

**La Química Verde en el campo científico y en la ciencia escolar.
Una propuesta de reconstrucción educativa de la Química Verde**

Pía José González García

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi queda condicionat a l'acceptació de les condicions d'ús establertes per la següent llicència Creative Commons:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=ca>

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis queda condicionado a la aceptación de las condiciones de uso establecidas por la siguiente licencia Creative Commons:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=es>

WARNING. The access to the contents of this doctoral thesis it is limited to the acceptance of the use conditions set by the following Creative Commons license:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=en>

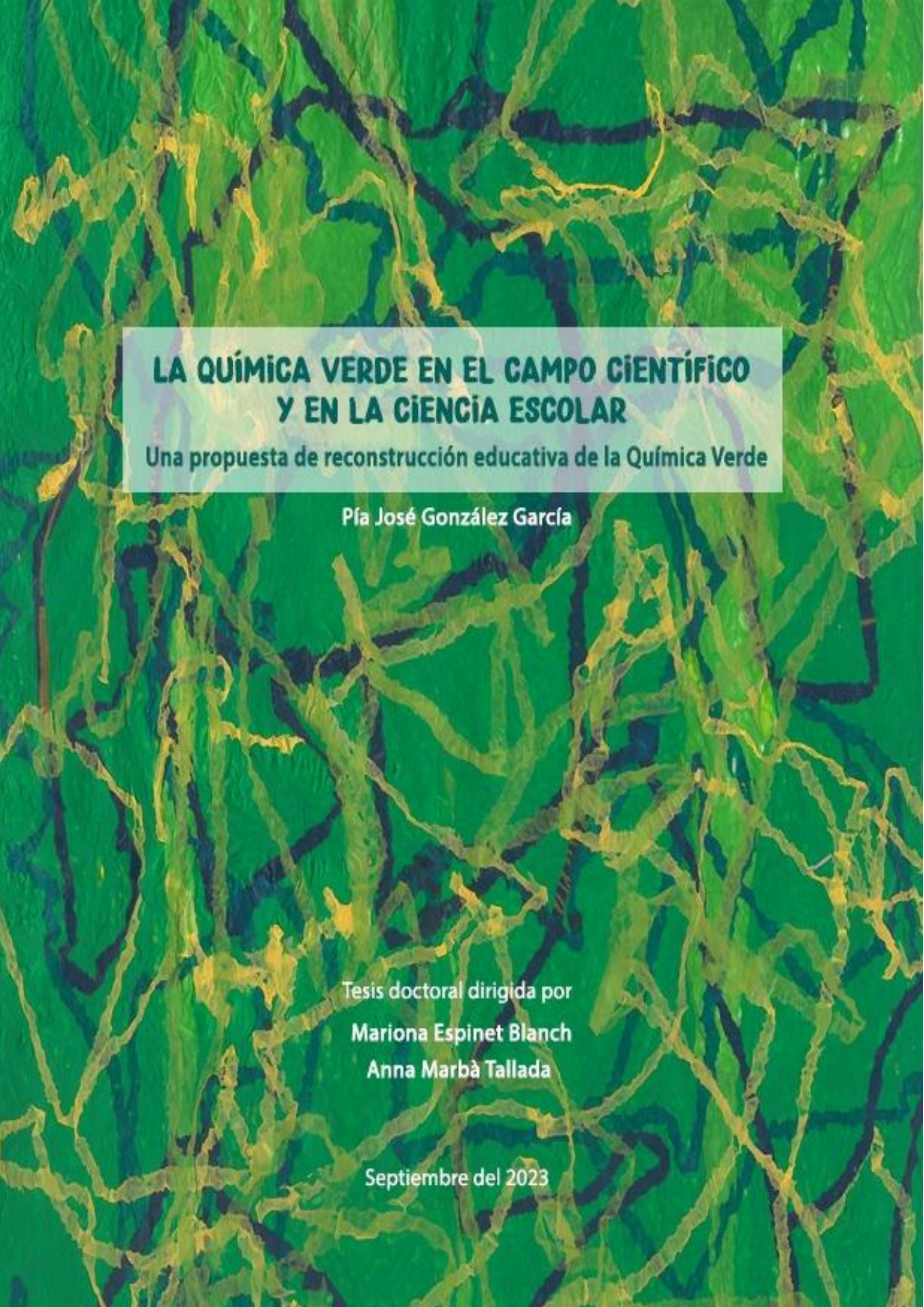


**La Química Verde en el campo científico y en la ciencia escolar.
Una propuesta de reconstrucción educativa de
la Química Verde**

Pía José González García

Tesis doctoral dirigida por
Mariona Espinet Blanch
Anna Marbà Tallada

Bellaterra, 2023



LA QUÍMICA VERDE EN EL CAMPO CIENTÍFICO Y EN LA CIENCIA ESCOLAR

Una propuesta de reconstrucción educativa de la Química Verde

Pfía José González García

**Tesis doctoral dirigida por
Mariona Espinet Blanch
Anna Marbà Tallada**

Septiembre del 2023

Pía José González García (2023)

piajo@uchile.cl

Tesi doctoral. Programa de Doctorat en Educació. Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals. Universitat Autònoma de Barcelona.

Tesi doctoral dirigida per: Mariona Espinet Blanch i Anna Marbà Tallada

Financiamiento: Esta investigación ha sido financiada por ANID/Doctorado Becas Chile/2017 – 72180281

Disseny de la portada: Andrea Acevedo Martínez @andrea_tatuadora

La portada es una obra realizada para esta tesis doctoral por la artista Andrea Acevedo Martínez. Consiste en el termofusionado de bolsas plásticas, creando una tela impermeable y resistente, revalorizando un residuo de alta persistencia en el ambiente.



Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals

Doctorat en Educació

Tesi doctoral

**La Química Verde en el campo científico y en la ciencia escolar.
Una propuesta de reconstrucción educativa de la Química
Verde**

Pía José González García

Directoras

Dra. Mariona Espinet Blanch

Dra. Anna Marbà Tallada

Bellaterra, Septiembre del 2023

Dra. Mariona Espinet Blanch professora titular del Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals, amb seu a la Facultat de Ciències de l'Educació de la Universitat de Autònoma de Barcelona

Dra. Anna Marbà Tallada, professora agregada del Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals, amb seu a la Facultat de Ciències de l'Educació de la Universitat de Autònoma de Barcelona

FAN CONSTAR QUE:

La Investigació realitzada sota la direcció de les firmants per la magíster PÍA JOSÉ GONZÁLEZ GARCÍA, de títol La Química Verde en el campo científico y en la ciencia escolar. Una propuesta de reconstrucción educativa de la Química Verde, reuneix tots els requeriments científics, metodològics i formals exigits per la legislació vigent per a la seva Lectura i defensa pública davant la corresponent Comissió, per a l'obtenció del Grau de Doctor en Educació per la Universitat Autònoma de Barcelona, per tant considerem procedent autoritzar la seva presentació.

Bellaterra, 8 de septiembre de 2023.

Firmes:

Al recuerdo presente de mi Gargi y
la incondicionalidad y fortaleza de mi madre,
se los debo todo.

A Sergi,
es que esto no hubiese sido posible sin ti 8.

Agradecimientos

En primer lugar, a mis directoras de tesis, Mariona Espinet y Anna Marbà, gracias por todo el tiempo dedicado a este trabajo. De ambas me llevo muchos aprendizajes, principalmente el profesionalismo, la dedicación y la intensidad con la orientaron este trabajo que, a pesar de las múltiples presiones, confiaron en que lograríamos llegar a la meta.

Esta aventura de la Química Verde no hubiese sido posible sin esa invitación de Claudio Pérez, sentados en el kiosko de la Facultad de Ciencias de JGM junto a Sebastián y sin el apoyo de Renato Contreras.

Agradezco la confianza de las maestras y maestros que participaron de esta investigación: Claudia, Valentina, Aracelly, Francisco, Grace, Nataly, Oriana, Ronnie, Pablo, Daniela, Ignacio, Cristian, Jessica, Victoria, Alejandra, Claudia, Margarita, Ana María, Nicolás, Paola y Karla. Sus aportes fueron la base de toda esta tesis.

A los/as investigadores que aportaron con su experiencia y tiempo. Cada vez que fue necesario estuvieron para enviar comentarios, sugerencias y apoyo. Gracias: María Rosa, Anita, Yenniffer, Juan Paulo, Alba, Xavier, Roser, Antonio, Rolando, Camilo, Zaida, Àngels, Diego, Jorge, Katherine, Daniel, Paola, Patricio, Vicente y Nicolás.

A las conversaciones y aportes en la UAB, en la saleta, en el bar. Gracias: Elizabeth, Miquel, Juan Gabriel, Carolina, Àngels, Alba y Yenni.

A los amigos y amigas que incondicionalmente han estado en la distancia, a pesar de la diferencia de horas, no me dejaron caer: Andrea Ace, Pamelina, Jo, Rebequita, Pili y Pauli.

A quienes el camino y el destino me puso para acompañar y hacer más liviano este largo trayecto, por este lado del charco, gracias por las conversaciones, el apoyo y el aguante: María Rosa y Camilo (el mejor DPD de la historia), Claudia, César, Pedrito, Fran, Sara, Jeimy, Toffa y Sisko.

A la familia, the Addams, que es el tesoro máspreciado que tengo, mis soportes. Afortunadamente la tecnología nos acompaña para sentirles cerquita, me mandaron a las mejores para ayudarme con el último aliento, gracias mamá y tieta por venir a mi rescate. Gracias por todos sus mensajes, regalones, preocupaciones y ocupaciones.

Sergi, además de dedicarte esta tesis, tengo que agradecer la paciencia que has tenido, el tiempo que me has regalado, las ayudas que me has brindado y principalmente, el amor pomposo que he sentido. ¡Ahora me toca a mí!

INDICE GENERAL DE LA TESIS

AGRADECIMIENTOS.....	9
RESUMEN.....	16
RESUM.....	18
ABSTRACT.....	20
CAPÍTULO 1. PRESENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
1.1 INTRODUCCIÓN.....	25
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN DE ESTA TESIS.....	31
1.3 FINALIDADES, OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE LA TESIS.....	35
1.4 ORGANIZACIÓN DE LA TESIS.....	40
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	43
2.1 DESARROLLO, SOSTENIBILIDAD Y EMERGENCIA DE LA QUÍMICA VERDE.....	46
2.1.1 <i>El concepto de desarrollo.....</i>	46
2.1.2 <i>Desarrollo Sostenible.....</i>	47
2.2 QUÍMICA VERDE.....	50
2.2.1 <i>Desarrollo general de la Química Verde.....</i>	50
2.2.2 <i>Los 12 principios de la Química Verde.....</i>	53
2.2.3 <i>La Química Verde y la Ciencia de la Sostenibilidad.....</i>	63
2.2.4 <i>La Química Verde y la Química Sostenible.....</i>	66
2.2.5 <i>La Química Verde y la Química Ambiental.....</i>	68
2.3 QUÍMICA VERDE Y EDUCACIÓN.....	71
2.3.1 <i>Principios de la Química Verde para la Educación Universitaria.....</i>	73
2.3.2 <i>Química Verde y Educación para la sostenibilidad.....</i>	75
2.3.3 <i>La Química Verde y el desarrollo de competencias científicas.....</i>	78
2.3.4 <i>La Química Verde y el plan de estudios.....</i>	79
2.3.5 <i>La Química Verde y contenidos integradores.....</i>	80
2.3.6 <i>La Química Verde y el uso de contextos.....</i>	80
2.4 RECONSTRUCCIÓN EDUCATIVA DE LA QUÍMICA VERDE.....	81
2.4.1 <i>El campo científico: legitimación de la Química Verde.....</i>	81
2.4.2 <i>Transposición didáctica.....</i>	83
2.4.3 <i>Modelo de reconstrucción educativa.....</i>	85

CAPÍTULO 3. CLARIFICACIÓN DEL CONTENIDO CIENTÍFICO DE LA QUÍMICA VERDE PARA SU RECONSTRUCCIÓN EDUCATIVA EN LA ENSEÑANZA ESCOLAR A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DEL CURRÍCULUM CHILENO DE CIENCIAS	90
3.1 INTRODUCCIÓN	94
3.1.1 <i>Objetivos del estudio</i>	95
3.2. METODOLOGÍA.....	96
3.2.1 <i>Obtención de los datos</i>	96
3.2.2 <i>Proceso de análisis del currículum chileno de ciencias</i>	101
3.2.3 <i>Criterios de credibilidad</i>	108
3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	110
3.3.1 <i>¿Cuáles son los Objetivos de Aprendizaje del currículum chileno de ciencias vinculados con los principios de la Química Verde?</i>	110
3.3.2 <i>¿Qué asignaturas científicas escolares se vinculan con la Química Verde?</i>	114
3.3.3 <i>¿Qué contenidos de las asignaturas científicas escolares se vinculan con la Química Verde ?</i>	116
3.3.4 <i>¿Qué contenidos transversales escolares de ciencias se vinculan con la Química Verde?</i>	121
3.3.5 <i>¿Cuáles son los principios de la QV con más vinculaciones curriculares?</i>	122
3.4 CONCLUSIONES	128
3.4.1 <i>Objetivos de Aprendizaje del currículum chileno vinculados con la Química Verde</i>	128
3.4.2 <i>Asignaturas científicas escolares vinculadas con la Química Verde</i>	129
3.4.3 <i>Contenidos de las asignaturas científicas escolares vinculadas con la Química Verde</i>	130
3.4.4 <i>Contenidos transversales escolares de ciencias vinculados con la Química Verde ..</i>	130
3.4.5 <i>Principios de la Química Verde que reciben mayores y menos vinculaciones</i>	131
CAPÍTULO 4. PERCEPCIONES DE MAESTROS/AS EN EJERCICIO E INVESTIGADORES/AS DE EDUCACIÓN CIENTÍFICA RESPECTO A LA QUÍMICA VERDE PARA SU RECONSTRUCCIÓN EDUCATIVA EN LA ENSEÑANZA ESCOLAR	133
4.1 INTRODUCCIÓN	140
4.1.1 <i>Objetivos del estudio</i>	141
4.1.2 <i>Presentación de los grupos de participantes</i>	142
4.2 ESTUDIO DE LAS PERCEPCIONES DE MAESTROS/AS EN EJERCICIO (GRUPO A) CON RESPECTO A LA QUÍMICA VERDE Y EL CURRÍCULUM ESCOLAR	144

4.2.1 METODOLOGÍA.....	144
4.2.1.1 <i>La muestra: Maestros/as en ejercicio (Grupo A)</i>	144
4.2.1.2 <i>Contexto: Diplomado sobre la enseñanza y aprendizaje de la Química Verde para la enseñanza de la Química y las Ciencias Naturales</i>	146
4.2.1.3 <i>Instrumentos de recogida de datos</i>	150
4.2.1.4 <i>Proceso de análisis a las respuestas de los maestros/as</i>	155
4.2.1.5 <i>Criterios de credibilidad</i>	164
4.2.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	165
4.2.2.1 <i>¿Cuáles son los Objetivos de Aprendizaje del currículum chileno de ciencias que los/as maestros/as vinculan con los principios de la Química Verde?</i>	165
4.2.2.2 <i>¿Qué asignaturas científicas escolares se vinculan con la Química Verde a partir de los OA identificados en las respuestas de los/as maestros/as?</i>	169
4.2.2.3 <i>¿Qué contenidos de la ciencia escolar vinculan los/as maestros/as con la Química Verde?</i>	171
4.2.2.4 <i>¿Cuáles son los principios de la QV con más vinculaciones curriculares establecidas por los maestros/as?</i>	176
4.3 ESTUDIO DE LAS PERCEPCIONES DE INVESTIGADORES/AS DE EDUCACIÓN CIENTÍFICA (GRUPO B) CON RESPECTO A LA QUÍMICA VERDE Y EL CURRÍCULUM ESCOLAR	180
4.3.1 METODOLOGÍA.....	180
4.3.1.1 <i>La muestra: Investigadore/as del campo de la educación científica (Grupo B)</i>	180
4.3.1.2. <i>Contexto de recogida de datos</i>	181
4.3.1.3 <i>Instrumentos de recogida de datos</i>	183
4.3.1.4 <i>Proceso de análisis a las respuestas de los/as investigadores/as</i>	186
4.3.1.5 <i>Criterios de credibilidad</i>	192
4.3.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	192
4.3.2.1 <i>¿Cuáles son asignaturas de ciencias que vinculan los/as investigadores/as con los principios de la Química Verde?</i>	193
4.3.2.2 <i>¿Qué contenidos de ciencias vinculan los/as investigadores/as con la Química Verde ?</i>	197
4.3.2.3 <i>¿ Qué contenidos transversales escolares vinculan los/as investigadores/as con la Química Verde ?</i>	203
4.3.2.4 <i>¿Cuáles son los principios de la QV con más vinculaciones curriculares establecidas por los/las investigadores?</i>	203
4.4 ESTUDIO DE LA COMPARACIÓN DE LAS PERCEPCIONES DE MAESTROS/AS E INVESTIGADORES/AS DE EDUCACIÓN CIENTÍFICA CON RESPECTO A LA QUÍMICA VERDE Y EL CURRÍCULUM ESCOLAR.....	208

