando la hipótesis de que en la segunda encuesta algunas opciones no fueron planteadas por la oportunidad en la que se realizó. También corresponde señalar que estos contenidos trabajados durante el año permanecen en la memoria de los estudiantes. Solo una de las entrevistadas señala la contaminación en general, y menciona un problema que no fue de los trabajados en Primer Año de Bachillerato: la contaminación producida por las radiaciones nucleares.

Responsables de los problemas ambientales:

En este punto se analiza cuáles son las personas o instituciones que los estudiantes reconocen como causantes de los problemas ambientales, o como posibles agentes de solución o prevención.

Aquí se utilizarán categorías que coinciden con ítems de de las encuestas: **los científicos, el gobierno, las empresas industriales y los ciudadanos en general.**

Todos los estudiantes reconocen a los *ciudadanos en general*, como responsables de la contaminación. No surgen aclaraciones respecto a que ellos están incluidos, y por lo tanto también son responsables. Sin embargo esto aparece mencionado más adelante cuando hablan de los cambios autopercebidos después de trabajar Química Verde. En dos casos mencionan las *empresas industriales*, coincidiendo en esto con lo que aparece en las encuestas aplicadas. También en un caso se menciona la responsabilidad del *gobierno*. Estos resultados coinciden con los resultados de las encuestas, en cuanto a confirmar que estudiantes reconocen su responsabilidad frente a esta problemática.

Acciones a llevar adelante para solucionar los problemas

En el presente apartado se plantean las acciones que los estudiantes consideran que pueden ser realizadas por los distintos actores para solucionar o atenuar los problemas ambientales. En este tema surgen las siguientes categorías: **educación, publicidad, normas y medidas coercitivas y acciones concretas.**

Algunos de los entrevistados se refieren a la formación de las personas por distintos caminos: la *publicidad* y la *educación*. Esto coincide con algunas de las opciones que se plantea en las encuestas: concientizar. Pero en las entrevistas esto aparece más detallado, al referirse a formas concretas de llevarlo adelante. En cuanto a la educación mencionan la educación formal y la educación familiar. En tres casos se refieren a diversas *acciones concretas* como ahorro de energía y agua, crear normas que controlen cultivos contaminantes, multar a quienes contaminan.

Incidencia de la educación en el cuidado del ambiente

Categorías: **la educación incide en el cuidado del ambiente o la educación no incide en el cuidado del ambiente.**

Los estudiantes se refieren a las acciones que se pueden realizar desde la educación para solucionar o prevenir los problemas ambientales, y que resultarían efectivas. En todos los casos están de acuerdo en la importancia de la educación, pero el énfasis está puesto más en la formación de valores y desarrollo de conciencia sobre el tema, que en la transmisión de conocimientos específicos. Esto es expresado de diferentes maneras: *“hay que abrir la cabeza”*, *“hay que enseñar, pero eso no asegura que lo apliquen”*, *“hay que concientizar”*, *“hay que enseñar todos los años un poco”*. Es decir que el énfasis está puesto en los contenidos actitudinales, en los que el enfoque CTSA y la enseñanza de la Química Verde ponen el énfasis.

Persistencia de los conocimientos de Química Verde

Las categorías que surgen aquí son **concepto de Química Verde, principios de la Química Verde y ejemplos de aplicación de la Química Verde.**

Se analizan los contenidos de Química Verde que persisten en la memoria del estudiante, luego de transcurrido cierto tiempo después de haberlos estudiado y trabajado sobre ellos. Todos los entrevistados dan una definición acertada del *concepto de Química Verde*. También recuerdan con mayor o menor profundidad algunos de los *principios*. En la primera entrevista no recuerda ningún principio espontáneamente, pero al mencionárselos plantea un *ejemplo de aplicación* de la generación de materiales biodegradables. En la segunda entrevista menciona los *principios* de economía atómica, el ahorro de energía y el uso de materiales no contaminantes. En la tercera entrevista también habla de los *principios* de ahorro de energía y el sustituir las sustancias peligrosas por otras que no lo sean. En la última

entrevista se refiere también la sustitución de sustancias peligrosas, y explica muy bien el *principio* de prevención.

Cambios autopercebidos después de trabajar Química Verde

Estos cambios se pueden clasificar en categorías: **aumento de la conciencia sobre los temas ambientales y cambios de actitudes ante los temas ambientales.**

¿Existen cambios de conciencia o de actitudes que los estudiantes reconocen en sí mismos después de trabajar los contenidos de Química Verde?

En todas las entrevistas hacen referencias a que el haber trabajado Química Verde los hizo tomar *conciencia* sobre el destino que ellos dan a los residuos sólidos, y en especial a los papeles. Todos manifiestan que antes eran más descuidados con el destino de los papeles que desechaban y que, a partir de lo trabajado en el curso, ahora tienen especial cuidado de no tirar papeles en cualquier lado. Aquí se están refiriendo a *cambios de actitudes*. En las dos primeras entrevistas, también hacen referencia a que se sienten más seguros para analizar problemas ambientales cuando trabajan temas vinculados con esto, en la clase o cuando ven o escuchan noticias. *“Qué sirve de mucho la Química Verde. Es un tema esencial. No está aparte, porque va vinculada al programa. Va asociada. Porque yo estoy en quinto, y cuando hablamos de radiaciones, de que contamina, de que no contamina, ya tenemos los conocimientos para volcarlos en opiniones. Si se instalara una planta nuclear aquí, ya podemos pensar que riesgos y que beneficios tendría, podemos hablar más profundo. A veces los químicos dicen que no es esencial, pero lo más pequeño es una herramienta. Está bueno aprender Química Verde.”* (Entrevista I).

“Capaz que, por ejemplo, estoy viendo el informativo o algo y dicen, no se... Por ejemplo cuando pasó todo lo de

Japón, de decir ¡Uy! Acá hay cosas que lo vimos con el profesor, que lo relacionamos. Capaz que si hubiesen aplicado los principios, capaz que no hubiese pasado eso.” (Entrevista II). Esto lo incluimos dentro del *aumento de conciencia*. Este aumento de conciencia hace que los estudiantes se sientan más seguros al analizar esta temática. Se hace notar que los ejemplos hacen referencia a la radiactividad porque en el momento que se realizaron las dos entrevistas era muy reciente el accidente nuclear en Japón, y además estaban trabajando el tema energía nuclear en el curso de Química de Segundo año de Bachillerato que cursaban. Estos dos hechos, en forma conjunta, pueden haber llevado a que los estudiantes asociaran el tema radiactividad con lo trabajado sobre Química Verde en el curso anterior. En la en la Entrevista II también hace referencia a otro *cambio de actitud*, que tiene cuidado en clasificar por degradabilidad, los residuos a desechar. En la segunda entrevista, manifiesta que ahora es más cuidadosa con el uso de la energía eléctrica, y que tiene la precaución de utilizar productos que sean menos contaminantes en la vida cotidiana. En la entrevista III plantea que, luego de haber trabajado Química Verde, procura reutilizar todo lo que sea posible. Aquí se contesta positivamente una de las interrogantes planteadas en el presente trabajo, respecto a si el trabajar Química Verde contribuye a desarrollar una actitud más responsable hacia el cuidado del ambiente. En este aspecto los resultados de las entrevistas muestran alguna diferencia con los resultados obtenidos en ítem 11 de las encuestas. En las encuestas no se evidenciaban cambios significativos en sus actitudes hacia el cuidado del ambiente. Sin embargo en las entrevistas si afirma que existen. Esto puede tener dos explicaciones, entre otras posibles: una es que los estudiantes en las encuestas no fueran conscientes de las acciones que realmente realizan en favor del ambiente por tenerlas naturalizadas, y sin embargo sí se hacen conscientes en la entrevista personal, donde dedican más tiempo a reflexionar

sobre cada pregunta; otra posibilidad es que originalmente sólo hayan tenido un cambio de ideas, que al realizar la segunda encuesta no se había logrado un verdadero cambio de actitudes, pero que éste si se fue concretando al transcurrir el tiempo.

Relevancia atribuida a los aprendizajes de Química Verde: Importancia que se le asignan a dichos contenidos para su vida cotidiana

Aquí se plantean dos posibles categorías: **Los contenidos de Química Verde son aplicables a la vida cotidiana, o no son aplicables.**

Todos los estudiantes entrevistados coinciden en afirmar que lo aprendido en el aula referente a este tema, *son aplicable a la vida cotidiana*. En algunos casos, como en la cuarta entrevista, se produce una aparente contradicción ya que se relativiza este conocimiento, porque solo sirve para la vida cotidiana, comparándolo con otros contenidos que luego le fueron útiles para aprender Química en Segundo y Tercer año de Bachillerato. Esto estaría condicionado por el objetivo totalmente propedéutico que le asigna la alumna al liceo, en cuál está implícita la suposición de que este no debe educar para la vida cotidiana, sino preparar para estudios posteriores. También está presente otro planteo, realizado en otra parte de la misma entrevista: que los contenidos de Química Verde tendrían más relevancia si se trabajaran todos los años: *“Primero que nada, me parece bien que esté esto de Química Verde y qué se le dé bolilla, por así decirlo. Porque mal o bien, a mí me quedaron cosas, pero estaría bueno que se diera, por lo menos, un poquito cada año.”* (Entrevista IV).

De todas formas, esta postura en la que sólo tiene importancia lo que sirva para estudios posteriores, no es compartida por todos los entrevistados. En la segunda entrevista se plantea exactamente lo contrario: *“La Química Verde es más interesante., por el hecho de que te están enseñando cosas*

que no solo tienen que ver con la materia Química, sino con todo. Con cosas de vida cotidiana digamos. Por que vos eh... Lo de economía atómica, ta, eso sí es algo solo de Química, pero el de utilizar, yo que se..., alcohol en vez de un detergente, eso lo podemos utilizar en nuestras casas. Me parece más interesante, porque a veces, capaz que en un año, en una materia, por ejemplo en Química, das la molaridad y eso, que son cosas que la vas usar en la materia, no la vas a usar en tu casa.” (Entrevista II).

En las otras dos entrevistas se realizan también comentarios que ponen de relieve la importancia de lo aprendido sobre Química Verde para su aplicación en la vida cotidiana.

Relevancia de los contenidos de Química Verde trabajados en Educación Secundaria para alguien que estudie Química

En este aspecto, las opiniones de los estudiantes se pueden clasificar en tres posibles categorías: **son relevantes, no son relevantes, pueden ser relevantes según el caso**. En esta última categoría se ubica la respuesta de la tercera entrevista, la alumna plantea que lo aprendido sobre Química Verde en Educación Secundaria puede ser útil o no, para una carrera vinculada con la Química, dependiendo de la conciencia que tenga el estudiante sobre el cuidado del ambiente. En este caso no considera que la Química Verde contribuya a desarrollar esta conciencia. Sin embargo esto contradice lo que plantea la misma alumna, en cuanto a que el haber trabajado Química Verde contribuye a “abrir la cabeza”. En todas las otras entrevistas los conocimientos de Química Verde se consideran *relevantes* para alguien que siga estudiando y trabajando en Química. Los entrevistados opinan que los conocimientos previos de Química Verde van a contribuir a un trabajo más responsable con el ambiente, por parte de un profesional de la Química, y plantean algunos ejemplos al respecto: trabajar considerando los

materiales dentro de un ciclo en el que puedan reciclarse o reutilizarse: “*Puedo hacer un círculo de consumo para no contaminar. Contamina, pero menos que lo que se puede tirar.*” (Entrevista I). Aquí el entrevistado se está refiriendo indirectamente, a algunos conceptos que ya se están aplicando en beneficio del ambiente, como el Análisis del Ciclo Vital (ACV) (Goleman, 2009) de los objetos, o el programa Basura Cero (Leonard, 2010). Otros ejemplos de aplicaciones de Química Verde, mencionados por el entrevistado son utilizar reactivos no contaminante y buscar obtener productos no contaminantes.