4.4.1 METODOLOGÍA.....	208
4.4.1.1 Proceso de análisis de la comparación de las respuestas de los maestros/as e investigadores/as a las preguntas orientadoras.....	209
4.4.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	209
4.4.2.1 ¿Cuáles son las similitudes y diferencias que ambos grupos presentan sobre las asignaturas de ciencias que se vinculan con los principios de la Química Verde?	210
4.4.2.2 ¿Cuáles son las diferencia que presentan maestros/as e investigadores sobre los contenidos escolares vinculados con la Química Verde?	211
4.4.2.3 ¿Cuáles son las similitudes y diferencias que estos grupos manifiestan sobre los principios con más y menos vinculaciones?	217
4.5 CONCLUSIONES	220
4.5.1 Dimensión multidisciplinar del contenido curricular de la QV escolar	221
4.5.2 Dimensión intradisciplinar del contenido curricular de la QV escolar.....	222
4.5.3 Dimensión interdisciplinaria del contenido curricular de QV escolar.....	222
CAPÍTULO 5. CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE SECUENCIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE QUE INCORPORAN LA QUÍMICA VERDE DISEÑADAS POR MAESTROS/AS DE PRIMARIA Y SECUNDARIA	225
5.1 INTRODUCCIÓN	230
5.1.1 Objetivos del estudio	231
5.2 ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE SECUENCIAS DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA VERDE CONSTRUIDAS POR MAESTROS/AS DE EDUCACIÓN PRIMARIA Y EDUCACIÓN SECUNDARIA EN EJERCICIO.....	233
5.2.1 METODOLOGÍA.....	233
5.2.1.1 Contexto del estudio: participación de los/as maestros/as en el diseño de SEA ..	233
5.2.1.3 Proceso de análisis de los diseños de secuencias de enseñanza aprendizaje que incorporan la Química Verde.....	241
5.2.1.3 Criterios de Credibilidad	252
5.2.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	253
5.2.2.1 Grado de incorporación de la QV en los objetivos de las SEA	254
5.2.2.2 Tipos de contenidos seleccionados para trabajar la QV en el diseño de la SEA...	255
5.2.2.3 Autenticidad y relevancia de los contextos para trabajar la QV presentes en las SEA	257
5.2.2.4 . Presencia de la Química Verde en las estrategias de evaluación de las SEA diseñadas.....	259

5.2.2.5 Principios de la Química Verde presentes en las SEA diseñadas por los maestros/as	262
5.2.2.6 Transformaciones reflejadas en las SEA de Química Verde diseñadas por los maestros/as.....	265
5.2.2.7 Características de las SEA.....	269
5.3 ESTUDIO DE LAS REFLEXIONES QUE PLANTEAN MAESTROS/AS DE EDUCACIÓN PRIMARIA Y EDUCACIÓN SECUNDARIA EN EJERCICIO, SOBRE SUS DISEÑOS DE SECUENCIAS DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA VERDE	273
5.3.1 METODOLOGÍA.....	273
5.3.1.1 Obtención de los datos.....	273
5.3.1.2 Proceso de análisis de las reflexiones de maestros/as sobre sus diseños de SEA .	275
5.3.1.4 Criterios de Credibilidad	278
5.3.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	279
5.3.2.1 Fortalezas sobre el diseño de SEA que incorporan la QV	283
5.3.2.2 Debilidades sobre el diseño e implementación de las SEA que incorporan la Química Verde	286
5.4 CONCLUSIONES	289
5.4.1 Sobre las características de las SEA diseñadas por maestros/as	289
5.4.2 Sobre las reflexiones de los/as maestros/as sobre los diseños de SEA	291
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES GENERALES	293
6.1 OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS QUE OFRECE EL CURRÍCULUM CHILENO PARA LA INTEGRACIÓN DE LA QUÍMICA VERDE	296
6.2 SELECCIÓN DE CONTENIDOS DE LA EDUCACIÓN ESCOLAR PARA LA INTEGRACIÓN DE LA QUÍMICA VERDE EN EL AULA.....	298
6.3 ORIENTACIONES SOBRE EL DISEÑO DE SECUENCIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE QUE INTEGRAN A LA QV.....	300
6.4 PRESENCIA DE LOS PRINCIPIOS DE LA QUÍMICA VERDE EN LA EDUCACIÓN ESCOLAR	302
6.5 IMPLICACIONES Y CONTINUIDAD DE LA INVESTIGACIÓN: LIMITACIONES Y RETOS.....	304
REFERENCIAS.....	304
ANEXOS.....	321
ANEXOS CAPÍTULO 3.....	323
3.1 Objetivos de Aprendizaje identificados en el análisis del currículum	323

3.2 Ejemplos de vinculación para cada uno de los principios de la QV (Principio-Código-Ejemplos de OA)	327
3.3 Ejemplo de vinculación para la relación Asignatura-Código-Objetivo de aprendizaje	330
ANEXOS CAPÍTULO 4.....	333
4.1 Detalles del contexto en el que se desarrolla la investigación con maestros/as	333
4.2 Frecuencia de cada uno de los Objetivos de Aprendizaje identificados en las respuestas de los/as maestros/as	342
4.3 Frecuencia de cada uno de los Objetivos de Aprendizaje identificados en las respuestas de los/as investigadores/as.....	352
ANEXOS CAPÍTULO 5.....	367
5.1 Trabajos finales, que incluyen las SEA y las reflexiones	366
5.1.1 SEA 1: Inclusión de la Química Verde en la Educación. Una mirada desde el currículum nacional.....	367
5.1.2 SEA 2: Propuesta didáctica Química Verde: El desecho de aceite doméstico, como materia prima: Al rescate de los océanos	404
5.1.3 SEA 3: Propuesta didáctica de vinculación curricular en octavo año básico con principios de Química Verde. Energía y Eficiencia Energética.....	431
5.1.4 SEA 4: Diplomado Química Verde. Química Orgánica y biodegradabilidad.....	453
5.1.5 SEA 5: Propuesta Didáctica Vinculada A La Química Verde En La Unidad De Óxido – Reducción	482
5.1.6 SEA 6: Propuesta Didáctica Vinculación Curricular de la Química Verde con la Especialidad Técnico Profesional: Química Industrial con mención en Laboratorio Químico.	525

Resumen

En el contexto de los actuales desafíos que plantean las problemáticas ambientales, la educación juega un papel fundamental en la construcción de escenarios futuros más sostenibles y equitativos. Para cumplir con este rol, se hace necesaria la reestructuración de los contenidos de la ciencia escolar y de los procesos y escenarios de enseñanza-aprendizaje, que encaminen la transición de la ciencia escolar hacia la sostenibilidad.

En este contexto, la Química Verde (QV), que representa los esfuerzos para reexaminar y rediseñar las herramientas científicas para producir, transformar y utilizar productos químicos que aumenten la eficiencia y eficacia de los procesos, al mismo tiempo que se minimizan los residuos y los daños al ser humano y al ambiente, se encuentra en vías de concreción como campo en el ámbito educativo y particularmente en el escolar. Es por esto, el propósito de esta tesis es generar una propuesta para la transposición didáctica de la QV a la QV Escolar, desde el uso del modelo de reconstrucción educativa (MER), que aporte al desafío que continúa siendo la enseñanza de la Química Verde, dada la naturaleza sistémica de los problemas ambientales y las tensiones de su abordaje en el aula.

Se empleó un enfoque cualitativo para la colección y el análisis de datos, con el fin de desarrollar 3 objetivos, que concretaron la finalidades de esta tesis: 1) Analizar el contenido científico específico de la Química Verde, para su reconstrucción educativa en la enseñanza escolar ; 2) Caracterizar y comparar las percepciones de maestros/as en ejercicio e investigadores/as de educación científica con respecto a la Química Verde y el currículum escolar y; 3) Caracterizar secuencias de enseñanza aprendizaje, construidas por maestros/as en ejercicio, que incorporan la Química Verde.

El primer objetivo, se concretó a través del estudio del currículum chileno de ciencias y permitió identificar vinculaciones de la QV con asignaturas científicas escolares, en las que se destaca la química escolar. A la vez, se identificaron contenidos curriculares conceptuales y transversales que facilitarían la integración de la QV en la escuela.

La concreción del segundo objetivo se llevo a cabo a partir del estudio de las percepciones de maestros/as e investigadores/as con respecto a la QV. Los resultados caracterizaron y compararon las percepciones de ambos grupos y permitieron describir un modelo de contenidos curriculares que consta de tres dimensiones: i) multidisciplinar, ii) intradisciplinar y iii) interdisciplinar.

El tercer objetivo, se concretó por medio del estudio de secuencias de enseñanza y aprendizaje (SEA) que fueron analizadas de acuerdo con sus objetivos, contenidos, contextos, evaluación, los principios de la QV que integran y las transformaciones que han desarrollado y permitió clasificarlas en 3 categorías, es decir, SEA con: i) alta, ii) media y, iii) baja presencia de la QV. A la vez, se analizaron las reflexiones que los/as maestros/as realizaron sobre sus diseños de SEA, identificando fortalezas y debilidades en sus formulaciones.

Se concluye que el MER constituye un marco metodológico que orienta el estudio de la pertinencia de enseñar Química Verde en la escuela, como resultado de un proceso inclusivo, que incluye los aportes de la literatura, los/as maestros/as e investigadores/as.

Resum

En el context dels actuals reptes que plantejen les problemàtiques ambientals, l'educació juga un paper fonamental en la construcció d'escenaris futurs més sostenibles i equitatius. Per a complir amb aquest rol, es fa necessària la reestructuració dels continguts de la ciència escolar i dels processos i escenaris d'ensenyament-aprenentatge, que encaminin la transició de la ciència escolar cap a la sostenibilitat.

En aquest context, la Química Verda (QV), que representa els esforços per reexaminar i redisenyar les eines científiques per produir, transformar i utilitzar productes químics que augmentin l'eficiència i eficàcia dels processos, al mateix temps que es minimitzen els residus i els danys a l'ésser humà i a l'entorn, es troba en vies de concreció com a camp en l'àmbit educatiu i particularment en l'escolar. Per això, el propòsit d'aquesta tesi és generar una proposta per a la transposició didàctica de la QV a la QV Escolar, des de l'ús del model de reconstrucció educativa (MER), que aporti al repte que continua sent l'ensenyament de la Química Verda, atesa la naturalesa sistèmica dels problemes ambientals i les tensions en el seu abordatge a l'aula.

Es va emprar un enfocament qualitatiu per a la recopilació i l'anàlisi de dades, amb la finalitat de desenvolupar 3 objectius, que van concretar les finalitats d'aquesta tesi: 1) Analitzar el contingut científic específic de la Química Verda, per a la seva reconstrucció educativa en l'ensenyament escolar; 2) Caracteritzar i comparar les percepcions de mestres i investigadors d'educació científica respecte a la Química Verda i el currículum escolar i; 3) Caracteritzar seqüències d'ensenyament-aprenentatge, construïdes per mestres en exercici, que incorporin la Química Verda.

El primer objectiu es va concretar a través de l'estudi del currículum xilè de ciències, que va permetre identificar vinculacions de la QV amb assignatures científiques escolars, amb una especial èmfasi en la química escolar. Al mateix temps, es van identificar continguts curriculars conceptuals i transversals que facilitarien la integració de la QV a l'escola.

La concreció del segon objectiu es va dur a terme a partir de l'estudi de les percepcions de mestres i investigadors respecte a la QV. Els resultats van caracteritzar i comparar les percepcions d'ambdós grups i van permetre descriure un model de continguts curriculars que consta de tres dimensions: i) multidisciplinària, ii) intradisciplinària i iii) interdisciplinària.

El tercer objectiu es va concretar mitjançant l'estudi de seqüències d'ensenyament i aprenentatge (SEA) que van ser analitzades d'acord amb els seus objectius, continguts, contextos, avaluació, els principis de la QV que integren i les transformacions que han desenvolupat i va permetre classificar-les en 3 categories, és a dir, SEA amb: i) alta, ii) mitjana i iii) baixa presència de la QV. Al mateix temps, es van analitzar les reflexions que els mestres van realitzar sobre els seus dissenys de SEA, identificant punts forts i febles en les seves formulacions.

Per concloure, el MER constitueix un marc metodològic que orienta l'estudi de la pertinència d'ensenyar Química Verda a l'escola, com a resultat d'un procés inclusiu, que inclou les aportacions de la literatura, els mestres i investigadors.

Abstract

In the current environmental context, education plays an essential role in building more sustainable and equitable future scenarios. To fulfill this role, a restructuring of the contents of school science and the processes and settings of teaching and learning is necessary to steer the transition of school science towards sustainability.

In this context, Green Chemistry (GC), which represents efforts to reevaluate and redesign scientific tools for producing, transforming, and utilizing chemicals to enhance process efficiency and effectiveness while simultaneously minimizing waste and harm to both humans and the environment, is in the process of materializing as a field within the educational sphere, particularly within the school environment. Therefore, the purpose of this thesis is to generate a proposal for the didactic transposition of GC into School Green Chemistry, employing the Educational Reconstruction Model (MER), which contributes to the ongoing challenge of teaching Green Chemistry, given the systemic nature of environmental problems and the complexities in addressing them in the classroom.

A qualitative approach was employed for data collection and analysis, with the aim of achieving three objectives: 1) To analyse the specific scientific content of Green Chemistry for its educational reconstruction in school teaching; 2) To characterize and compare the perceptions of practicing teachers and researchers in science education regarding Green Chemistry and the school curriculum and, 3) To characterize teaching-learning sequences constructed by in-service teachers that incorporate Green Chemistry.

The first objective was realized through an examination of the Chilean science curriculum, which facilitated the identification of connections between GC and school scientific subjects, with a particular emphasis on school chemistry. Additionally, conceptual and cross-curricular curricular contents were identified that would facilitate the integration of GC into the school curriculum.

The second objective was pursued by studying the perceptions of teachers and researchers concerning GC. The results served to characterize and compare the perceptions of both groups, enabling the description of a curriculum content model consisting of three dimensions: i) multidisciplinary, ii) intradisciplinary, and iii) interdisciplinary.

The third objective was achieved through an investigation of teaching and learning sequences (TLS) that were analysed in terms of their objectives, content, contexts, evaluation, the principles of GC they incorporated, and the transformations they have undergone. This analysis

led to the classification of TLS into three categories: TLS with i) high, ii) medium, and iii) low presence of GC. Additionally, the reflections made by teachers on their TLS designs were examined, revealing strengths and weaknesses in their formulations.

In conclusion, the MER serves as a methodological framework that guides the study of the relevance of teaching Green Chemistry in schools, as a result of an inclusive process that incorporates contributions from the literature, teachers, and researchers.



Los envases de plástico, incluyendo las bolsas plásticas, constituyen la mayor proporción del consumo mundial de este material, contribuyendo con aproximadamente el 25% del volumen total. Es alarmante notar que el nivel de reciclaje es considerablemente bajo en todo el mundo, ya que en la actualidad sólo un 14% de los envases de plástico se someten al proceso de reciclaje.

CAPÍTULO 1

PRESENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Índice de contenidos Capítulo 1

1.1 INTRODUCCIÓN	25
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN DE ESTA TESIS.....	31
1.3 FINALIDADES, OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE LA TESIS	35
1.4 ORGANIZACIÓN DE LA TESIS	40

1.1 INTRODUCCIÓN

Para comenzar la presentación de la tesis se hace necesario contar cómo surge el interés por estudiar la Química Verde. En el año 2013, recibí una invitación del Centro Interdisciplinario de Líquidos Iónicos (CILIS), de la Universidad de Chile, para colaborar en la formulación de una iniciativa que diera cuenta de la proyección al medio externo que este Centro desarrollaba. La invitación se debió a mi trabajo en el Centro de Desarrollo y educación continua -Saberes Docentes- de la misma universidad, que genera procesos de desarrollo profesional a profesores, profesoras, directores, directoras y asistentes de la educación chilenos/as.