Dificultad atribuida al aprendizaje de Química Verde

Aquí se consideran también dos categorías: **fáciles o difíciles.**

En todos los casos, los entrevistados, coinciden en que los contenidos referidos a Química Verde son más *fáciles* de abordar que el resto de los contenidos, lo cual coincide totalmente con el resultado obtenido en la encuesta. Esto seguramente tiene que ver con la forma en que fueron abordados: vinculándolos con la vida cotidiana, y con un enfoque desde los valores que subyacen implícitos detrás de cada uno de los principios.

Mejor forma de aprender Química Verde

Al respecto hubo distintos planteos por parte de los entrevistados, con algunas coincidencias entre ellos. Podemos clasificar estos en tres categorías: **actividades experimentales, análisis de información y salidas de campo.** El análisis de información se puede clasificar en dos subcategorías: **noticias y material audiovisual.** En la primera y tercera entrevista se hace referencia a las *actividades experimentales* como una metodología que les resulta motivante para el aprendizaje. En las tres últimas entrevistas se hace referencia, de diferentes maneras, al *análisis de información* que se vincule o pueda vincularse con la Química Verde. En algunos casos se refieren al

análisis de noticias, en otros al trabajo con videos sobre el tema. En la tercera entrevista se hace referencia *salidas de campo*, considerando la posibilidad de ir a lugares en los que se pueda mostrar de forma directa las consecuencias de la contaminación. Esta posibilidad se plantea desde una perspectiva que apunta a provocar un impacto emocional en el educando, llevándolo a hacerse consciente de su responsabilidad antes las consecuencias ambientales de sus acciones. *“Por ejemplo llevar a un basural y decirle “esto lo haces vos.”* (Entrevista III). Esta misma intención se muestra en la cuarta entrevista: *“Para mí hay que mostrar publicidades o algo que muestren las cosas terribles que pasan debido a la contaminación.”* Hay que aclarar que algunas de estas estrategias no se refieren tanto a la enseñanza de la Química Verde en sí, sino más bien al cuidado del ambiente en general. Es normal que los estudiantes no establezcan esta distinción, porque esa fue la perspectiva desde la que se encaró Química Verde en el curso.

5. Conclusiones:

A partir de la entrevista con el experto se logró una conceptualización clara y profunda de la Química Verde. Dicha conceptualización coincide totalmente con lo planteado en la introducción, pero a partir de la mencionada entrevista se lograron aclarar diversos aspectos sobre la misma, especialmente en lo referido a su filosofía y áreas de trabajo dentro de la Química en general. Se logró además, algo que no es habitual encontrar en la literatura sobre el tema, una aclaración profunda de la historia del surgimiento de esta corriente dentro de la Química, refiriéndose a sus orígenes más remotos, vinculados con la Historia, la Antropología, la Biología y muy especialmente con la Epistemología, por cuanto se aclara que surge de una visión distinta de las responsabilidades del investigador científico. Se la diferencia claramente del ambientalismo y el ecologismo: *“Cuando los americanos empezaron a hablar de Química Verde, los europeos casi infartan. Para los alemanes, los verdes eran los enemigos número uno de los químicos. Entonces, no, no, que no sé cuánto, Química Verde, Química Sustentable, Química Verde y Sustentable...”* en esta frase el entrevistado hace alusión a que se buscó claramente diferenciarse del movimiento ecologista europeo, y por ello se cambió el término verde por sustentable. A su vez, este concepto de sustentabilidad deja en claro que la Química Verde, o sustentable, se encuentra inserta dentro de una mentalidad desarrollista, pero buscando atenuar las consecuencias de una explotación ciega de los recursos naturales. En esta perspectiva los objetivos económicos y ambientales van en concordancia, en lugar de contraponerse. Tal como lo afirma el experto entrevistado, algunas de las mejoras que logró la Química Verde, y que benefician al ambiente, surgieron a partir de la búsqueda de soluciones económicas a los problemas surgidos en los procesos de producción. Por otro lado, como señala Goleman (2009), entre el ciudadano y las empresas se va formando un *“círculo virtuoso”*,

en el cual los ciudadanos eligen al comprar productos que no perjudiquen su salud y el ambiente, y las empresas mejoran su forma de producción para adecuarse a estas demandas. Éste es otro de los beneficios a los que apunta la inserción de Química Verde en Educación Secundaria, el convertir a los estudiantes en consumidores inteligentes, responsables y con capacidad de incidencia sobre el sistema de producción.

En cuanto a las entrevistas con los docentes, en términos generales se observa que sus conocimientos sobre Química Verde, y aún sobre el enfoque CTSA son reducidos. Especialmente, se nota que los docentes manifiestan de forma explícita o implícita, que no se trata solo de la falta de conocimientos concretos sobre algunos temas, si no que su formación tuvo un enfoque exclusivamente disciplinar, centrado en lo conceptual y lo procedimental, pero muy poco en lo actitudinal. Eso determina que la valoración que hacen sobre la introducción de estos enfoques para ellos es algo accesorio, que actualmente “se está poniendo de moda”, como lo expresa uno de los docentes entrevistados: *“O sea, el enfoque CTS estuvo muy de moda, creo que sigue, es muy vigente a nivel mundial, incluyendo el tema del medio ambiente, y en algunos casos puntuales he trabajado algunas temáticas tratando de darle este énfasis.”* Esta afirmación se contradice con la afirmación que hace el experto sobre estas temáticas: *“Entonces, todo estudio químico termina involucrado en algún aspecto de la Química Sustentable. Y no es, vamos a decir una moda. Va a ser así, punto, porque otras cosas nos dicen va a ser así, punto. Porque no podemos tener tres millones de habitantes en Montevideo eventualmente, si no controlamos todas las aguas servidas y si no controlamos todo el suministro de agua y todo el manejo de basura y todo... no se puede. Porque nos matamos entre nosotros, no, no nos matamos entre nosotros, nos apestamos entre nosotros.”*

Sin embargo, y a pesar de reconocer que trabajan muy poco este enfoque por su falta de formación en él, lo que los lleva a considerarlo algo accesorio al resto de los contenidos, en todos los docentes entrevistados hay una valoración positiva de este enfoque y una disposición a trabajar en él, en la medida que se corrijan las dificultades, y que reciban una formación seria y concienzuda sobre el mismo.