El Dr. Renato Contreras (a quién le escuche por primera vez hablar de la Química Verde), director de CILIS y mi profesor de fisicoquímica y química cuántica, diría, para comprender qué es la Química Verde, que *“El mejor chef no es el que más limpia, sino el que menos ensucia”*.

“la Química Verde debe ser promovida y financiada por la comunidad científica, así como también por los gobiernos, la industria y todos los otros sectores de la sociedad”, o sea no es un lujito educar a los niños y niñas en un ambiente de comprensión profunda de la naturaleza, sino
que es nuestra obligación”

(Extracto entrevista, R. Contreras, 2015)

Cuando comencé a trabajar en la primera iniciativa, Renato nos decía que la única forma para que esta química impactara, realmente, había que comenzar por niveles tempranos de acercamiento, es decir, la educación primaria y secundaria debían, pues en la universidad ya era tarde. Repetía, cada vez que no reuníamos, que cuando llegábamos a la universidad, nuestra forma de pensar no estaba permeada por el cuidado al ambiente, entonces al entrar a un laboratorio no nos preguntábamos dónde iban los desechos de los prácticos, ni menos cuestionábamos las cantidades que usábamos en cada experiencia, porque la prevención de la generación de residuos, el escoger alternativas no tóxicas, no estaba en nuestra forma de pensar.

En este contexto, en conjunto con 2 colegas de la universidad, nos sentamos a reflexionar sobre cómo formular un programa que diera cuenta del trabajo de CILIS y que pudiese llegar a la comunidad, particularmente en la escolar, porque creímos que era necesario “comenzar por el principio”, la educación escolar. Desarrollamos un programa de 12 sesiones, pensando en 1 sesión por principio de la Química Verde, participaron 15 maestros/as en ejercicio de primaria y secundaria. Gracias a los fondos del Centro CILIS, el programa fue gratuito, un sello distintivo, que tuvieron las

5 versiones que le siguieron y que permitieron que participaran más de 80 maestros/as de forma presencial y más de 1000 maestros/as a través de las versiones Mooc. Esto, de alguna manera, fue un aporte a la democratización al acceso a la Química Verde, restringida al ámbito universitario y alejada de los y las ciudadanos y ciudadanas que no optan por carreras universitarias, particularmente las de naturaleza científica.

En el 2013, la Química Verde, era la respuesta a una invitación y un trabajo, el desafío de la formulación y desarrollo de un programa para CILIS, la vía para compartir con maestros/as esta “nueva” forma de mirar la Química. Con el paso de los años y las diferentes versiones, fui creyendo que no sólo era un proceso de formación continua, era un tema que llamaba profundamente mi interés investigativo. Debía formalizar lo que estábamos haciendo, entonces dos años después, se transformó en mi tesis de máster para el grado de magíster en educación con mención en currículum y comunidad educativa y lejos apagar mi inquietud, sólo la hizo crecer.

Con el fiel convencimiento que la Química Verde debe tener un espacio en la educación formal, que incite el cuestionamiento de los propósitos del modelo de sustancia, de cambio químico y la teoría cinético-corpúscular de la materia, entre otros, en la educación primaria y secundaria, es que postulé al doctorado, con mi Química Verde bajo el brazo. Pensé que terminaría con muchas respuestas y tengo aún más inquietudes.

La presente tesis tiene por objetivo la obtención del grado de doctora de Pía José González García en el marco del Doctorado de Educación del Departamento de Didáctica de la Matemática y de las Ciencias Experimentales por la Universitat Autònoma de Barcelona. Durante el desarrollo del doctorado y en conjunto con las directoras de tesis, Dra. Mariona Espinet Blanch y Dra. Anna Marbà Tallada, se produjeron las siguientes comunicaciones y publicaciones derivadas de los resultados y el proceso de investigación que se presenta en esta tesis doctoral.

Publicaciones:

- González-García, P.J., Marbà-Tallada, A., Espinet, M. (2023) A model of curricular content for the educational reconstruction of Green Chemistry: the voice of Chilean science teachers and science education researchers. *Chemistry Education Research and Practice*. <https://doi.org/10.1039/D3RP00063J>
- González García, P. J., Blanch, M. E., & Marbà Tallada, A. (2019). Química Verde y Desarrollo Profesional Docente. *Socializar Conocimientos*, 2(2), 6–21. <https://socializarconocimientos.org/>

Proceedings:

- González-García, P.J. (2022). Jerarquización de los 12 principios de la Química Verde: Voces de investigadores en didáctica. Libro de Actas Multidicplinary International Congress of Educational Research, CIMIE. Barcelona. <https://amieedu.org/actascimie22/2016/06/29/a3-didactica-de-las-matematicas-y-las-ciencias-experimentales/>
- González-García, P.J., Espinet, M., Marbà A. (2021). La Química Verde y la Eficiencia Energética en la formación permanente del profesorado. 29 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentale, Córdoba, 334-341.
- González-García P.J., Espinet, M., Marbà A. (2018). Vinculación de la Química Verde con la práctica docente. 28 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentale, A Coruña, 1253-1258.

Ponencias, seminarios, charlas:

- 15th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA 2023), organizado por Hacettepe University, Gazi University and Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, from August 28 to 1 September 2021. Ponencia Oral virtual “Multi-intra-inter disciplinary dimension for the educational reconstruction of Green Chemistry”. Pía José

González García, Mariona Espinet Blanch y Anna Marbà Tallada (Universitat Autònoma de Barcelona).

- V Jornadas de Estudios Latinoamericanos (Barcelona). Workshop: “Investigaciones emergentes en didáctica de la Matemática y las Ciencias Experimentales: Argentina, Chile y Colombia”. 19, 20 y 21 de octubre, 2022. Pía José González García; María Rosa Aguada Berteá, Juan Gabriel Rave Agudelo (Universitat Autònoma de Barcelona).
- X Congreso Internacional Multidisciplinar de Investigación Educativa (CIMIE). Organizado por la Universitat de Barcelona, Barcelona 30 de junio y 1 de julio, 2022. Ponencia oral “Jerarquización de los 12 principios de la Química Verde: Voces de investigadores en didáctica”, Pía José González García (Universitat Autònoma de Barcelona).
- I Congreso Latinoamericano de Química Verde, organizado por la American Chemical Society (ACS), Student Chapter Brasil, Colombia, Costa Rica, Guatemala. Virtual, 23 al 26 de agosto, 2022. Charla: “¿Qué necesita la Química Verde para instalarse en la educación primaria y secundaria? Una propuesta desde el Modelo de Reconstrucción Educativa”. Pía José González García (Universitat Autònoma de Barcelona). <https://sites.google.com/view/1congresolatquiver-es/ponentes?authuser=0>
- IV Congreso de la Sociedad Chilena de Educación Científica (SCHEC): Educación Científica en Tiempos de Cambios. Universidad de la Serena, 4 al 6 de noviembre, 2021. Ponencia Oral “Vinculación de contenidos científicos escolares con la Química Verde y jerarquización de sus 12 principios: voces de maestros de primaria y secundaria”. Pía José González García, Mariona Espinet Blanch (Universitat Autònoma de Barcelona).
- XI Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias (2021), Aportaciones de la educación científica para un mundo sostenible, Lisboa 7-10 septiembre, 2021. “Vinculación de contenidos científicos escolares con la Química Verde: Voces de maestros de primaria y secundaria”. Pía José González García, Mariona Espinet Blanch, Anna Marbà Tallada (Universitat Autònoma de Barcelona).
- 14th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA 2021), that has been organized by the University of Minho - Braga, Portugal, in the virtual format, from 30 August to 3 September 2021. Ponencia Oral “Disciplinary Links for The Reconstruction of Green Chemistry: Voices of Science Didactics Professionals”. Pía José González García, Mariona Espinet Blanch, Anna Marbà Tallada (Universitat Autònoma de Barcelona).

- 29 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales (Córdoba). Ponencia oral “La Química Verde y la Eficiencia Energética en la formación permanente del profesorado”. 10 al 12 de febrero, 2021. Pía José González García, Mariona Espinet Blanch, Anna Marbà Tallada (Universitat Autònoma de Barcelona).
- Seminario Universidad del Bío-Bío “La Química verde y sus diálogos disciplinares, una propuesta de reconstrucción escolar”. Asignatura “análisis crítico de publicaciones II”, Magister en enseñanza de las Ciencias. 12 diciembre, 2020. Pía José González García (Universitat Autònoma de Barcelona).
- 1° Congreso Internacional sobre Educación Científica y Problemas relevantes para la ciudadanía (ENCIC). Ponencia oral “Integrando disciplinas: La Química Verde y la eficiencia energética, voces de docentes de primaria y secundaria. 12 y 13 de noviembre, 2020. Pía José González García, Mariona Espinet Blanch (Universitat Autònoma de Barcelona).
- Seminario, Universidad Católica de Chile “Química verde y desarrollo profesional Docente”. Asignatura “didáctica de la Química II”, para el proceso formativo de la carrera de Pedagogía en Química del Programa de Enseñanza Media y del Programa de Formación Pedagógica. 4 de noviembre de 2020. Pía José González García (Universitat Autònoma de Barcelona).
- Seminario virtual, ICEC, Universidad de Tarapacá “Integrando disciplinas: la Química Verde y la ciencia escolar” para las comunidades de aprendizaje ICEC de profesores y educadoras de la Región de Tarapacá y la región de Arica y Parinacota. 30 de julio, 2020.
- III JEL Jornada de estudios latinoamericanos, Barcelona. Ponencia oral “La Química Verde en el currículum chileno”. 28 de febrero, 2020. Pía José González García (Universitat Autònoma de Barcelona).
- 3° Congreso de la Sociedad Chilena de Educación Científica. Educación en Ciencias para la Justicia Social (Chillán). Ponencia oral “Valoraciones de profesores en ejercicio sobre la Química Verde como desarrollo profesional docente” 7, 8 y 9 de noviembre, 2019. Pía José González García, Mariona Espinet Blanch, Anna Marbà Tallada (Universitat Autònoma de Barcelona).
- 13th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA 2019), that has been organized by the University of Bologna – Bologna, Italy. Ponencia oral: “In-service teachers’ perceptions regarding the implementation of the green chemistry in the classroom”. 26 al 30 de agosto, 2019. Pía José González García, Mariona Espinet Blanch, Anna Marbà Tallada (Universitat Autònoma de Barcelona).

- VIII Congreso Internacional Multidisciplinar de Investigación Educativa (Lleida). Ponencia oral: “Conexiones entre la Química Verde y currículum escolar atribuidas por docentes en servicio”. 4 y 5 de julio, 2019. Pía José González García, Mariona Espinet Blanch, Anna Marbà Tallada (Universitat Autònoma de Barcelona).
- 7th Multidicplinary International Congress of Educational Research, CIMIE, Zaragoza, 5 y 6 de julio, 2018. “Química Verde para la enseñanza y aprendizaje de la Química y las Ciencias Naturales”. P.J González García (Universidad Autónoma de Barcelona), Anakenna Ortega-Moreno, C. Pérez-Méndez, S. Figueroa-Duarte (Universidad de Chile).
- V Encuentro de investigadores/ras, profesionales y creadoras/res y la II Jornada de Estudios Latinoamericanos (Barcelona). Ponencia oral: “Química Verde y desarrollo profesional docente. 26,27 y 28 de junio, 2019. Pía José González García (Universitat Autònoma de Barcelona).
- I Jornada de estudios Latinoamericanos de Barcelona, CELAB-REDINCHE, Barcelona, 22 de junio, 2018. “La Química Verde y la enseñanza de las Ciencias Naturales. Voces de docentes Chilenos de primaria y secundaria” P.J González García (Universidad Autónoma de Barcelona).
- 3rd Green & Sustainable Chemistry. Berlín, 13-16 mayo, 2018. “Green Chemistry for teaching and learning Natural Science”. P.J González García (Universidad Autónoma de Barcelona), Anakenna Ortega-Moreno, C. Pérez-Méndez, S. Figueroa-Duarte (Universidad de Chile).
- IV Jornada de estudios Latinoamericanos de Valladolid, CLEIV, Valladolid, 9 de marzo, 2018. “Conexiones de la Química Verde con el currículum chileno”: significados de docentes de primaria y secundaria”. Pía José González García (Universitat Autònoma de Barcelona).

Además, el trabajo de investigación fue reconocido por la Sociedad Chilena de Educación científica, en el año 2019 con el primer lugar en la categoría Investigación de posgrado por: “La Química Verde en el campo científico y en la ciencia escolar”.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN DE ESTA TESIS

En el contexto de los actuales desafíos que plantean las problemáticas ambientales, la educación juega un papel fundamental en la construcción de escenarios futuros más sostenibles y equitativos (Cebrián & Junyent, 2014; Eilks, 2015; OCDE, 2005; UNESCO, 2016, 2017; Vilches & Pérez, 2013). Para cumplir con este rol, se hace necesaria la reestructuración de los contenidos de la ciencia escolar y de los procesos y escenarios de enseñanza-aprendizaje, para encaminar la transición de la ciencia escolar hacia la sostenibilidad.

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (United Nations, 2015), propone que a través de la educación para el desarrollo sostenible (EDS) y la adopción de estilos de vida sostenibles, todos los estudiantes deben desarrollar los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible. Particularmente el objetivo 4, plantea “garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.” En el punto 4.7 se describe que:

“Garantizar que todos los alumnos adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible, entre otras cosas mediante la educación para el desarrollo sostenible y la adopción de estilos de vida sostenibles, los derechos humanos, la igualdad entre los géneros, la promoción de una cultura de paz y no violencia, la ciudadanía mundial y la valoración de la diversidad cultural y de la contribución de la cultura al desarrollo sostenible, entre otros medios”(p. 7).

La aparición de la Química Verde (QV) en este escenario ha tenido un gran impacto en la visión tradicional de la química y sus posibles efectos en la sociedad, el medio ambiente, la salud y la seguridad de todas las personas potencialmente afectadas por la química (Etzkorn & Ferguson, 2023; Marques et al., 2020). Esto se materializó en el libro de 1998 titulado *Green Chemistry: Theory and Practice* (Anastas & Warner, 1998) que reúne diferentes esfuerzos para reexaminar y rediseñar herramientas científicas para producir, transformar y utilizar productos químicos que aumentan la eficiencia y eficacia de los procesos mientras, al mismo tiempo, minimizan el desperdicio y el daño tanto a los humanos como al medio ambiente.

La QV se basa en 12 principios que actúan como criterios o directrices y proporcionan el marco general para el diseño y uso de productos químicos desde una perspectiva sostenible. También constituyen un medio para el desarrollo de productos químicos y transformaciones más

seguras. Trabajar desde estos principios obliga a los profesionales de la química a mirar críticamente las propiedades intrínsecas de las moléculas y sus transformaciones. Zimmerman et al. (2020) sostienen que la base material de una sociedad sostenible dependerá de productos y procesos químicos diseñados siguiendo principios que favorezcan la vida. Por su parte, la QV propone 12 principios, que son (Anastas & Warner, 1998; Doria Serrano, 2009; Nahlik et al., 2023): (1) prevenir el desperdicio; (2) maximizar la economía del átomo; (3) diseñar síntesis químicas menos peligrosas; (4) diseñar productos y sustancias químicas más seguros; (5) usar solventes y auxiliares más seguros; (6) aumentar la eficiencia energética; (7) utilizar materias primas renovables; (8) evitar los derivados químicos; (9) usar catálisis; (10) diseñar productos químicos y productos que se degraden después de su uso; (11) analizar en tiempo real para prevenir la contaminación; y (12) minimizar el potencial de accidentes.

Hoy, la QV ha crecido y se ha diversificado a través de una vasta producción científica (Marques et al., 2020) que trasciende los 12 principios propuestos por Anastas y Warner (1998) en el momento de su formulación. El desarrollo de la química sostenible (Anastas & Zimmerman, 2018; Blum et al., 2017; Falcone & Hiete, 2019; Horváth, 2018a; Zuin et al., 2021) es evidencia de cómo se ha ampliado el marco en el que entendemos la QV: su formulación se basa en los 12 principios de la QV, pero abraza la necesidad de una propuesta más holística que incluya el contexto político, económico y sociocultural, entre otros aspectos. De igual forma, los principios que vinculan a la QV con la ingeniería se han desarrollado en la denominada ingeniería verde, con publicaciones como *The 24 Principles of Green Engineering* y *Green Chemistry: Improvements Productively* (Tang et al., 2008). Incluso se han desarrollado principios de la QV para la educación (QVE) (Andrade & Zuin, 2021; Saqueto, 2015; Zuin et al., 2019), para promover la introducción de la QV en la enseñanza de la química, ofreciendo un nuevo marco para su desarrollo a nivel universitario.

Por ello, no es de extrañar que en los últimos 30 años se haya incrementado considerablemente la presencia de la QV en cursos de grado y posgrado universitarios, en revistas científicas y en eventos académicos, algunos de los cuales tienen como tema central la QV, sus aplicaciones, proyecciones y estrategias para su enseñanza (Aubrecht et al., 2019; Franco & Ordoñez, 2020; J. Chem. Educ., 2018; Marcelino et al., 2023; Zuin et al., 2021; Zuin et al., 2019). Por su parte, algunos autores han afirmado que es necesario ampliar el foco de actuación y no limitarlo a universidades y círculos académicos, sino también incluir la QV en la educación primaria y

secundaria (Anastas & Kirchhoff, 2002; Cannon & Warner, 2009; Eilks & Linkwitz, 2022; Nahlik et al., 2023; Savec & Mlinarec, 2021; Zuin et al., 2021).

A diferencia de los fenómenos que tradicionalmente han sido objeto de estudio de la química, el cambio climático aparece como una realidad incuestionable y perceptible para un ciudadano global informado, pero que no necesariamente cuenta con los conocimientos específicos que ofrecen las ciencias naturales y que permitan establecer con mayor grado de precisión soluciones, relaciones causales o el análisis detallado de aquellos factores que han intervenido en la configuración de la actual situación de nuestro planeta.

Por otra parte, la preparación y formación de la ciudadanía para el desarrollo de competencias sostenibilizadoras (Ull et al., 2010) es un tema que continua reformulándose. Muestra de ello es la reciente propuesta de un marco europeo de competencias en materia de sostenibilidad (Bianchi et al., 2022) denominado “GreenComp”, establecido en el pacto Verde Europeo y que tiene como objetivo “promover el aprendizaje de la sostenibilidad ambiental en la Unión Europea, colaborando en el desarrollo de conocimientos, habilidades y actitudes que promuevan formas de pensar, planificar y actuar con base en la empatía, responsabilidad y cuidado del planeta y de la salud pública” (p. 8).

En este contexto es que la incorporación y transformación del conocimiento científico en un conocimiento susceptible de ser incorporado a nivel curricular y posible de ser enseñado en los sistemas formativos tradicionales no siempre evidencia la premura de la implementación. La institución escolar y universitaria tienden a enfoques conservadores y reduccionistas de enseñanza (Duit, 2007), por lo que la incorporación a nivel curricular de temáticas emergentes y temas de vanguardia aparece como un desafío y una urgencia (Stavrou et al., 2018). Así ocurre, por ejemplo, con el enfoque propio de la sostenibilidad para la enseñanza de las ciencias –aún ausente en los currículos oficiales– y su apropiación profunda a nivel de aula.

Consecuentemente, los cambios en la sociedad demandan una enseñanza de las ciencias que sea coherente con las nuevas realidades, donde la multiplicidad de soluciones, la controversia y la ética tienen un importante protagonismo (Martín et al., 2015). De acuerdo con Hadinugrahaningsih et al. (2017), la enseñanza-aprendizaje de la química se enfrenta a varios desafíos, como por ejemplo relacionar los conceptos fundamentales de la química y las habilidades para el siglo XXI y encontrar vínculos entre el pensamiento abstracto y la relación con la vida

cotidiana de los estudiantes. Lo anterior se enmarca en el cuestionamiento general a los procesos formativos que la escuela como institución conservadora sigue manteniendo.

En el caso de la enseñanza de las ciencias en general y la química en particular, la Ciencia de la Sostenibilidad¹ ofrece la posibilidad de cuestionar el enfoque tradicional de enseñanza, su concreción curricular y las prácticas de enseñanza asociadas a los objetivos que la disciplina se plantea en el ámbito escolar. Marcelino et al. (2023), argumentan que la investigación ha buscado problematizar la racionalidad instrumental asociada a la QV, señalando la necesidad de desarrollar una perspectiva sociocrítica en la construcción y aplicación del conocimiento químico, lo que se conoce como educación eco-reflexiva, humanizadora o Bildung (Sjöström & Talanquer, 2018).

En consecuencia, incorporar enfoques con orientación sostenible a nivel curricular, requiere previamente de la precisión conceptual en ámbitos cuya delimitación aparece difusa en la literatura, pues se homologan términos como sustentable y sostenible; sostenible y verde; ambiental y sostenible, entre otros.

Las discusiones y debates en torno a la construcción conceptual y diferencias entre la química verde y la química sostenible pueden actuar como un marco para el cambio del estatus quo de la química tradicional de los últimos dos siglos. En esta línea, Anastas y Zimmerman (2018) señalan que:

“Un elemento esencial en la introducción de cualquier definición nueva, especialmente de un concepto, es la claridad. Las definiciones vagas, nebulosas y abundantes de un solo concepto son antitéticas para lograr el tipo de alineación y enfoque que el nuevo concepto está tratando de impulsar. En otras palabras, si las personas están confundidas acerca de lo que incluso es la química sostenible, es difícil imaginar que de esa confusión surgirá un camino claro sobre cómo lograrlo”. (p. 150)

De acuerdo con lo descrito, parte importante de este trabajo es establecer, a partir de referentes académicos, el significado y alcance de conceptos asociados al desarrollo sostenible,

¹ Campo definido por los problemas que aborda y no por las disciplinas que emplea. En particular, el campo busca facilitar lo que el National Research Council ha llamado una "transición hacia la sostenibilidad", mejorando la capacidad de la sociedad de usar los recursos de manera que, simultáneamente, satisfaga las necesidades de una población en constante crecimiento, proteja los ecosistemas que dan sustento al planeta y permitan la reducción del hambre y la pobreza (Clark, 2007)

como lo son la Ciencia de la Sostenibilidad, la Química Ambiental, la Química Verde y la Química Sostenible, las relaciones entre ellas, los aportes para la educación científica y el posicionamiento en los campos científicos. A la vez, el entramado dialógico entre la Química Verde, la Educación para la Sostenibilidad y el crecimiento y profundización de la Química Verde en el ámbito educativo con propuestas que han integrado, por ejemplo, el pensamiento sistémico, el pensamiento crítico, la interdisciplinariedad, entre otros.

El propósito de identificar los diálogos de la Química Verde tanto con otros campos científicos, como con el ámbito educativo es lo que Duit (2006) describe como el equilibrio entre un enfoque hacia la ciencia y otra hacia el estudiante de la Química Verde, que se necesitan a la hora de elaborar secuencias de enseñanza-aprendizaje. De acuerdo con el Modelo de Reconstrucción Educativa (MER), *“desarrollado como un marco teórico para diversos estudios que muestran hasta dónde es posible y vale la pena enseñar dominios particulares de las ciencias. Se basa en la necesidad de equilibrar las cuestiones relacionadas con los contenidos de las ciencias y los problemas educativos, cuando las secuencias de enseñanza y aprendizaje están hechas para lograr el mejoramiento de su comprensión y pueden, por lo tanto, favorecer el desarrollo de niveles satisfactorios de alfabetización científica”* (p. 747) (Duit, 2006)

Sin embargo, en el caso de la Química Verde, dicha rearticulación se encuentra en vías de concreción. Es por esto por lo que el propósito de esta tesis es generar una propuesta para la transposición didáctica de la Química Verde a la Química Verde Escolar (QVE), desde el uso del modelo de reconstrucción educativa, que aporte a lo que Marcelino et al. (2023), describen como el desafío que continúa siendo la enseñanza de la Química Verde, dada la naturaleza sistémica de los problemas ambientales y cómo abordarlos en el aula, particularmente en el nivel escolar.

1.3 FINALIDADES, OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE LA TESIS

A partir de este planteamiento general, la finalidad de esta investigación es presentar una propuesta de reconstrucción educativa para la Química Verde, es decir, caracterizar la Química Verde Escolar. Esto se concreta en tres objetivos y sus respectivas preguntas de investigación.

En el marco del modelo de reconstrucción educativa, que plantea como primer componente la clarificación y análisis del contenido científico (Duit et al., 1997, 2012), el primer objetivo de la

tesis es analizar el contenido científico específico de la Química Verde, con la intención de plantear una propuesta de contenidos escolares para su aprendizaje y enseñanza a nivel escolar.

Con el fin de concretar este objetivo se ha planteado, por una parte, analizar los objetivos de aprendizaje del currículum chileno de Ciencia de enseñanza primaria y secundaria, en relación con las posibilidades que presentan para la integración de la Química Verde. Dado este objetivo, para concretarlo, se planteó una pregunta que orientara la investigación: ¿Cuáles son los Objetivos de Aprendizaje del currículum chileno de Ciencias vinculados con los principios de la Química Verde?

Por otra parte, se planteó el estudio de los objetivos de aprendizaje ya vinculados, en relación con los contenidos curriculares que favorecen la integración de los principios de la Química Verde. Para guiar este segundo proceso, se plantearon cuatro preguntas: ¿Qué asignaturas científicas escolares se vinculan con la Química Verde?; ¿Qué contenidos de las asignaturas científicas escolares se vinculan con la Química Verde?; ¿Qué contenidos transversales escolares de ciencias se vinculan con la Química Verde? y ¿Cuáles son los principios de la QV con más vinculaciones curriculares?

En resumen, el primer objetivo de la investigación y las preguntas que lo concretan se describe de la siguiente forma:

Objetivo 1: Analizar el contenido científico específico de la Química Verde, para su reconstrucción educativa en la enseñanza escolar.

Objetivo específico 1.1: Analizar los Objetivos de Aprendizaje del currículum chileno de Ciencia de enseñanza primaria y secundaria, en relación con las posibilidades que presentan para la integración de la Química Verde:

¿Cuáles son los Objetivos de Aprendizaje del currículum chileno de Ciencias vinculados con los principios de la Química Verde?

Objetivo específico 1.2: Analizar los Objetivos de Aprendizaje vinculados con la QV, en relación con los contenidos curriculares que favorecen la integración de los principios de la QV:

¿Qué asignaturas científicas escolares se vinculan con la Química Verde?

¿Qué contenidos de las asignaturas científicas escolares se vinculan con la Química Verde?

¿Qué contenidos transversales escolares de ciencias se vinculan con la Química Verde?

¿Cuáles son los principios de la QV con más vinculaciones curriculares?

Continuando con la visión estructuradora del modelo de reconstrucción educativa, el segundo objetivo de la tesis se plantea caracterizar y comparar las percepciones de maestros/as en

ejercicio e investigadores/as en didáctica de las ciencias con respecto a la Química Verde y el currículum escolar, con la intención de develarlas e interpretarlas y así estudiar lo que Kattmann et al. (1996), plantean como la investigación empírica sobre la comprensión de los/as participantes sobre las ideas básicas involucradas en la Química Verde.

Para concretar este objetivo, fue necesario comenzar por la caracterización de las percepciones de los/as maestros/as participantes con respecto a la Química Verde y al currículum escolar. Esto se concretó a través de cuatro preguntas, que orientaron el estudio de las percepciones de los/as maestros/as: ¿Cuáles son los Objetivos de Aprendizaje del currículum chileno de ciencias que los/as maestros/as vinculan con los principios de la Química Verde?; ¿Qué asignaturas científicas escolares se vinculan con la Química Verde a partir de los OA identificados en las respuestas de los/as maestros/as?; ¿Qué contenidos de la ciencia escolar vinculan los/as maestros/as con la Química Verde? y; ¿Cuáles son los principios de la QV con más vinculaciones curriculares establecidas por los maestros/as?

Para complementar las percepciones de los/as maestros, se decidió convocar a investigadores/as en educación científica, con el fin de caracterizar sus percepciones con respecto a la Química Verde y el currículum escolar. Como una manera de orientar este estudio, se plantearon cuatro preguntas: ¿Cuáles son asignaturas de ciencias que los/as investigadores/as vinculan con los principios de la Química Verde?; ¿Qué contenidos de ciencias vinculan los/as investigadores/as con la Química Verde?; ¿Qué contenidos transversales escolares vinculan los/as investigadores/as con la Química Verde? y; ¿Cuáles son los principios de la QV con más vinculaciones curriculares establecidas por los/las investigadores?

Para finalizar este estudio se propuso comparar las percepciones de ambos grupos, con la finalidad de dar cuenta de manera empírica de la comprensión de las ideas básicas involucradas en la Química Verde, desde perspectivas complementarias pero diferentes.

En este sentido, el objetivo que se planteó fue comparar las percepciones de maestros/as en ejercicio e investigadores/as en educación científica con respecto a la Química Verde y el currículum escolar. Esto se concretó a través de tres preguntas que orientaron el estudio: ¿Cuáles son las similitudes y diferencias que ambos grupos presentan sobre las asignaturas de ciencias que se vinculan con los principios de la Química Verde?; ¿Cuáles son las diferencias que presentan maestros/as e investigadores sobre los contenidos escolares vinculados con la Química Verde? y;

¿Cuáles son las similitudes y diferencias que estos grupos manifiestan sobre los principios con más y menos vinculaciones?

En resumen, el segundo objetivo de la investigación y las preguntas que lo concretan se describe de la siguiente forma:

Objetivo 2: Caracterizar y comparar las percepciones de maestros/as en ejercicio e investigadores/as en educación científica con respecto a la Química Verde y el currículum escolar.

Objetivo específico 2.1: Caracterizar las percepciones de maestros/as en ejercicio con respecto a la Química Verde y el currículum escolar:

¿Cuáles son los Objetivos de Aprendizaje del currículum chileno de ciencias que los/as maestros/as vinculan con los principios de la Química Verde?

¿Qué asignaturas científicas escolares se vinculan con la Química Verde a partir de los OA identificados en las respuestas de los/as maestros/as?

¿Qué contenidos de la ciencia escolar vinculan los/as maestros/as con la Química Verde?

¿Cuáles son los principios de la QV con más vinculaciones curriculares establecidas por los maestros/as?

Objetivo específico 2.2: Caracterizar las percepciones de investigadores/as en educación científica con respecto a la Química Verde y el currículum escolar:

¿Cuáles son asignaturas de ciencias que los/as investigadores/as vinculan con los principios de la Química Verde?

¿Qué contenidos de ciencias vinculan los/as investigadores/as con la Química Verde?

¿Qué contenidos transversales escolares vinculan los/as investigadores/as con la Química Verde?

¿Cuáles son los principios de la QV con más vinculaciones curriculares establecidas por los/las investigadores?

Objetivo específico 2.3: Comparar las percepciones de maestros/as en ejercicio e investigadores/as en educación científica con respecto a la Química Verde y el currículum escolar:

¿Cuáles son las similitudes y diferencias que ambos grupos presentan sobre las asignaturas de ciencias que se vinculan con los principios de la Química Verde?

¿Cuáles son las diferencias que presentan maestros/as e investigadores sobre los contenidos escolares vinculados con la Química Verde?

¿Cuáles son las similitudes y diferencias que estos grupos manifiestan sobre los principios con más y menos vinculaciones?

El tercer componente del modelo de reconstrucción educativa hace referencia al diseño de materiales didácticos, actividades de aprendizaje y secuencias de enseñanza-aprendizaje (Stavrou et al., 2018), tomando en cuenta las perspectivas de estudiantes, docentes e investigadores (Duit, 2012). De acuerdo con este componente, el tercer objetivo de la tesis plantea comprender las características de secuencias de enseñanza-aprendizaje (SEA), diseñadas por maestros/as de primaria y secundaria que integran a la Química Verde (QV).

Para comenzar este proceso se caracterizaron secuencias de enseñanza aprendizaje de la Química Verde construidas por maestros/as de educación primaria y educación secundaria en ejercicio. En este sentido, la orientación de las características se desarrolló a través de cinco preguntas: ¿Cuál es el grado de incorporación de la Química Verde en los objetivos de las SEA diseñadas por los/as maestros/as?; ¿Qué tipo de contenidos vinculados con la Química Verde incorporan las SEA diseñadas por los/as maestros/as?; ¿Qué tipo de contextos vinculados con la Química Verde incorporan las SEA diseñadas por los/as maestros/as?; ¿Qué estrategias de evaluación vinculadas con la Química Verde incorporan las SEA diseñadas por los/as maestros/as?; ¿Cuáles son los principios de la Química Verde presentes en las SEA diseñadas por los/as maestros/as? y; ¿Qué transformaciones en las SEA de Química Verde realizan los/as maestros/as?