Pasando ahora al análisis general de la recepción del tema Química Verde por parte de los estudiantes, y de los resultados del trabajo sobre el mismo llevado adelante en el aula, a partir de las encuestas aplicadas al principio y al final del curso, se pueden sacar las siguientes conclusiones. Se observa que la mayoría de los estudiantes, antes de trabajar Química Verde, ya tienen conciencia sobre la necesidad del cuidado del ambiente. Esta conciencia ha sido incentivada por el propio sistema educativo en las etapas previas, por publicidades sobre el tema y por programas de televisión sobre el tema. Esta conciencia contribuye a que la inserción de Química Verde sea bien recibida, a pesar de que el concepto de Química Verde o Química Sustentable no era conocido por el 85 % de los estudiantes previamente a trabajarlo en el aula, según surge de la primera encuesta. Esta buena disposición hacia el aprendizaje de estos temas es ampliamente confirmada por los resultados obtenidos en el ítem 16 de la segunda encuesta. En dicho ítem se les pregunta a los estudiantes por el nivel de interés que les atribuyen a los contenidos de Química Verde, comparados con los demás contenidos trabajados en el mismo curso. Luego de haber trabajado Química Verde en el aula, un 98 % de estudiantes considera estos contenidos entre interesantes y muy interesantes. Un 75 % de los estudiantes está de acuerdo con que Química Verde se trabaje en todos los cursos de Química. Esto es confirmado por las manifestaciones de los alumnos en las entrevistas. Diversos estudios muestran la falta de motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje de las ciencias, y más

específicamente, de la Química.(Galagovsky 2005; Galagovsky 2007; Rodríguez Gómez; 2009). Estos mismos autores destacan la importancia de conocer los contenidos que les interesan a los estudiantes, y trabajar a partir de ellos. En este caso, la inserción de Química Verde en Educación Secundaria, cumple totalmente con esta recomendación.

En cuanto a los cambios que pueden inferirse en los conocimientos y las actitudes de los estudiantes, a partir de las encuestas, la observación en el aula, y las entrevistas, se pueden sacar las siguientes conclusiones. A partir de la comparación entre las encuestas aplicadas al principio y al final de curso, se observa que los estudiantes enriquecieron su lenguaje, incorporando, durante el curso, conceptos más específicos de los temas ambientales, y de la Química Verde propiamente dicha. Esta incorporación de conceptos se manifiesta en un manejo más fluido y correcto de la nomenclatura, y formulación de sustancias, vinculadas con estos temas. También en la elección de la definición correcta de Química Verde, por parte de 75 % de los estudiantes en la segunda encuesta. Además en las entrevistas los estudiantes expresaron correctamente el concepto de Química. A su vez se puede observar una mayor concientización sobre la incidencia de sus acciones sobre el ambiente. Esto puede deducirse de las entrevistas realizadas. En ellas, los entrevistados manifiestan que ahora ponen mayor atención en el manejo de los residuos sólidos. Y también expresan que ahora tiene mayor cuidado en cuanto a los productos que usan en su vida cotidiana, buscando, en lo posible, que sean menos contaminantes. Esto contradice aparentemente lo que aparece en ítem 11 de la encuesta. Según los resultados de éste los encuestados, después de haber trabajado Química Verde, no reconocen realizar más acciones concretas en pro del cuidado del ambiente. Este no reconocimiento, tomando en cuenta los resultados de la entrevista y la observación asistemática de actitudes en el aula, puede deberse a que los estudiantes no

asumen como importantes las acciones que ellos realizan. El cambio más significativo y acorde con lo que recomiendan las nuevas tendencias en didácticas de las ciencias, es el desarrollo de una conciencia de responsabilidad ciudadana ante los temas ambientales. Esta conciencia es manifestada de diferentes maneras. Por un lado en el análisis de las encuestas se observa que, luego de haber trabajado Química Verde en el aula, disminuye la cantidad de estudiantes que atribuye los problemas ambientales a factores externos, como el gobierno, y aumenta en un 7% la cantidad de estudiantes que manifiestan su responsabilidad personal frente a estos problemas. También aumenta en un 12 % la cantidad de estudiantes que atribuyen a los científicos el deber de solucionar los problemas ambientales, lo que mostraría un aumento de las expectativas respecto a la ciencia, y entre ellas la Química. En las entrevistas esto es ampliado y expresado de diferentes maneras. Una de ellas es decir que *“la Química Verde les ayuda a abrir la cabeza”*. Se entiende, que esto manifiesta que ahora siente que tiene una apertura a analizar los temas desde perspectivas que antes no tenía. Por lo tanto la enseñanza de la Química Verde es una herramienta que contribuye a la formación de ciudadanos responsables, tal como es expresado en los objetivos de los programas de Química. En la misma línea, manifiestan que ahora se sienten más capaces de participar en discusiones sobre la aplicación de determinadas tecnologías y sus consecuencias, o que ahora al escuchar una noticia la relacionan con lo trabajado en el aula. Este incremento de conciencia, a la que hacen referencia los estudiantes, puede ser un paso en el desarrollo de la Inteligencia Ecológica, a la que se refiere Goleman, para revertir la falta de alarma sensorial que tenemos como especie ante los procesos relativamente lentos que pueden afectar nuestro ambiente y nuestra salud. La apertura de cabeza a la que los estudiantes se refieren implica un desarrollo de la Inteligencia Ecológica en este sentido. En el desarrollo de la capacidad de

reconocer los problemas ambientales, sus causas y plantear soluciones, ya sea como ciudadanos comunes o como científicos. Según lo que surge de las encuestas, y principalmente de las entrevistas, la enseñanza de la Química Verde es una herramienta que contribuye eficazmente en este sentido.

Otra observación que se desprende de lo anterior, es que el desarrollo de esta inteligencia no sólo depende de la Química, sino que también depende de una comprensión sistémica que implica diversas disciplinas, y en forma especial la Biología, por lo que el trabajo en Química Verde planteado en esta propuesta se vería muy enriquecido si se trabajara en forma coordinada con dicha asignatura.