Finalmente, se estudiaron las reflexiones de los maestros/as con respecto a los diseños de secuencias de enseñanza-aprendizaje. Esto, con el propósito de responder tanto al modelo de reconstrucción educativa, como para profundizar en los procesos que los/as maestros/as llevaron a cabo en la construcción de las secuencias. Este estudio estuvo orientado por medio de 2 preguntas: ¿Cuáles son las fortalezas que los/as maestros/as identifican en sus diseños de SEA de Química Verde? y; ¿Cuáles son las debilidades que los/as maestros/as identifican en sus diseños de SEA de Química Verde?

En resumen, el tercer objetivo de la investigación y las preguntas que lo concretan se describe de la siguiente forma:

Objetivo 3: Caracterizar secuencias de enseñanza aprendizaje, construidas por maestros/as en ejercicio, que incorporan la Química Verde.

Objetivo específico 3.1: Caracterizar las secuencias de enseñanza aprendizaje de la Química Verde construidas por maestros/as de educación primaria y educación secundaria en ejercicio:

¿Cuál es el grado de incorporación de la Química Verde en los objetivos de las SEA diseñadas por los/as maestros/as?

¿Qué tipo de contenidos vinculados con la Química Verde incorporan las SEA diseñadas por los/as maestros/as?

¿Qué tipo de contextos vinculados con la Química Verde incorporan las SEA diseñadas por los/as maestros/as?

¿Qué estrategias de evaluación vinculadas con la Química Verde incorporan las SEA diseñadas por los/as maestros/as?

¿Cuáles son los principios de la Química Verde presentes en las SEA diseñadas por los/as maestros/as?

¿Qué transformaciones en las SEA de Química Verde realizan los/as maestros/as?

Objetivo específico 3.2: Analizar las reflexiones que plantean maestros/as de educación primaria y educación secundaria en ejercicio, sobre sus diseños de secuencias de enseñanza aprendizaje sobre Química Verde:

¿Cuáles son las fortalezas que los/as maestros/as identifican en sus diseños de SEA de Química Verde?

¿Cuáles son las debilidades que los/as maestros/as identifican en sus diseños de SEA de Química Verde?

1.4 ORGANIZACIÓN DE LA TESIS

La tesis se ha organizado en 6 capítulos, que dan cuenta del uso *ex post facto* del modelo de reconstrucción educativa (Duit et al., 1997, 2012).

El primer capítulo, de presentación de la tesis, contempla una introducción a las temáticas planteadas en el escrito, la descripción de las finalidades, objetivos y preguntas de la tesis, la organización del escrito y cada uno de los capítulos que aborda la tesis.

El segundo capítulo, como marco teórico, contempla tres áreas de contenidos. La primera es la Química Verde en el campo científico y los diálogos que establece con otros campos como la

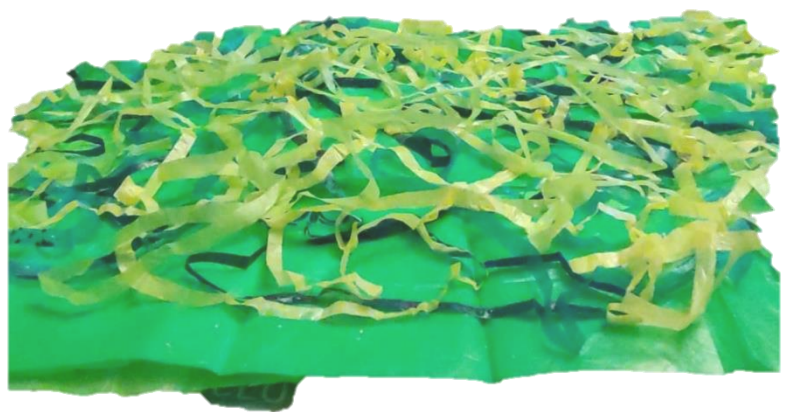
ciencia de la sostenibilidad, la química sostenible y la química ambiental. La segunda, presenta los diálogos entre la Química Verde y el campo educativo que, de acuerdo con la literatura, se ha centrado en 4 ámbitos: la educación para la sostenibilidad, el pensamiento sistémico, las conexiones con otras disciplinas y el trabajo experimental o las actividades a través de la Química Verde. Finalmente, como tercera área de contenido, el capítulo revisa el modelo de reconstrucción educativa y ofrece argumentos para el tránsito de la Química Verde a la educación.

Los capítulos tercero, cuarto y quinto desarrollan respectivamente los objetivos 1, 2 y 3 de esta tesis. Específicamente, el capítulo 3 aborda el analizar el contenido científico específico de la Química Verde, para su reconstrucción educativa en la enseñanza escolar, incluyendo el marco metodológico, el análisis, los resultados para este objetivo y conclusiones particulares del primer objetivo de la tesis.

El cuarto capítulo desarrolla el segundo objetivo de la tesis, es decir, la caracterización de las percepciones sobre los vínculos entre la Química Verde y los contenidos curriculares, de maestros/as en ejercicio e investigadores/as en educación científica. En él se incluyen el marco metodológico, el análisis, los resultados para este objetivo y conclusiones propias del objetivo 2 de la tesis.

El quinto capítulo desarrolla el tercer objetivo de la tesis, es decir, la caracterización de secuencias de enseñanza aprendizaje, construidas por maestros/as en ejercicio, que incorporan la Química Verde. Este capítulo incluye su marco metodológico, el análisis, los resultados para el objetivo tres de la tesis y conclusiones sobre este objetivo.

El sexto capítulo aborda las conclusiones generales de la tesis e implicaciones de la investigación. Este apartado es un capítulo que toma en cuanta las conclusiones realizadas en los capítulos 3, 4 y 5, de manera de proponer una mirada general de las implicaciones de este estudio.



En la actualidad, se ha avanzado en el desarrollo de bioplásticos, que no tienen la persistencia en el ambiente de los plásticos tradicionales. Sin embargo, estamos muy lejos de la sustitución definitiva. ¿Qué nos queda? REDUCIR, REUTILIZAR, RECICLAR Y RECUPERAR.

La imagen corresponde a bolsas de plástico cortadas. Este es el inicio para un proceso de “reconstrucción”, que hará transitar este desecho a un material impermeable para la confección de otros elementos.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

Índice de contenidos Capítulo 2

2. MARCO TEÓRICO	46
2.1 DESARROLLO, SOSTENIBILIDAD Y EMERGENCIA DE LA QUÍMICA VERDE	46
2.1.1 El concepto de desarrollo	46
2.1.2 Desarrollo Sostenible	47
2.2 QUÍMICA VERDE	50
2.2.1 Desarrollo general de la Química Verde	50
2.2.2 Los 12 principios de la Química Verde	53
2.2.3 La Química Verde y la Ciencia de la Sostenibilidad	63
2.2.4 La Química Verde y la Química Sostenible	66
2.2.5 La Química Verde y la Química Ambiental	68
2.3 QUÍMICA VERDE Y EDUCACIÓN.....	71
2.3.1 Principios de la Química Verde para la Educación Universitaria.....	73
2.3.2 Química Verde y Educación para la sostenibilidad	75
2.3.3 La Química Verde y el desarrollo de competencias científicas	78
2.3.4 La Química Verde y el plan de estudios	79
2.3.5 La Química Verde y contenidos integradores	80
2.3.6 La Química Verde y el uso de contextos	80
2.4 RECONSTRUCCIÓN EDUCATIVA DE LA QUÍMICA VERDE.....	81
2.4.1 El campo científico: legitimación de la Química Verde	81
2.4.2 Transposición didáctica	83
2.4.3 Modelo de reconstrucción educativa.....	85

Índice de Tablas Capítulo 5

Tabla 1. Convenios y Protocolos internacionales relacionados con la industria química.....	51
Tabla 2. Los 12 principios de la Química Verde.....	54

Índice de Figuras Capítulo 5

Figura 1. Relación entre la ciencia de la sostenibilidad y los campos científicos relacionados: una interpretación multidisciplinaria, interdisciplinaria y transdisciplinaria de la ciencia de la sostenibilidad	64
Figura 2. Descripción de la Química Sostenible, a partir de la propuesta de Blum et al., 2017.	67
Figura 3. Esquema que resume el modelo de reconstrucción educativa (Duit et al., 2012)	86

2. MARCO TEÓRICO

En el marco de la investigación sobre Química Verde (QV) y su reconstrucción educativa, uno de los propósitos centrales de esta tesis es establecer un sólido marco teórico que guíe la comprensión y abordaje de los desafíos científicos y ambientales contemporáneos. En esta área de estudio convergen la búsqueda de soluciones que permitan minimizar el impacto negativo de las actividades humanas en el entorno, la promoción de prácticas y enfoques que sean respetuosos con el medio ambiente y que impliquen una responsabilidad social. En este marco teórico se explorarán y analizarán las teorías y enfoques que subyacen a la QV, abordando cuestiones cruciales relacionadas con la conservación de recursos, la reducción de residuos y la promoción de sistemas más equitativos y resilientes.

2.1 DESARROLLO, SOSTENIBILIDAD Y EMERGENCIA DE LA QUÍMICA VERDE

2.1.1 El concepto de desarrollo

El desarrollo es un concepto histórico (Dubois, 2002) cuya definición se encuentra en constante evolución, puesto que responde al pensamiento y los valores predominantes en cada sociedad. Considerando que refleja y proyecta una idea de futuro que cada cultura se plantea como meta para el colectivo humano, la actual comprensión de desarrollo difiere completamente de la que se tenía hace 40 años, lo que evidencia que cada época y cada sociedad han tenido su propia formulación.

Según Dubois (2002), en la década de los noventa se vivencia un punto de inflexión en lo que hasta entonces eran los objetivos del desarrollo, que contemplaban altos niveles de industrialización y ciertos estándares de vida alcanzados por los países más ricos, el aumento de la esperanza de vida, el aumento en los índices de alfabetización, salud y saneamiento y acceso a agua potable, por ejemplo.

Consecuentemente, se buscaba que los países más pobres se acercaran a la pauta establecida de estilo de vida de los países más ricos. De esta manera, el desarrollo se identificó con una propuesta de crecimiento económico particular, considerándose que el logro de los objetivos que plantea dicha propuesta de crecimiento traería automáticamente efectos beneficiosos para los sectores más pobres.

Esa comprensión de desarrollo no contempló los efectos en la naturaleza del vertiginoso aumento de la industrialización y la rápida expansión de la actividad humana por lograr el desarrollo

anhelado, convirtiéndose en un factor determinante de las fluctuaciones del sistema global (se refiere a todo el planeta, base para la supervivencia humana: la geosfera, atmósfera, hidrósfera y biosfera). Ejemplo de ello es el calentamiento global y la destrucción de la capa de ozono (Komiya & Takeuchi, 2006).

De acuerdo con Marques y Machado (2014), en consideración a estas consecuencias es posible afirmar que la búsqueda de un modelo de desarrollo debe contemplar tanto características ambientales como de sostenibilidad, lo que plantea exigencias a diferentes actores de la sociedad. Las evidencias biofísicas muestran una crisis ambiental a multiescala: el cambio climático, la generación y liberación de sustancias tóxicas extendidas por todo el mundo y sus diversos efectos y la destrucción de la biodiversidad, con las consecuencias que la sociedad en su conjunto puede atestiguar (Norton, 1995).

Si bien no se plantean dudas respecto de la capacidad que el actual modelo de desarrollo tuvo para mejorar la calidad de vida de muchas personas en los países que incorporaron los procesos de industrialización, no fueron contemplados los efectos negativos en la interacción con la naturaleza, en la biosfera y el ambiente, así como tampoco en su responsabilidad en el empobrecimiento y la desigualdad de amplias zonas de población.

2.1.2 Desarrollo Sostenible

De acuerdo con Alaña et al. (2017), el desarrollo sostenible es un concepto que comenzó a definirse a fines de la década de los sesenta. El Club de Roma¹ convocó a diferentes expertos para que investigaran las modificaciones que estaba sufriendo el medio ambiente como consecuencia de la acción humana. Entre los objetivos del estudio estaba descubrir métodos para analizar diferentes expresiones de los cambios medioambientales, además de lograr sensibilizar a los políticos acerca del estado ambiental global.

Entre 1983-1984 la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) crean la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo y se elabora el Informe Brundtland, también denominado *Nuestro Futuro Común* o

¹ Una asociación privada compuesta por empresarios, científicos y políticos encargó analizar a un grupo de investigadores del Massachusetts Institute of Technology (MIT), los límites del crecimiento. Bajo la dirección del profesor Dennis L. Meadows. Los resultados fueron publicados en marzo de 1972 bajo el título "Los Límites del Crecimiento" (Mahnkopf & Elmar, 2017)

reporte Brundtland (Alaña et al., 2017). Según Rodrigo (2015), este informe se ha convertido en uno de los principales objetivos de la comunidad internacional para los programas dedicados al desarrollo sostenible, además de haber sido el primero de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo. Constituye el primer hito en el ámbito internacional para el análisis de las consecuencias socioeconómicas del deterioro medio ambiental.

De acuerdo con el Informe Brundtland², lo que se entiende como desarrollo sostenible es «el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades». Se trata de un concepto «esencialmente controvertido», sugerente, evocador, exitoso, cargado de expectativas, con una imparable capacidad de atraer y con una gran flexibilidad, que le concede importantes ventajas pero a la vez enormes inconvenientes (Rodrigo, 2015).

La expresión “desarrollo sostenible”, es en la actualidad una de las más exitosas fórmulas de la corrección política (Rodrigo, 2015). Hoy, es utilizada por diversos grupos de interés, organizaciones de protección de los derechos humanos y del medio ambiente, grandes compañías químicas o de suministro de energía -incluidas las nucleares-, pequeños Estados archipelágicos, colectivos de economistas, arquitectos u otros. Se ha incluido a las más diversas actividades y existe el riesgo de que el concepto llegue a distorsionarse.

Las enormes posibilidades que ofrece el desarrollo sostenible y la generalización de su uso conllevan el peligro de la irrelevancia pues, hoy en día, todo parece ser “sostenible”. Con este uso abusivo del concepto existe la amenaza de transformar el lenguaje del desarrollo sostenible en la *retórica* del desarrollo sostenible, quedando reducido a un adjetivo calificativo que permita describir una característica técnica de una infinidad de productos, actividades y servicios, o como simple *marketing* del cuidado del ambiente.

Los estudios sobre sostenibilidad (Bettencourt & Kaur, 2011; Clark, 2007; Horváth, 2018; Kajikawa et al., 2014a; Kates et al., 2001; Kläy et al., 2015; Komiyama & Takeuchi, 2006a; Lang et al., 2012; Luffiego & Rabadán, 2000; Neumayer, 2013; Nilsen & Gilje, 2010; Scott & Gough, 2003) se han posicionado en y desde diversas disciplinas como una alternativa que permitiría hacer posible la

² ONU, Doc. A/42/427, de 4 de agosto de 1987. El texto en castellano por el cual se cita también puede verse en Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, *Nuestro futuro común*, 1.ª ed., Madrid, Alianza Editorial, 1992 (1.ª ed. 1988), p. 67.

articulación entre desarrollo económico, bienestar social y cuidado del ambiente. De modo transversal, la sostenibilidad ha planteado un cuestionamiento a las prácticas establecidas por disciplinas de estudio tradicionalmente herméticas, abriendo camino al diálogo con otros ámbitos de la acción humana con los que estas disciplinas se interrelacionan inevitablemente, al hacerse operativos sus logros y avances en la realidad concreta que significa la aplicabilidad del conocimiento a través de la técnica y tecnología.

Las ciencias han sido presionadas para responder a estos nuevos desafíos, proporcionando los conocimientos básicos que permitan desarrollar nuevas tecnologías coherentes con el desarrollo sostenible. De acuerdo con Marques y Machado (2014), esta presión la sintió particularmente el campo de la química y condujo a la aparición de la Química Verde, hace más de 25 años.

La Química Verde (Anastas & Eghbali, 2010; Anastas & Warner, 1998), acoge los esfuerzos para reexaminar y rediseñar las herramientas científicas con el fin de producir, transformar y utilizar productos químicos que aumenten la eficiencia y eficacia de los procesos al mismo tiempo que se minimizan los residuos y los daños al ser humano y al ambiente.

Pareciera natural la respuesta dada por la química, ya que, entre las ciencias, la química tiene un papel especial (Marques & Machado, 2014). Por un lado, la química industrial desarrollada e implementada a lo largo del siglo XX fue una de las mayores contribuyentes a las crisis ambientales, aportando deposiciones de residuos tóxicos, dispersión de contaminantes y contaminación de los alrededores a las industrias con sus subproductos, entre otros. Por otra parte, los reactivos químicos utilizados en la manufactura de una gran gama de productos que colaboran en nuestra actual calidad de vida, que van desde productos para la limpieza del hogar, hasta el cuidado personal, han carecido de monitoreo en tiempo real de los efectos de su fabricación, lo que ha tenido un evidente impacto en el ambiente y en la salud de las personas.

Lo anterior permite comprender por qué razón la química ha sido uno de los campos científicos que sintiera mayor presión por encontrar innovaciones que se presenten como posibles soluciones a los problemas ambientales producidos por efecto de esta. El desarrollo de la Química Verde es una de esas respuestas.

2.2 QUÍMICA VERDE

“...es un hecho obvio que la Química Verde es Química”

(Anastas & Zimmerman, p. 150, 2018)

2.2.1 Desarrollo general de la Química Verde

De acuerdo con de Marco et al. (2019), Clive Cathcart fue muy probablemente el primero que usó el término “Química Verde” en una discusión sobre el crecimiento de la industria química irlandesa (Cathcart, 1990). Sin embargo, no fue hasta 1996 que el artículo desarrollado por Anastas y Williamson (1996), *“Green Chemistry: An Overview”*, abordó la Química Verde desde la perspectiva que hoy se comprende.

Todas las narrativas que describen su origen están ligadas a desastres de la industria química, siendo la serie de protocolos desarrollados luego del accidente producido en Bhopal, India en 1984, el evento que muchos/as expertos/as en la materia, instalan como el detonante de estrategias y políticas orientadas a la prevención.

Según Machado (2010), durante la noche del 3 al 4 de diciembre, alrededor de 40 toneladas de metilisocianato y otros gases fueron liberados al entorno debido a un incidente en una fábrica de pesticidas perteneciente a la empresa Union Carbide. Este evento es considerado uno de los más graves desastres químicos en la historia. Las estimaciones indican que entre 6.000 y 8.000 personas fallecieron en la primera semana después del escape tóxico, y al menos 150.000 resultaron heridas o desarrollaron enfermedades crónicas que aún requieren tratamiento médico.

Un aspecto crucial del accidente fue que, durante la noche del desastre, las seis medidas de seguridad establecidas para prevenir una posible liberación de gases no funcionaron adecuadamente, ya sea porque estaban desactivadas o resultaron ineficaces. Incluso la sirena de alarma, cuyo propósito era alertar a la población en caso de un incidente, también estaba desconectada. Los gases liberados causaron quemaduras en los tejidos oculares y pulmonares, se introdujeron en el torrente sanguíneo y causaron daños en prácticamente todos los sistemas corporales de las personas afectadas (Machado, 2010).

Después del accidente en Bhopal, varios de los países desarrollados generaron leyes ambientales más estrictas. Del mismo modo, se comenzaron a firmar una serie de convenios y

protocolos relacionados principalmente con el quehacer de la industria química. Entre estos convenios se encuentran algunos de la siguiente lista (Tabla 1):

Nombre	Resumen	Año
Convenio de Viena	Proteger la salud humana y el medio ambiente de los efectos negativos producidos por las modificaciones en la capa de ozono.	1985
Protocolo de Montreal	Proteger la capa de ozono tomando medidas precautorias para controlar las emisiones globales de las sustancias que provocan su disminución	1987
Convenio de Basilea	Reducir el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos en forma que sea consistente con el manejo eficiente y ambientalmente adecuado a dichos desechos	1989
Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático	Estabilizar las concentraciones de los gases de efecto invernadero en la atmosfera, a un nivel tal que ya no existan interferencias antropógenas significativas en el sistema climático.	1992
Protocolo de Kyoto	Establece compromisos vinculantes que fijan objetivos cuantificados y calendarizados de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.	1997
Convenio de Rotterdam	Promover la responsabilidad compartida y los esfuerzos conjuntos en la esfera del comercio internacional de ciertos compuestos químicos peligrosos y plaguicidas, a fin de proteger la vida humana y el medio ambiente.	1998
Convenio de Estocolmo	Teniendo presente el principio de precaución, consagrado en el principio 15 de la Declaración de Río, el objetivo del Convenio de Estocolmo es proteger a la salud humana y el medio ambiente frente a los contaminantes orgánicos persistentes.	2001
Convenio de Minamata	Suscrito en Japón, reconoce que el mercurio es un producto químico de preocupación mundial. Limita la extracción de mercurio, norma el comercio, promueve la reducción de su uso en productos y procesos controlando las emisiones al aire y el agua.	2017

Tabla 1. Convenios y Protocolos internacionales relacionados con la industria química.

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente [MMA], (2020).

Todos los protocolos desarrollados a partir del accidente formaron parte de una serie de esfuerzos destinados a abordar y evitar futuros desastres, incluyendo el creciente nivel de contaminación en nuestro planeta. De este modo es que, a principios de la década del noventa del

siglo XX, surgieron diversas estrategias preventivas en el mundo. Las más conocidas son (Culler, 2000):

- Producción más limpia: desarrollado en 1989 por el PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en su Programa de la Producción más Limpia)
- Ecoeficiencia: desarrollado en 1990 por el Consejo Mundial para el Desarrollo Sustentable.
- Prevención de la contaminación: introducido en la legislación de Estados Unidos en 1990 en el “Acta de Prevención de la Contaminación”.

Los tres protocolos mencionados comparten misma idea central, es decir, integrar la reducción de la contaminación al proceso de producción e incluso al diseño de un producto, recurriendo a la revisión y modificación de los procesos para prevenir la contaminación. Todo lo anterior, con la finalidad de disminuir y lograr eliminar con el tiempo todo aquello que no sea un producto terminado o de materiales reciclables.

La promulgación en los Estados Unidos del Acta de prevención de la Contaminación en 1990 –primera ley ambiental de este país que se centró en la reducción de la contaminación en la fuente en lugar de la remediación o captura de contaminantes– propuso una filosofía para lograr estos objetivos, una química benigna desde su diseño (Linthorst, 2010).

En los Estados Unidos, la Ley de Prevención de Contaminación de 1990 sentó la base para que la reducción de la contaminación en su origen fuera considerada la principal prioridad en el abordaje de cuestiones medioambientales. La aprobación de esta legislación representó un cambio hacia la prevención de la generación de desechos, adoptándola como una estrategia de mayor eficacia. En este sentido, Linthorst (2010) describe que:

Sobre la base de la Ley de Prevención de la Contaminación, el apoyo político al concepto de Química Verde continuó en los años siguientes. En 1995, los Premios Presidenciales del Desafío de Química Verde se lanzaron bajo la administración del Presidente Clinton y fueron administrados por la EPA de EE. UU. Los primeros premios se entregaron en 1996 en la Academia Nacional de Ciencias a las siguientes empresas: Monsanto, Dow Chemical, Rohm y Haas y Donlar Corporation (ahora NanoChem Solutions, Inc.). Además, el Prof. Mark Holtzapple (Universidad Texas A & M) recibió el Premio Académico. Al parecer, el apoyo político a este programa se centró nuevamente en la cooperación (networking)” (p. 60).

Török y Dransfield (2018) señalan que en 1997 se inició el primer programa doctoral en Química Verde en la Universidad de Massachusetts Boston. Durante el mismo año, se estableció el Instituto de Química Verde, que posteriormente se transformó en el Instituto de Química Verde de la Sociedad Química Estadounidense. A partir de los años 90, diversas revistas científicas especializadas en investigación en Química Verde comenzaron a difundir trabajos originales y reseñas en este campo. En la actualidad, todos los principales editores cuentan con al menos una revista dedicada a la investigación en Química Verde o sostenible, y además se han publicado numerosos libros y materiales didácticos para respaldar la investigación y la educación en esta área.

2.2.2 Los 12 principios de la Química Verde

La Química Verde (Anastas et al., 2016), ha impactado en la visión sobre la Química y sus posibles implicancias sobre la sociedad y el ambiente. La Química Verde representa los esfuerzos para reexaminar y rediseñar las herramientas científicas con el fin de producir, transformar y utilizar productos químicos que aumenten la eficiencia y eficacia de los procesos, al mismo tiempo que se minimizan los residuos y los daños al ser humano y al ambiente (Anastas & Eghbali, 2010).

De acuerdo con Anastas y Eghbali (2010), la QV ha basado su estudio en la formulación de 12 principios que operan como criterios o directrices que proporcionan el marco para el diseño sostenible y constituyen una construcción general para el desarrollo de productos y transformaciones químicas más seguras.

Los 12 principios de la Química Verde son los siguientes (Anastas & Warner, 1998):

(1) Prevención de los residuos; (2) Economía atómica; (3) Métodos de Síntesis menos peligrosa; (4) Diseño de productos químicos más seguros; (5) Solventes auxiliares más seguros; (6) Diseño para la eficiencia energética; (7) Uso de materias primas renovables; (8) Reducir el uso de derivados; (9) Catálisis; (10) Diseño para la degradación; (11) Análisis en tiempo real para la prevención de la contaminación; (12) Química inherentemente segura para la prevención de accidentes (Ver Tabla 2).

N°	Descripción	Resumen
1	Es mejor prevenir la formación de residuos que limpiarlos una vez formados.	Prevención
2	Los métodos sintéticos deben diseñarse para maximizar la incorporación en el producto final de todos los materiales usados en el proceso.	Economía Atómica

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

Tabla 2. Los 12 principios de la Química Verde.

Fuente: Anastas y Warner, 1998.

Principio 1. Prevención: “Es mejor prevenir la formación de residuos que limpiarlos una vez formados”

De acuerdo con Zimmerman et al. (2020) los costos asociados a los desechos químicos implican una grave responsabilidad económica, social y ambiental. Incluso los países tecnológicamente avanzados se ven enfrentados a altos costos para implementar remediales con respecto a los

desechos. En este sentido, los impactos también se observan en los ecosistemas, así como en la salud de los trabajadores, las comunidades aledañas, los consumidores y el público en general.

La prevención de desechos es una piedra angular de la Química Verde; las selecciones de los químicos en las materias primas, las vías de reacción, los grupos protectores, los catalizadores, los sistemas de solventes y los métodos de separación pueden conducir a una menor generación de desechos y ayudar entonces a mitigar estos costos. En la práctica, se trata de un cambio de los métodos convencionales de “final de proceso” o tratamiento y eliminación en el sentido de que el objetivo es que, en el desarrollo y producción de los procesos químicos, se eviten los desperdicios como primera prioridad, utilizando diseños y procesos innovadores.

Nahlik et al. (2023), describen que una forma simplificada de comprender el principio 1 es que cada vez que se realiza una reacción química, se termina produciendo un desecho. Por eso, tal vez no todo lo que tiene esa reacción realmente se usa, por lo que el objetivo es limitar ese desperdicio.

Principio 2. Economía Atómica: “Los métodos sintéticos deben diseñarse para maximizar la incorporación en el producto final de todos los materiales usados en el proceso”

La economía atómica se refiere a la relación del peso molecular del producto de una reacción o proceso respecto a la suma de los pesos moleculares de todos los reactivos utilizados y depende de la naturaleza intrínseca de cada reacción (Serrano, 2009). La economía atómica se articuló con el factor E (factor ambiental E del inglés *environmental*) o factor de eficiencia de masa (Serrano, 2009; Zimmerman et al., 2020). Esta relación permite una simple comparación de los procesos mediante la cuantificación de la relación de masa entre los desechos y el producto deseado. La economía atómica tiene su origen en el tradicional concepto de rendimiento (relación entre la masa molecular del producto final y la masa molecular de todos los reactivos, teniendo en cuenta los residuos generados).

Según Zimmerman et al. (2020), durante el desarrollo de la Química Verde se han propuesto variadas métricas para cuantificar el índice “verde” de un proceso. Estas son cada vez más sofisticadas, principalmente por la integración estas temáticas a la educación en química, la capacitación profesional y los estándares de las publicaciones, lo que se espera que genere estrategias sintéticas cada vez más eficientes.

Una lectura simplificada de este principio es la que proponen Nahlik et al. (2023), en la que señalan que, sin importar cuáles son los átomos con los que comience una reacción, deben ser los que están presentes en el producto.

Principio 3. Métodos de síntesis menos peligrosos: “Siempre que sea posible, deben diseñarse metodologías sintéticas que usen y generen sustancias que no sean tóxicas para la salud y el medio ambiente”

Según Nahlik et al. (2023), el principio 3 se trata de diseñar reacciones químicas y rutas sintéticas para que sean lo más seguras posibles. En este sentido, se deben considerar los peligros de todas las sustancias durante la reacción, incluidos los desechos. Básicamente, esto significa que se están diseñando reacciones seguras.

Este principio insta a los químicos a considerar factores distintos de eficiencia al evaluar los impactos ambientales y sociales (Green Chem, 2018). Está estrechamente relacionado con el Principio 4, que se centra en el diseño de productos menos peligrosos, y también tiene en cuenta las propiedades de precursores, productos secundarios y desechos. Eso alienta a los químicos a adoptar conceptos de campos afines (por ejemplo, toxicología, química ambiental, ingeniería ambiental) y considerar las implicaciones a lo largo de todo el ciclo de vida de un químico o producto. Una de las ideas fundamentales de la Química Verde es reducir el riesgo, reduciendo el peligro (Green Chem, 2018). Estos peligros incluyen no sólo varios criterios de valoración toxicológica, sino también peligros ambientales, físicos y globales. Hasta la fecha, gran parte del trabajo en el Principio 3 se ha centrado en reducir o eliminar productos químicos intermedios que se sabe que son particularmente peligrosos, especialmente en el contexto de la fabricación.

Principio 4. Diseño de productos más seguros: “Los productos químicos deben diseñarse para mantener la eficacia de su función, pero reduciendo la toxicidad”

El diseño de productos químicos supone un propósito de aplicación con el que se debe evaluar su desempeño (Serrano, 2009). Sin embargo, tan importante como su eficacia es su potencial impacto en la salud humana y en el medio ambiente. Estos tres aspectos, principalmente, deben tener la misma importancia en la evaluación que se debe aplicar en la elección de un producto, donde los aspectos económico, social y ecológico permiten tomar una decisión desde la mirada de la sostenibilidad y la prevención.

Por otra parte, Serrano (2009) puntualiza que, si la entrada de sustancias químicas al entorno supera su descomposición, habrá una cantidad del compuesto presente, lo que lo hace pseudo persistente. Los productos que no se descomponen del todo permanecen disponibles para organismos vivos, con efectos tóxicos que no siempre se conocen o predicen. Los compuestos químicos persistentes que se acumulan en los seres vivos son más preocupantes, ya que las concentraciones consideradas seguras en términos de toxicidad aguda pueden llevar a toxicidad crónica. Por lo tanto, mejorar la tratabilidad de los desechos que contienen estos productos y que pueden llegar al entorno, es posible a través de un diseño molecular responsable.

El Principio 4 depende de la colaboración directa entre la química, la toxicología, la ingeniería y las ciencias ambientales, para mitigar o eliminar cualquiera de otros peligros (Green Chem, 2018). El objetivo es identificar sustancias peligrosas y reemplazarlas por otros menos peligrosos a través de estas colaboraciones.

Principio 5. Disolventes y auxiliares más seguros: “El uso de sustancias auxiliares (por ejemplo, disolventes, agentes de separación, entre otros) debería ser innecesario en la medida de lo posible e inocuo cuando sean necesarios”

Los solventes son a menudo el factor determinante en el costo, el impacto ambiental y la seguridad de los procesos químicos y farmacéuticos (Green Chem, 2018). De acuerdo con Serrano (2009), los disolventes son importantes como medio de reacción y en los procesos de purificación. Lamentablemente, muchos de ellos presentan riesgos a la salud humana y al medio ambiente, en especial por su volatilidad. Por ello, una de las áreas más importantes de la química verde es la minimización, eliminación o sustitución del uso de solventes por otros que no presenten peligros y que tengan un impacto ambiental limitado (Green Chem, 2018; Serrano, 2009).

Entre las principales estrategias están el uso de agua como solvente, el perfil EHS de solventes orgánicos, el desarrollo de solventes intercambiables, fluidos subcríticos y supercríticos, líquidos iónicos y reacciones sin disolventes. Para Nahlik et al. (2023), escoger el solvente más seguro disponible para cualquier paso de un proceso es fundamental. El agua, por ejemplo, es un solvente bueno y seguro, considerado un solvente verde (Green Chem, 2018), debido a lo inocuo que resulta en comparación con muchos solventes orgánicos convencionales y dependiendo del contexto donde se utilice, es de fácil acceso y barato en términos de su manejo.