Respecto a las conclusiones que pueden sacarse sobre la forma en que se trabajó en el aula, la primera observación que surge, es que la metodología más eficaz trabajada fue la integración de los contenidos de Química Verde en forma conjunta con los demás temas. La introducción del concepto de Química Verde y sus principios se realizó de forma independiente de los otros temas y fue cuando los estudiantes se mostraron menos motivados en el trabajo. Esto se manifestó en las afirmaciones realizadas en las entrevistas, al referirse a la mejor forma de trabajar Química Verde en el aula, en la resistencia al análisis abstracto de los principios, y en el hecho de que los principios siempre son recordados a partir de ejemplos de aplicación. Por el contrario, cuando Química Verde se trabajó a partir de ejemplos y análisis de noticias, los estudiantes se mostraron muy motivados y dispuestos a trabajar. Los temas que luego aparecen en encuestas y en las entrevistas, están relacionados con ejemplos aparecidos en esta metodología de trabajo. De ello se desprende que el tema Química Verde no es antagónico con los demás contenidos, referidos a los conceptos básicos de la asignatura, si no que enriquecen éstos, y a la vez necesita de éstos. Así la enseñanza de Química Verde es más efectiva cuando aparece más como un enfoque de la asignatura,

que cuando aparece como un contenido de la misma. Esto resolvería la cuestión planteada por algunos docentes en las entrevistas, en cuanto a qué trabajar estos temas quitaría tiempo a los conceptos básicos. Considerando otras estrategias de trabajo que podían haberse aplicado y no se realizaron, pueden mencionarse las actividades de laboratorio con un enfoque desde la Química Verde y las salidas de campo relacionadas con el tema. En cuanto a las actividades experimentales, se puso a punto una actividad: elaboración de jabón mediante enzimas (Casullo y cols., 2011), pero esta no fue realizada en el aula por que los conceptos requeridos, por ejemplo saponificación, no se trabajaron en el aula por tratarse del Primer Año de Bachillerato. Estos contenidos son específicos de Tercer Año de Bachillerato. Esta es una dificultad general de este nivel. En Primer Año de Bachillerato los estudiantes recién se familiarizan con los conceptos básicos de Química (es el segundo año que tienen la asignatura), además no tienen horario específico para actividades prácticas. Ello implica que se realicen pocas actividades experimentales. Sin embargo, considerando de lo que surge del trabajo con los estudiantes, debería disponerse tiempo para este tipo de actividades en el laboratorio. Inclusive, como la Química Verde apunta a trabajar con reactivos no tóxicos, temperatura y presión ambiente, y dispositivos experimentales no contaminantes, sería viable proponerles actividades experimentales que realicen en el domicilio, y que luego se discutan resultados en el aula. Si este enfoque se aplicara en Segundo y Tercer año de Bachillerato, la situación sería diferente, porque los estudiantes trabajan contenidos más profundos, y tienen horas específicas para práctico, lo que permitiría disponer de más tiempo para dichas actividades. La dificultad más importante que aparece en este sentido, es que la Química Verde ha surgido recientemente, en el ámbito universitario e industrial, por lo que aún hay pocas actividades experimentales diseñadas para cursos básicos, adaptados a

nuestros programas y en español. Esto evidencia que el diseño y puesta a punto de este tipo de actividades, es una de las áreas de investigación que se abren a partir del presente trabajo.

Siguiendo estas líneas de razonamiento, apuntando a cerrar un primer ciclo de la espiral de investigación – acción, en los años posteriores a esta experiencia de enseñanza de Química Verde en Primer Año de Bachillerato, en el trabajo en el aula se han implementado algunas de las mejoras sugeridas a partir del análisis de los instrumentos planteados. Se ha eliminado el uso de una ficha introductoria sobre Química Verde, sustituyéndola por un video introductorio sobre el tema, trabajando los principios de la Química Verde después, en forma paralela a los demás contenidos. Se aplican así dos de las mejoras se sugieren en las entrevistas a docentes y alumnos: no trabajar Química Verde como un contenido en sí mismo, sino como un enfoque, y utilizar videos. También se han comenzado a implementar experimentos con sustancias no contaminantes y compararlos con sustancias más contaminantes. Para el estudio de intercambios energéticos en las reacciones Químicas se ha comparado la reacción entre ácido clorhídrico e hidróxido de sodio (sustancias contaminantes y de manipulación peligrosa) con la reacción entre polvo de hornear (hidrógeno carbonato de sodio) y jugo de limón (que contiene ácido cítrico).

También, respondiendo al reclamo de formación por parte de los docentes entrevistados, se participó en la escritura de un artículo de difusión de la Química Verde para docentes (Casullo y cols., 2011).

Como todo trabajo de investigación – acción, este continúa el proceso de retroalimentación, y puede continuar indefinidamente. En este caso la retroalimentación tendría dos aspectos. Uno revisando las herramientas utilizadas: pautas de entrevistas y encuestas, y selección de muestras para las mismas. En otro sentido revisando algunas de las prácticas de aula, tomando en

cuenta las recomendaciones que surgen a partir de la información suministradas que surge de las encuestas y entrevistas.

6. Proyecciones:

En este apartado se proponen algunas líneas de acción y de investigación que se podrían seguir a partir del presente trabajo. Algunas de estas líneas dependen del investigador y otras dependen de otros agentes de la educación, colegas o autoridades.