Principio 6. Eficiencia energética: “Los requerimientos energéticos deben tomarse en cuenta y ser minimizados, debido a su impacto medioambiental y económico. Los métodos sintéticos deben realizarse a temperatura ambiente cuando sea posible”

El principio de eficiencia energética sugiere que la elección de la ruta química debe ser la menos invasiva en términos de energía (Nahlik et al., 2023). Por ejemplo, se debe evitar el calentamiento y el enfriamiento, así como las condiciones presurizadas de vacío; vale decir, la temperatura y la presión ambiental son mejores opciones en términos energéticos.

Por otra parte, la catálisis se ha utilizado a menudo como un medio muy eficaz para reducir los requisitos de energía de una transformación química. En este sentido, la QV ha contribuido al desarrollo de otras técnicas que reducen el requisito de energía general para las reacciones químicas, a menudo, centrándose específicamente en la elaboración y separación, ya que estos suelen ser pasos que consumen mucha energía (Green Chem, 2018).

La QV se ha beneficiado de los avances en términos de los mecanismos no convencionales de suministros de energía, como la irradiación de ondas microondas, el uso de infrarrojo, el ultrasonido, la electroquímica y la fotoquímica (Green Chem, 2018; Serrano, 2009). Las mejoras en la eficiencia energética en las condiciones de reacción más suaves y en los tiempos de reacción más cortos pueden generar ventajas significativas, especialmente en el procesamiento a gran escala, donde el costo de la energía es sustancial y el calentamiento uniforme es un desafío.

Principio 7. Uso de materias primas renovables: “Las materias primas deben ser renovables, cuando técnica y económicamente sea posible”

Mientras que la industria química inicial se basó en materiales renovables de madera, cultivos, animales y otros, el descubrimiento, la extracción eficiente y la destilación eficaz del petróleo crudo conducen a la actual dependencia del petróleo y el gas natural (Van Wyk, 2011). Sin embargo, las limitaciones de los recursos geológicos, el aumento de la demanda de energía en las naciones en rápido desarrollo y los impactos catastróficos de las emisiones de CO₂ en el clima global están impulsando un interés renovado en los recursos renovables (Green Chem, 2018).

Si bien la producción anual de biomasa natural es enorme, solo un pequeño porcentaje se utiliza para el consumo humano, como alimentos, combustibles o aplicaciones materiales y existen preocupaciones sobre los impactos de la competencia entre estos usos finales (Green Chem, 2018; Serrano, 2009). Aunque el desarrollo tecnológico se guía cada vez más por la evaluación del ciclo de

vida de las sustancias, muchas de estas preocupaciones subyacentes han generado un interés en los recursos renovables que actualmente se consideran desechos o de bajo valor, en particular los residuos agrícolas (Green Chem, 2018).

Nahlik et al. (2023), señalan que se debe preferir el uso de productos químicos elaborados a partir de fuentes renovables en lugar de otros productos químicos equivalentes, que se originan en fuentes petroquímicas.

Principio 8. Reducir el uso de derivados: “Debe evitarse el uso y generación de derivados (grupos bloqueantes, protección/desprotección, modificación temporal de las condiciones físicas/químicas) cuando sea posible”

Para Nahlik et al. (2023), este principio se puede comprender, desde la formalidad, como la necesidad de minimizar el uso de derivados temporales como los grupos protectores y evitar los derivados para reducir los pasos reactivos, los recursos necesarios y los desechos generados. A la vez, plantean que, de manera simplificada, se intenta minimizar la cantidad de productos secundarios que se fabrican.

Por otra parte, los procesos químicos que utilizan grupos protectores (derivados) consumen materias primas adicionales, aumentan potencialmente la cantidad de pasos intermedios de aislamiento o purificación en un proceso (aumentando el uso de solventes y los requisitos de energía) y, por lo general, contribuyen a la formación de desechos (Green Chem, 2018). Idealmente, la síntesis química debería llevarse a cabo sin grupos protectores siempre que sea posible.

Principio 9 Catálisis: “Los reactivos catalíticos (tan selectivos como sea posible) son mejores que los reactivos estequiométricos”

El uso de reactivos catalíticos, en lugar de los estequiométricos (que son parte de la reacción química y aparecen en ella), es un medio para lograr menores requerimientos de energía, mayor selectividad, menor desperdicio y mejor economía atómica de las reacciones químicas y, por lo tanto, la catálisis involucra otros principios de la QV (Green Chem, 2018). Como resultado, los catalizadores (en cantidades subestequiométricas) son una de las herramientas más versátiles disponibles para el desarrollo de la QV.

La utilización de catalizadores para ayudar acelerar una reacción química, reduce tanto los desechos como la energía y el tiempo necesario para que se realice la reacción; es decir, se está acelerando el proceso (Nahlik et al., 2023) sin que esto tenga altas consecuencias para el ambiente.

Principio 10. Diseño para la degradación: “Los productos químicos deben diseñarse de manera que su función no persista en el medio ambiente y puedan degradarse a productos inocuos”

Según Green Chem (2018), a lo largo de gran parte del siglo XX, se veía la rápida biodegradación de compuestos sintéticos como negativa, ya que se asociaba con "inestabilidad" y muchos usos demandaban compuestos "estables". Sin embargo, ejemplos notorios de daños ambientales causados por sustancias químicas persistentes, como pesticidas o surfactantes, han generado una mala imagen y han promovido esfuerzos para crear alternativas biodegradables. En la actualidad, la Química Verde busca lograr un equilibrio entre la estabilidad de los compuestos durante su ciclo de vida y su capacidad de biodegradarse al ingresar al entorno. Cuando un compuesto ingresa al medio ambiente, los procesos de degradación más importantes son (a) biodegradación, (b) oxidación atmosférica y (c) hidrólisis.

El diseño para la degradación implica que es necesario que los productos químicos se degraden y puedan desecharse fácilmente, sin que esto signifique un costo ambiental. Nahlik et al. (2023) plantean que básicamente, el diseño debería responder a preguntas como las siguientes: ¿puede la sustancia degradarse y disolverse en cualquier material? y ¿se descompondrá sin dejar un poco de microplástico como residuo? Idealmente, cuando se degrada una sustancia, el resultado deberían ser sustancias o compuestos que no son tóxicos, ya que muchas veces las cosas se degradan en otras que son tóxicas.

En este sentido, un compuesto que es persistente, o pseudo-persistente, tendrá más tiempo para llegar a diferentes capas del ambiente y, por lo tanto, causar efectos adversos durante su vida útil. Dado que el riesgo se define como el peligro multiplicado por la exposición, las tasas lentas de degradación ambiental significan un mayor riesgo por una mayor posibilidad de exposición (Green Chem, 2018).

Una de las misiones centrales de la QV es considerar los efectos adversos de las sustancias y moléculas en los humanos y el medio ambiente en la etapa más temprana, es decir, la etapa de diseño, que debe permear todo el ciclo de vida de las sustancias químicas.

Principio 11. Análisis en tiempo real: “Necesidad de desarrollo de metodologías analíticas que permitan analizar, monitorear y controlar previamente a la formación de sustancias peligrosas”

El Principio 11 de la QV destaca específicamente la importancia del monitoreo de la reacción para controlar los peligros químicos y la seguridad del proceso. En este sentido Serrano (2009), destaca que la meta de la Química Analítica³ para la QV, es utilizar procedimientos analíticos que generen desechos menos peligrosos y que sean benignos al medio ambiente, sin afectar la generación de los resultados esperados con rapidez, eficiencia y eficacia. Esto se puede lograr desarrollando nuevos métodos analíticos o transformando los métodos tradicionales para incorporar procedimientos que permitan lograr las metas.

La prevención de peligros asociados a procesos químicos surge a través de una caracterización cuidadosa de las reacciones químicas a escala de producción (Green Chem, 2018); mediante una mejor comprensión de los mecanismos de reacción y los intermedios, y explorando las interacciones entre las variables del proceso, es posible evitar condiciones problemáticas como la sobredosis de reactivos, el sobrecalentamiento (o sobrefriamiento), la pérdida de selectividad o descomposición de los productos deseados.

Principio 12. Síntesis química más segura: “Deben escogerse las sustancias y la forma de una sustancia utilizada en un proceso químico de manera que se minimice el potencial de accidentes químicos, incluyendo escapes, explosiones e incendios”

Según una encuesta realizada por la Mesa Redonda de Fabricantes Químicos de la American Chemical Society (ACS) (Giraud et al., 2014), el Principio 12 es uno de los principios más implementados en la industria química, junto con la prevención de desechos (discutido en el Principio 1). Esto quizás se deba a los altos costos económicos, ambientales y sociales asociados tanto a los accidentes con productos químicos como a la generación de desechos y su relevancia para poderosos impulsores sociales, como la seguridad de los trabajadores y la seguridad nacional.

³ Según la Unión de Química Pura y Aplicada (IUPAC): La química analítica es una disciplina científica que desarrolla y aplica métodos, instrumentos y estrategias para obtener información sobre la composición y naturaleza de la materia en el espacio y el tiempo, así como sobre el valor de estas mediciones, es decir, su incertidumbre, validación y / o trazabilidad según estándares fundamentales. <https://iupac.org/body/500/>

Para Nahlik et al. (2023), este principio consiste en elegir y desarrollar procedimientos químicos que sean más seguros e inherentemente minimicen el riesgo de accidentes; es decir, es necesario conocer los posibles riesgos y evaluarlos previamente.

Además, estos principios también generan estímulos políticos y económicos para promover avances científicos y tecnológicos que disminuyan la vulnerabilidad y fomenten el desarrollo de nuevas herramientas para evaluar e implementar la seguridad de los procesos químicos. En última instancia, la reducción o eliminación del riesgo inherente se alcanza mediante la aplicación integral de todos los Principios de Química Verde. Este enfoque provoca un cambio fundamental que de manera confiable reduce o elimina el riesgo de accidentes en los procesos químicos y en su ciclo de vida. De manera similar, las prácticas de prevención de accidentes adoptadas por las empresas conducirán finalmente a la innovación en relación con los productos químicos peligrosos.

En este sentido, resulta imperioso que la química aplique los principios de la QV, reconozca sus posibilidades de implementación y sus dificultades. Esto implica adoptar una visión de futuro a largo plazo, así como una apertura con respecto a su comprensión sobre la química y los entornos en los que trabaja. Para Anastas y Eghbali, (2010), el aspecto más importante de la QV es el concepto de diseño, que incluye novedad, planificación y concepción sistemática. Los doce principios de la QV son reglas de diseño para orientar a los/as profesionales de la química a alcanzar el objetivo de la sostenibilidad. La QV se caracteriza por una planificación cuidadosa de la síntesis química y el diseño molecular para reducir las consecuencias adversas.

De acuerdo con Anastas et al. (2016), la formulación de los 12 principios de la QV desempeñó un papel significativo en cómo los/as científicos/as percibieron la Química Verde. Estos principios no son normas estrictas, sino más bien directrices que actúan como una base motivadora en lugar de una restricción para concebir un proceso como verde o no. Los principios no conforman una simple "lista de verificación" en la cual, al abordar un cierto número de principios, una reacción o proceso químico automáticamente se vuelve más respetuoso con el medio ambiente. En su concepción, los principios no tienen la intención de ser soluciones definitivas a problemas, sino que funcionan como herramientas para analizar las principales oportunidades de mejora ambiental. Además, facilitan la transición de estas oportunidades en desafíos concretos para la ciencia fundamental.

2.2.3 La Química Verde y la Ciencia de la Sostenibilidad

“Si la sostenibilidad es el objetivo, la Química Verde mostrará el camino”

(Anastas et al., p.1, 2016).

La Ciencia de la Sostenibilidad es un campo definido por los problemas que aborda y no por las disciplinas que emplea. En particular, el campo busca facilitar lo que el *National Research Council* ha llamado una "transición hacia la sostenibilidad", mejorando la capacidad de la sociedad de usar los recursos de manera que, simultáneamente, satisfaga las necesidades de una población en constante crecimiento, proteja los ecosistemas que dan sustento al planeta y permitan la reducción del hambre y la pobreza (Clark, 2007).

A inicios del siglo XXI, emerge con el objetivo de enfrentar los grandes cambios que experimenta el planeta como consecuencia directa de la acción humana sobre el medio. Así, pretende impulsar la transición a sociedades sostenibles desde una nueva forma de hacer ciencia. Según Vilches y Gil-Pérez, (2015), la Ciencia de la Sostenibilidad puede contribuir significativamente a la transición a la sostenibilidad, desde planteamientos y metodologías radicalmente novedosos. En esta novedad, los autores reconocen las características de una auténtica revolución científica, ya que la Ciencia de la Sostenibilidad implica una mejora respecto al aporte que ya venían realizando disciplinas como la educación ambiental, la economía baja en carbono y la Química Verde en la propuesta de alternativas a la problemática socioambiental.

Desde sus orígenes, la Ciencia de la Sostenibilidad se ha planteado como una interdisciplina orientada a comprender la interacción entre el medio ambiente y la sociedad, en miras a preservar los sistemas naturales que ofrecen soporte a la vida en el planeta (Kates et al., 2001). Según Bettencourt y Kaur (2011), su crecimiento exponencial se ha evidenciado en el aumento de publicaciones vinculadas a la temática, la creación de revistas especializadas y realización de seminarios y conferencias internacionales. Comprender su rápido desarrollo requiere comprender además la grave situación de emergencia planetaria y la amenaza en que se encuentra el futuro de la humanidad como consecuencia de su actividad, la que sitúa al planeta cerca de su límite (Meadows et al., 1992, 2016) y que plantean que la actual forma de desarrollo y producción es insostenible (Bybee, 1991; Vilches & Gil-Pérez, 2014; Vilches & Pérez, 2015).

La Sostenibilidad como concepto es más amplio que cualquier tecnología o disciplina individual. Sin embargo, a pesar de que no todos los programas de investigación en QV lograrán

procesos más sostenibles en la producción industrial a gran escala, la QV conducirá a una innovación que combine beneficios ambientales con beneficios económicos y bienestar social. Según Anastas et al., (2016) “si la Sostenibilidad es el objetivo, la QV mostrará el camino”.

De acuerdo con Kates et al. (2001), en poco más de 2 décadas la Ciencia de la Sostenibilidad ha atraído a decenas de miles de autores de investigación, profesionales y usuarios del conocimiento y su verdadera prueba de éxito ha sido la implementación de sus estudios y alcances para enfrentar los grandes desafíos ambientales y de desarrollo de este siglo en diferentes áreas.

Por esto, Komiyama y Takeuchi (2006), destacan que la Ciencia de la Sostenibilidad se constituye como transdisciplina, ya que su conformación ha requerido de la colaboración de diferentes perspectivas y ámbitos de estudio de las sociedades humanas desarrolladas y en vías de desarrollo, entre disciplinas teóricas y científicas aplicadas, orientando su trabajo a cerrar la brecha entre la teoría, la práctica y la política (Bettencourt & Kaur, 2011).

Por otra parte, Kajikawa et al. (2014b), analizan su carácter transdisciplinar, afirmando que la Sostenibilidad tiene una naturaleza (a) multi, (b) inter y (c) transdisciplinaria (Figura 1) lo que reflejaría de manera más apropiada el hecho que estos términos pueden representar niveles progresivos de integración dentro de lo que se considerara un todo cohesivo (Kajikawa, 2008; Stock & Burton, 2011).