En primer lugar, a partir de lo hablado con los docentes, se observa que ellos reconocen la necesidad de formación sobre Química Verde, y en forma más general sobre el enfoque CTSA. En este punto, debe aclararse que aunque suene reiterativo, se necesita formación y no solamente información. Ello implica en primer lugar, una concientización de la importancia de los valores que la Enseñanza de las Ciencias y de la Química en forma específica, llevan implícitos. Los docentes de Química entrevistados, manifiestan de diversas maneras la predominancia que dan a lo conceptual y a lo procedimental, por sobre lo actitudinal. Sin embargo, reconocen la importancia de este último aspecto, pero consideran que su formación, por un lado les impide desarrollarlos, y por otro lado les hace sentir que no aprovechan bien el tiempo, si dedican parte del mismo a trabajar esto, en lugar de los “contenidos más específicos de la asignatura”. Para corregir esto, podrían plantearse cursos de formación en los cuales se rescatara la importancia de estos temas, además de plantear estrategias didácticas para llevarlos a la clase. También contribuiría en este sentido si Química Verde, u otras temáticas afines, estuvieran incluidas en los contenidos de los programas en forma específica. Si bien aparecen mencionados en la fundamentación, en los objetivos y a veces en los contenidos de contextualización, no aparecen nunca entre los contenidos mínimos. A partir de la experiencia en el aula, y lo que surge de las entrevistas, no es una buena estrategia tratarlos como un punto independiente, sino que deberían aparecer como transversales a los demás. Además, considerando que el nuevo

plan de Formación Docente, vigente desde el año 2008, incluye la asignatura Química Ambiental y Toxicológica en 4° año de la carrera de profesor de Química, y el programa de esta asignatura incluye Química Verde en uno de sus puntos, sería deseable realizar entrevistas a los profesores que vayan egresando la misma para estudiar como incide la inclusión de estos contenidos en su formación y en su percepción del enfoque didáctico CTSA.

En cuanto a los resultados específicos de la aplicación de la propuesta de trabajo aquí planteada, se vuelve a aclarar que como cualquier otro trabajo de investigación – acción, sus resultados no son extrapolables a ninguna otra situación. Sin embargo, ello no quita que pueda aplicarse la misma propuesta, o realizándole las modificaciones de mejora que surgen del presente trabajo, a otras situaciones para así ir adquiriendo mayores grados de generalización e ir mejorando las propuestas, cumpliendo así con el objetivo principal del trabajo en espiral que propone la metodología de investigación – acción. Referido a las mejoras sugeridas a la propuesta, las principales están en consonancia con las carencias e iniciativas en proceso de aplicación, mencionadas en las conclusiones. En primer lugar, es deseable trabajar desde un principio, los contenidos de Química Verde en forma contextualizada y relacionada con el resto de los contenidos, y no de forma independiente. Desde otro enfoque, y ahí se abre una gran línea de trabajo para todos los docentes de Química, sería deseable diseñar actividades experimentales que permitan trabajar Química Verde en los cursos básicos. Respecto a las salidas de campo que los estudiantes mencionan en algunas entrevistas, hay varias alternativas. Algunas pueden ir encaminadas, como ellos mismos sugieren, a visitar lugares donde se observe los efectos de la contaminación de forma directa. Otra es visitar lugares en donde se esté trabajando aplicando metodologías de Química Verde en investigación o industrias. O por lo menos, donde se trabaje con metodologías que apunten al Desarrollo Sustentable.

El diseño de actividades experimentales sencillas desde la perspectiva de la Química Verde, y las salidas de campo a lugares donde se observen los efectos de la contaminación, y también a lugares en donde se trabaje para prevenir la misma, permitiría comenzar a introducir conceptos referidos a este enfoque ya en los cursos Ciencias Físicas, tal vez no explícitamente como Química Verde, pero si trabajando desde sus principios, y desde el concepto más general de Desarrollo Sustentable.

También, considerando que la Química Verde forma parte del Desarrollo Sustentable, sería deseable trabajar en todos los cursos, de forma coordinada con las demás asignaturas, considerando dicho enfoque científico y socioeconómico.

Bibliografía:

- Anastas, P. y Warner, J. (2000). *Green Chemistry: Theory and Practice* (Primer Edición). New York: Oxford University Press.
- Asimov, I. (1981). *Breve historia de la química*. (Quinta Edición). Madrid. Alianza Editorial.
- Belloso, W. (2009). Historia de los antibióticos. *Revista del Hospital Italiano*, 29(2). Disponible en http://www.hospitalitaliano.org.ar/archivos/noticias_attachs/47/documentos/7482_102-111-belloso.pdf. Recuperado: 26/08/13.
- Bensaude, B. y Stengers, I. (1997) *Historia de la Química*. Madrid. Addison-Wesley Iberoamericana / Universidad Autónoma de Madrid.
- Bittencourt, G. y Reig., N. (2009). *La industria de los biocombustibles en Uruguay: situación actual y perspectivas*. . Montevideo: Facultad de Ciencias Sociales, UDELAR.
- Bode, M., Brady, D., Chhiba, V., Frederick, J., Kinfe H., Mathiba, K. y Steenkamp, P. (2009). Enantioselective hydrolysis of α -hydroxy nitriles using the whole cell biocatalyst *Rhodococcus rhodochrous* ATCC BAA-870. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic.*, 59, 231-236.
- Bussi, J., Castiglioni, J. y Tancredi, N. (2004). Biomasa como materia prima para la producción de energía, compuestos químicos y otros materiales. In N. Nudelman (Ed.), *Química Sustentable*. Santa Fe, Argentina: Ediciones UNIT.
- Camacho, A. y Meléndez, C. (2008). Química Verde, la Química del nuevo milenio. *Synthesis, Aventuras del Pensamiento*, 43.
- Cardenas, C. (1998). Definición de un marco teórico para comprender el concepto de desarrollo sustentable. , *Boletín INVI*, 13(3).
- Carr, W. y Kemis, S. (1988). *Teoría crítica de la enseñanza. La investigación – acción en la formación del profesorado*. Barcelona: Ediciones Martínez Roca.
- Cascant, J. y Hueso González, A. (2012). Cuadernos Docentes en Procesos de Desarrollo Numeró 1: Metodologías y técnicas

cuantitativas de investigación. Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/17004/Metodolog%C3%ADa%20y%20t%C3%A9cnicas%20cuantitativas%20de%20investigaci%C3%B3n_6060.pdf?sequence=3. Recuperado 26/08/13.

- Castillo, B. (2006). Sociedad de consumo y trastorno de la conducta alimentaria. *Trastorno de la conducta alimentaria*, 4, 321 – 335.
- Casullo, P., González, D. y Menéndez, P. . (2011). Obtención enzimática de jabón: una revisión verde para un experimento clásico de educación secundaria. *Anuario Latinoamericano de Educación Química*, 26, 115 – 118.
- Casullo, P., Soubirón, E., González, D. y Moyna, P. (2011). *Química Verde. Sus metas, los desafíos y las formas de contribuir a su desarrollo desde le enseñanza media*. PEDECIBA - UNESCO.
- Cea D'Ancona, M. (1996). *Metodología y técnicas de investigación social*. Editorial Síntesis. Madrid.
- Cedeño, F. (2009). Experiencias en la implementación de las técnicas de Química Verde (o Química Sustentable). *Anuario Latinoamericano de Educación Química*, 24, 133 – 143.
- CEP, (2008). *Programa de Educación Inicial y Primaria*. Disponible en: http://www.cep.edu.uy/archivos/programaescolar/Programa_Escolar.pdf. Recuperado: 26/08/13
- CES, (2006). *Programas de Biología Primer Año y Segundo Año – Reformulación 2006*. Disponibles en: http://www.ces.edu.uy/ces/index.php?option=com_content&view=article&id=668 Recuperado: 26/08/13
- CES, (2006). *Programa de Geografía Primer Año – Reformulación 2006*. Disponible en: http://www.ces.edu.uy/ces/index.php?option=com_content&view=article&id=668 Recuperado: 26/08/13

- CES, (2006). *Programa de Química Tercer Año – Reformulación 2006*. Disponible en:
http://www.ces.edu.uy/ces/index.php?option=com_content&view=article&id=668 Recuperado: 26/08/13
- CES, (2006). *Programas de Química de Segundo Año y Tercer Año de Bachillerato – Reformulación 2006*. Disponibles en:
http://www.ces.edu.uy/ces/index.php?option=com_content&view=article&id=668 Recuperado: 26/08/13
- CES (2011). Escalafón de docentes de Química. Disponible en:
<http://www.ces.edu.uy/ces/images/stories/escalafon/2011/quimica.pdf>.
Recuperado: 26/08/13.
- CFE, (2008). *Programa de Química Ambiental y Toxicológica*.
- Cipolla, C. (2000). *Historia Económica de la población mundial*.
Barcelona: ROMANYA/VALLS S.A.
- De Morán, J., De Bellaude, M., De Zamora M. (1995). *Motivación hacia la Química*. Enseñanza de las Ciencias, 13 (1).
- Donolo, D. (2009). *Triangulación: Procedimiento incorporado a nuevas metodologías de investigación*. Revista Digital Universitaria, 10(6). Disponible en:
<http://www.revista.unam.mx/vol.10/num8/art53/art53.pdf>.
Recuperado 26/08/2013.
- Doria, M. (2009). Química Verde: un nuevo enfoque para el cuidado del medio ambiente. *Educación Química*, 20(4), 412 – 420.
- Elliot, J. (2004). The struggle to redefine the relationship between «knowledge» and «action» in the academy: some reflections on action research. *Educar*, 34, 11 - 26.
- Elliot, J. (2005). *El cambio educativo desde la investigación – acción* (P. Manzano, Trans. Cuarta edición ed.). Madrid: Editorial Morata.
- EPA. (1997). *The Presidential Green Chemistry Challenge Awards. Program Summary of 1997 Award. Entries and Recipients*.

- Escalona, J. y. Pérez, M. (2006). La educación ambiental en la Universidad de Los Andes: un estudio desde la perspectiva de los estudiantes de educación. *Educere*, 10(34), 483-490. Disponible en http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1316-49102006000300011&script=sci_arttext Recuperado: 26/08/13
- Faber, K. (1997). *Biotransformations in Organic Chemistry* (tercera edición ed.). New York: Springer.
- Facione, P. (2007). *Pensamiento Crítico: ¿Qué es y por qué es importante? Actualización 2007*. Disponible en: <http://www.eduteka.org/pdfdir/PensamientoCriticoFacione.pdf>
- Fiore, E. y. Leymoníé., J. (2007). *Didáctica práctica para la enseñanza media y superior* (Primera Edición ed.). Montevideo: Grupo Magro.
- Furió, C. (2006). La motivación de los estudiantes y la enseñanza de la Química. Una cuestión controvertida. *Educación Química*, 17, 222 – 227.
- Galagovsky, L. (2005). La enseñanza de la Química preuniversitaria ¿Qué enseñar, cómo, cuánto, para quiénes? . *Química Viva*, 4(1), 8-22.
- Galagovsky, L. (2007). Enseñar vs aprender Química: una ecuación que no está balanceada. *Química Viva*, 6, 1-13.
- García, F. y. Dobado, J. (2008). Química Sostenible: una alternativa creíble. *Anales de Real Sociedad Española de Química*, 3, 205 - 210.
- García, J. (2009). Biotecnología para una Química verde, respetuosa con el medio ambiente. *Fundación Alternativas*. Disponible en <http://www.falternativas.org/laboratorio/documentos/documentos-de-trabajo/biotecnologia-para-una-quimica-verde-respetuosa-con-el-medio-ambiente> Recuperado: 26/08/13
- Garriz, A. (2009). Química verde y reducción de riesgos. *Educación Química*, 20(4), 394 - 397.

- Garritz, A. (2010). La enseñanza de la Química para la sociedad del siglo XXI, caracterizada por la incertidumbre. *Educación Química*, 21 (1), 2 – 15.
- Gil, D., Macías, O. y Vilches, A. (2009). Década de la educación para la sostenibilidad. Temas de acción clave. In C. d. a. e. u. d. I. OEI (Eds.) Disponible en <http://www.oei.es/DOCUMENTO1caeu.pdf> Recuperado: 26/08/13.
- Gil, D. y. Vilches, A. (2008). Educació Química i sostenibilitat. *Educació Química*, 1.
- Goleman, D. (2009). *Inteligencia Ecológica*. Ciudad de México: Editorial Vergara.
- González, D., Adum, J., Bellomo, A., Gamenara, D., Schapiro, V., Seoane, G. (2006). Enantioselective Reduction by Crude Plant Parts: Reduction of Benzofuran-2-yl Methyl Ketone with Carrot (*Daucus carota*) Bits. *Journal of Chemical Education*, 83(7), 1049 - 1051.
- González, D., Schapiro, V. y Seoane, G. . (2004). Biotransformaciones: una alternativa sustentable en síntesis orgánica. In P. T. y. R. Hoyos (Ed.), *Chemistry N° 11 Química Verde en Latinoamérica*. Buenos Aires: ICA, Consorzio Interuniveriario “la Chimica per l’ Ambiente”.
- González, M. L. y Valea, A. (2009). El compromiso de enseñar Química con criterios de sostenibilidad: la Química Verde. *Educació Química*, 2.
- González Blasco, P. (1986). Medir en Ciencias Sociales. En García Ferrándó, M. Ibáñez, J. y Alvira, F. Editores. *El análisis de la realidad Socia. Métodos y técnicas de Investigación*. Madrid. Alianza Editorial.
- Hernández, F. J. (2008). *Desarrollo de nuevos procesos biotecnológicos basados en el uso de líquidos iónicos, fluidos supercríticos y tecnología de membranas*. Universidad de Murcia, Murcia.
- Hill, J. y. K., D. . (1999). *Química para el nuevo milenio* (Octava edición ed.). Naucalpan: Prentice Hall Hispanoamericana S.A.

- Izquierdo, M. (2004) Un nuevo enfoque en la enseñanza de la Química: contextualizar y modelizar, *The Journal of the Argentine Chemical Society*, 92 (4/6),115-136. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/aaqa/v92n4-6/v92n4-6a13.pdf>. Recuperado 10/07/13
- Leonard, A. (2010). *La historia de las cosas*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- López Gresa, M. P. (2006). *Aislamiento, purificación y caracterización estructural de nuevos principios bioactivos a partir de extractos fúngicos*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Manahan, S. (2007). *Introducción a la Química Ambiental*. México. Reverte Ediciones S. A..
- Martínez, L. F., Villamil, Y. M. y Peñal, D. C. (2007). Relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente, a partir de casos simulados. *Revista Ciência & Ensino*, 1, número especial.
- Marzo Rojas, I. (2010). *Efecto del tipo y contenido de aceites esenciales sobre las propiedades mecánicas y barrera de películas comestibles basadas en zeína*. Universidad Pública de Navarra, Navarra.
- Menéndez, P., García, C., Rodríguez, P., Días, E. y Heinzen, H. . (2009). Biooxidation of 1,8 – cineole by *Aspergillus terreus*. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 59 173–176.
- Menéndez, P., García, C., Rodríguez, P., Moyna, P. y Heinzen, H. . (2002). Enzymatic Systems Involved in D-limonene Biooxidation. . *Braz. Archiv. Biol. Tech.*, 45, 111 – 114.
- Meneses, J., Corrales, C. y Valencia, M. (2007). Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. *Revista EIA*, 8, 57 - 67.
- Montagut, P., Nieto, E., Sansón, C. . (2006). Química Verde y Microescala: por un futuro mejor. *Alambique, didáctica de las ciencias experimentales*, 12 (47), 86 – 94.
- Mora Penagos, W. M. y Parga Lozano, D. L. (2010). La imagen pública de la Química y su relación con la generación de

- actitudes hacia la Química y su aprendizaje. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 27, 67-93.
- Mota, C. (2004). Zeolitas: Catalisadores multipropósito para procesos de Química verde. In P. T. y R. Hoyos (Ed.), *Green Chemistry N° 11 Química Verde en Latinoamérica* (pp. 146 – 164). Buenos Aires: ICA, Consorzio Interuniversitario “la Chimica per l’ Ambiente”.
- Nudelmán, N. (2004). *Química Sustentable*. Santa Fé. Ediciones UNL
- ONU (1972). *Declaración de Estocolmo*
- ONU (1975). *Seminario Internacional de Educación Ambiental*, Belgrado.
- ONU (1977). *Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental*.
- ONU. (2003). *Resolución 57/254. Decenio de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible*.
- Pardo, A. y T., Blanca. (1996). Educación Ambiental en el nivel medio de enseñanza de los países iberoamericanos. , *Revista Iberoamericana de Educación*, 11, 113 – 151.
- Pozo, J. y Gómez Crespo, M. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Ediciones Morata, S.L. Madrid.
- Rodríguez Gómez, J. (2009). Cambios metodológicos relacionados con el aprendizaje de las ciencias. *Educación*, 33(1), 51-73.
- Rodríguez, P., Reyes, B., Bartona, M., Coronel, C. Menéndez, P., Gonzalez y D., Rodríguez, S. (2011). "Stereoselective biotransformation of α -alkyl- β -keto esters by endophytic bacteria and yeast." *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic* 71: 90 – 94.
- Siqueira, J. (2009). El principio de responsabilidad de Hans Jonas. *Bioethica*, 3(2), 171 – 193.
- Solbes, J., Montserrat, R. y Furió, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en

su enseñanza. *DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES Y SOCIALES*, 21, 91-117.

Solbes, J. y. Vilches, A. . (2004). Papel de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la formación ciudadana. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(3), 337–348.

Suárez Pazos, M. (2002). Algunas reflexiones sobre la investigación – acción colaboradora en la educación. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(1) 40 – 56.

Disponible en

<http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen1/numero1/art3.pdf>.

Recuperado 26/08/13.

Taylor, S. y. Bogdan, R. (1987). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Buenos Aires: Paidós.

Vargas Afanador, E. y. Ruiz Pimiento., L. . (2007). Química Verde en el siglo XXI; Química Verde, una Química limpia. , *Revista Cubana de Ciencia*.

Vieitez, I., da Silva, C., Alkcmín, I. C., Borges, G., Corazza, F., Olivera, J. V., Grompone, M. A. y Jachmanián, I. (2010). Continuous catalyst-free methanolysis and ethanolysis of soybean oil under supercritical alcohol/water mixtures. *Renewable Energy*, 35, 1976 – 1981.

Vieitez, I., Grompone, M. A., Irigaray, B., Jachmanián, I. y Casullo, P. (2010). *Efecto del uso de aditivos en la elaboración de biodiesel en condiciones supercríticas*. Póster presentado en la II Reunión Interdisciplinaria de Tecnología y Procesos Químicos.