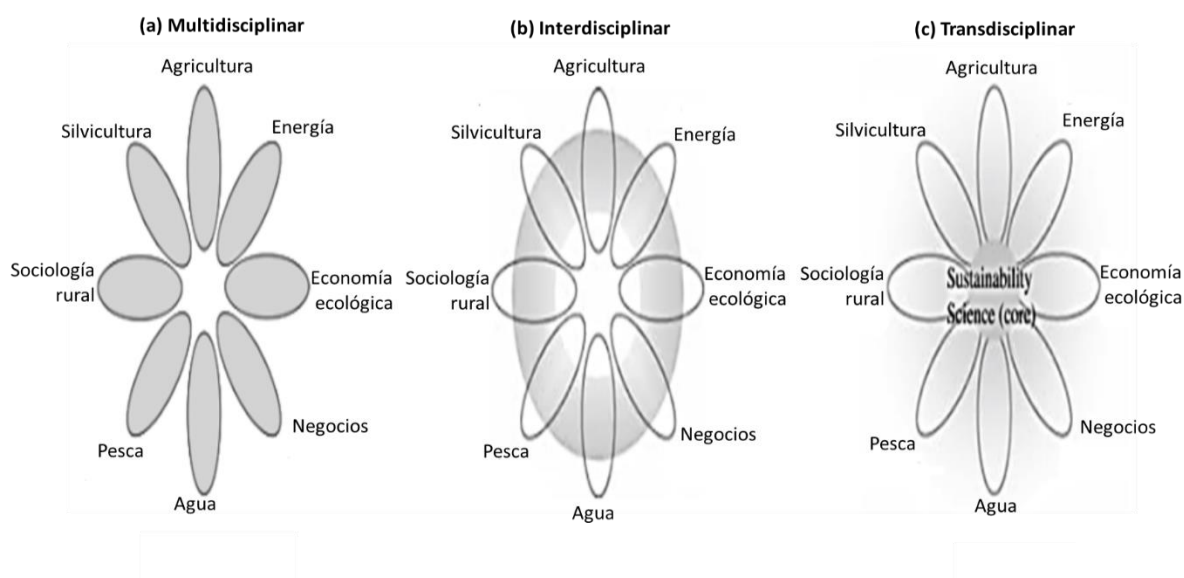


Figura 1. Relación entre la ciencia de la sostenibilidad y los campos científicos relacionados: una interpretación multidisciplinaria, interdisciplinaria y transdisciplinaria de la ciencia de la sostenibilidad (Kajikawa, 2008)

Si se considera, como propone Raven (2002), que la construcción de una sociedad sostenible debe ser tarea central de la ciencia y la tecnología, la sostenibilidad se constituye como un contrato entre la ciencia y la sociedad, asumiendo entonces que una biosfera sostenible es aquella ecológicamente racional, económicamente factible y socialmente justa (Lubchenco, 1998). Así también Kates et al. (2001), plantean el carácter fundamental de las relaciones entre la naturaleza y la sociedad, pues abarca la interacción de los procesos globales con las características ecológicas y sociales de lugares y sectores particulares.

En este sentido, la sostenibilidad muestra el camino hacia una sociedad sostenible. Para su desarrollo, es necesario que confluyan tres niveles sistémicos: global, social y humano. Estos tres niveles son cruciales para la coexistencia de los seres humanos y el medio ambiente. El problema de la sostenibilidad es cómo hacer que estos sistemas se vinculen entre sí (Komiya & Takeuchi, 2006)

De la interacción entre los sistemas globales y sociales, nace como problema representativo el calentamiento global. Esta problemática exige el desarrollo de una sociedad baja en carbono y que adopte reformas sistémicas y tecnológicas que reduzcan significativamente las emisiones de los gases que contribuyen a este calentamiento global. En el caso de la interacción de los sistemas sociales y humanos, surge el problema de los desechos, que necesita la configuración de una sociedad circulante de recursos, es decir, con una producción y consumo sostenibles (Komiya & Takeuchi, 2006)

Kajikawa et al. (2014), señalan que, debido a las apremiantes necesidades sociales y ambientales, se espera que la Ciencia de la Sostenibilidad desempeñe un importante rol en la generación de conocimientos y contribuya a la conformación de una sociedad sostenible. Esa transición a la Sostenibilidad, de acuerdo con Vilches y Gil-Pérez (2016), se convierte en la vía para armonizar Derechos Humanos fundamentales como el derecho al trabajo, el derecho a un ambiente saludable, el derecho a recibir educación en este y otros aspectos (UNESCO, 2017), derechos que no sólo no se contraponen, sino que únicamente pueden alcanzarse conjuntamente.

De acuerdo con Mahaffy et al. (2019), el término para definir la base molecular de la sostenibilidad se puede comprender como “las formas en que la base material de la sociedad y la economía subyacen a las consideraciones sobre cómo las generaciones presentes y futuras pueden vivir dentro de los límites del mundo natural”. Esta definición refleja el papel central de la química en el análisis, la síntesis y la transformación de la materia (esencial para todos los aspectos de la

sociedad) y establece la necesidad de que tanto la práctica de la química como la educación en y sobre la química aborden la sostenibilidad de la Tierra y los sistemas sociales, ámbito en el cual la QV y sus 12 principios juegan un rol fundamental para esta conexión.

2.2.4 La Química Verde y la Química Sostenible

La QV ha sido conocida como “la química sostenible” (Anastas & Zimmerman, 2018). Tal y como se describió en la relación entre QV y la Ciencias de la Sostenibilidad, sería difícil argumentar que el logro de un mundo sostenible puede prescindir de una Química Verde. Sin embargo, es igualmente cierto que al día de hoy, es necesario ampliar los alcances iniciales de la QV para lograr una civilización sostenible (Anastas & Zimmerman, 2018).

A partir de lo anterior es que recientemente se ha introducido formalmente el término Química Sostenible (Anastas & Zimmerman, 2018), que tiene su base en la QV. Blum et al., (2017) argumentan que, para complementar a la QV, la Química Sostenible es un enfoque holístico en el que se considera tanto el ciclo de vida de los productos químicos y el sistema interrelacionado de actores, instituciones y cultura; es decir, todos los participantes e interesados en el ciclo de vida de los productos químicos y que tienen roles de responsabilidad.

La instalación del término Química Sostenible no es nueva, pero se la asociaba como homóloga de la Química Verde. De acuerdo con Anastas y Zimmerman (2018), hay grupos que aceptan que la Química Verde y la Química Sostenible son lo mismo, pero hay otros que proponen definiciones sustancialmente diferentes para la Química Sostenible respecto de la Química Verde.

Para Blum et al. (2017), la descripción de la Química Sostenible se basa en lo que la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) han definido como Química Sostenible, basada en la gestión de productos químicos, así como los 12 principios de la QV, contemplando además aspectos sociales, ambientales, científicos y económicos. La siguiente Figura (Figura 2) representa lo que ha descrito Blum et al. (2017).

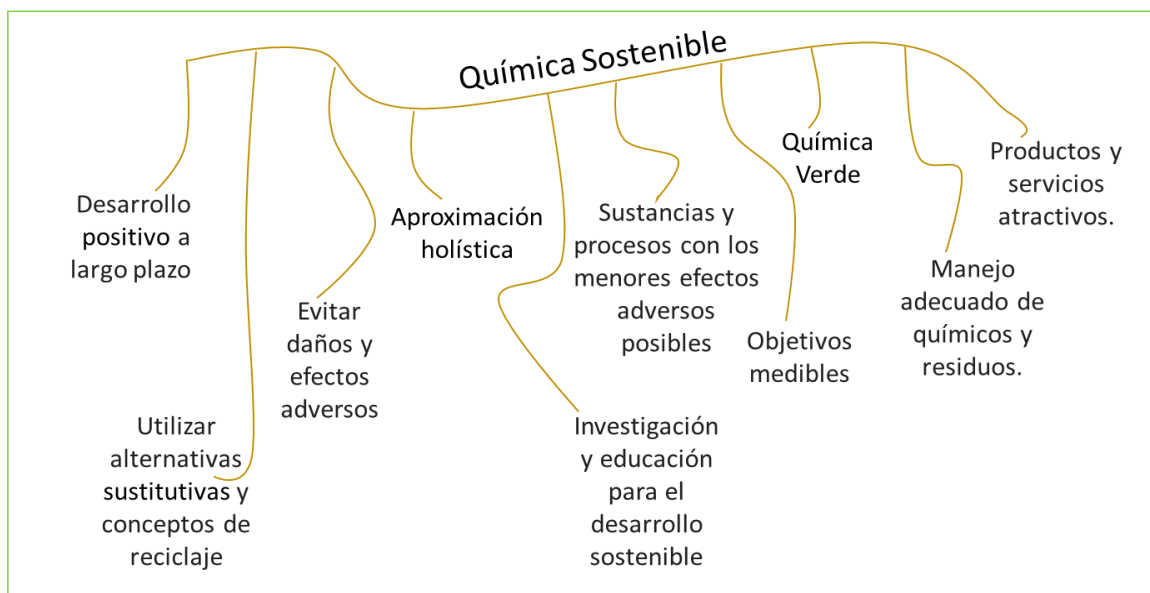


Figura 2. Descripción de la Química Sostenible, a partir de la propuesta de Blum et al., 2017.

El vínculo entre lo social (es decir, valores, regulación, actitudes, entre otras) y el ámbito de lo técnico (la infraestructura, tecnología, herramientas y proceso de producción), debería generarse como una relación abierta al cambio y a las exigencias de estas nuevas convenciones sobre la química, que genera productos o servicios sostenibles, comercialmente exitosos, beneficiosos para la sociedad y no perjudiciales para los seres humanos y el medio ambiente (Blum et al., 2017).

Horváth (2018) sostiene que la Química Sostenible debe utilizar recursos, incluyendo la energía, a una velocidad a la que puedan ser reemplazados naturalmente, al mismo tiempo que la generación de residuos no puede ser más rápida que la tasa de recuperación de estos. En este sentido, Horváth (2018) aclara que no todos los productos, reacciones o procesos pueden ser verdes. Lo anterior implica que, al momento de seleccionar un producto químico o reacción, se debe optar por aquellos que sean verdes y sostenibles al mismo tiempo.

Con respecto a los objetivos y principios rectores de la Química Sostenible que se pueden aplicar a todas las áreas químicas relevantes, se encuentran los siguientes (Blum et al., 2017):

- Diseño y uso de productos químicos benignos.
- Desarrollo y uso de soluciones alternativas para aplicaciones problemáticas.
- Promoción de la reutilización y el reciclaje.
- Conservación de los recursos naturales.
- Reducción de impactos.

- Incremento de las oportunidades de mercado.
- Aplicación de la responsabilidad social corporativa.

Finalmente, la Química Sostenible se encuentra en un proceso de construcción e instalación, luego de redefinirse como un campo diferente a la Química Verde. En este sentido, requiere la cooperación de muchas partes interesadas, así como la comunidad científica, las instituciones públicas y la industria. Al respecto Anastas y Zimmerman (2018), describen que:

“La química sostenible, una auténtica química sostenible que no sea simplemente una frase de marketing, no puede llevarse a cabo sin una química verde. Si, como algunos han sugerido, la química sostenible es simplemente utilizar la química para abordar problemas de sostenibilidad como los abordados en el cambio climático, la generación de energía, la purificación del agua, la producción de alimentos o la fabricación de medicamentos de los ODS, independientemente de adherirse a los Principios de la QV, esto permitiría un alto potencial de consecuencias trágicas no deseadas. A veces se hace referencia a esto como “hacer mal las cosas correctas”. Purificar el agua para lograr su desinfección puede ser lo correcto. Pero si lo logra con sustancias extremadamente letales como el cloro, que crea subproductos de desinfección persistentes y tóxicos, habría abordado un desafío de sostenibilidad de una manera insostenible” (p. 151)

2.2.5 La Química Verde y la Química Ambiental

Si William Draper Harkins⁴ (1873-1951) viviera hoy, probablemente orientaría su investigación a temas ligados a la Química Ambiental, pues en sus años se dedicó, por ejemplo, a medir las concentraciones de arsénico en plantas y suelos de lugares aledaños a una compañía de cobre en Estados Unidos. En los alrededores se habían reportado la muerte de ovejas y vacas, junto con casi 2500 caballos en menos de un año (Rice et al., 1997).

Sin embargo, la Química Ambiental es una ciencia muy reciente (Andrews et al., 2004), que debe su nacimiento a las presiones ejercidas desde sectores de la sociedad civil, que desembocaron en un mayor interés en el ámbito científico en relación con lo que ocurría alrededor de los procesos químicos. Esto ha provocado una multiplicidad de construcciones en torno a la química ambiental,

⁴ Químico, que realizó importantes contribuciones a la física nuclear. Fue reconocido por sus investigaciones en estructura nuclear y atómica y separación de isótopos, así como en química de superficies, por lo que recibió la medalla de oro Willard Gibbs de la ACS (Rice et al., 1997).

desde las centradas en la química, hasta aquellas que lo hacen en torno a la investigación de los fenómenos naturales y los provocados por el ser humano.

Al observar las acepciones sobre Química Ambiental, es común que se la vincule implícitamente al concepto de “contaminación” y “polución”, pero estos términos no tienen significado sin un marco de referencia (Andrews et al., 2004). En este sentido, es que la comprensión de cómo funcionan los sistemas químicos naturales es indispensable si lo que se busca es comprender, por ejemplo, el comportamiento y los impactos de los contaminantes químicos, lo que la relaciona directamente con la Química Verde desde la perspectiva de los impactos en el ambiente de las sustancias químicas.

Desde esta perspectiva, ya se vislumbra que la Química Ambiental dialoga con múltiples temáticas, pudiendo implicar tanto un estudio de las reacciones de Freón (refrigerante y propulsor de aerosoles) en la estratósfera, como un análisis de los depósitos de PCB (policlorobifenilo) en los sedimentos oceánicos (Manahan, 2000).

Por otra parte, Manhan (2000) describe que la Química Ambiental abarca la química y la bioquímica de compuestos organometálicos volátiles y solubles biosintetizados por bacterias anaeróbicas. Literalmente, se podrían dar miles de otros ejemplos de fenómenos químicos ambientales. La Química Ambiental define el amplio campo de estudio de las fuentes, reacciones, transporte, efectos y destinos de las especies químicas en el agua, el suelo, el aire y los entornos de vida y los efectos de la tecnología sobre ellos (Manahan, 2000).

De acuerdo con Van Loon y Duffy (2010) para hablar sobre Química Ambiental, es necesario utilizar la terminología de la termodinámica. El Universo se puede definir como un sistema y su entorno. Desde esta perspectiva el sistema, es la porción del Universo que se investiga directamente, mientras que el entorno contempla todo lo que está más allá del sistema.

Para ejemplificar esta perspectiva, se puede observar un proceso químico industrial como la producción del conservante de madera, Pentaclorofenol (PCP). El sistema es esencialmente lo que va en el reactor de la fábrica, monitoreado por químicos e ingenieros. Pero cuando los/as

científicos/as observan lo que ocurre fuera de la fábrica y colocan su atención en el impacto del proceso industrial en sus alrededores, analizando lo que ocurre con los subproductos -como las dioxinas-, los científicos pasan a ser parte de la Química Ambiental. En conclusión, la Química Ambiental es la química del entorno, es decir, el universo menos el sistema (Van Loon & Duffy, 2010).

Otra posible acepción sobre la Química Ambiental es la que ofrece O'Neill (2008), señalando que esta se encarga del estudio del papel de los elementos químicos en la síntesis y descomposición de materiales naturales de todo tipo, incluidos los cambios específicamente provocados por las acciones humanas, lo que se relaciona, por ejemplo, con el principio 10 "Diseño para la degradación" de la QV.

Por su parte, Badami (2008), describe que la Química Ambiental y la Química Verde, son diferentes perspectivas sobre la contaminación ambiental. Por una parte, la Química Ambiental, se dedica al estudio de los contaminantes químicos en el entorno natural, la QV propone el diseño de productos químicos y procesos que reduzcan el daño que causan en el ambiente. La autora, particulariza que la QV busca reducir la contaminación en su origen, mientras que uno de los focos de la Química Ambiental es el estudio de sustancias químicas contaminante y su efecto en la naturaleza.

En este sentido, la Química Ambiental intenta explicar, por ejemplo, fenómenos asociados a los ciclos biogeoquímicos (los principales son, del: agua, carbono, nitrógeno, fósforo y azufre), teniendo en cuenta que el ciclo químico es solo una parte del ciclo geoquímico general, donde el material se traslada de la tierra al mar, ingresando a la atmósfera y luego reincorporándose a la masa de la tierra (O'Neill, 2008).

En los fenómenos antes citados, los elementos químicos se mueven por medio de sus ciclos, con muchas variaciones en la forma química, lo que ocurre en el transcurso del proceso. En este sentido de acuerdo con O'Neill (2008), la química ambiental intenta explicar por qué se produce un cambio específico y por qué se ha seguido una vía particular: por necesidad, se superpone con la biología, la geología y la física.

Es relevante entonces, conocer los diferentes procesos químicos que ocurren en la tierra a diversas escalas y tasas, así como el impacto de los sistemas químicos naturales, que se verán afectados por el accionar humano, representado por las cuestiones que intenta prevenir la Química Verde y cómo esta influencia suele ser clara si se compara con los sistemas naturales imperturbables (Andrews et al., 2004).

A modo de síntesis y de acuerdo con Mestres, (2013), “sostenible” en el contexto de la química, responde a la obligación ética de contribuir al desarrollo y bienestar de las naciones del planeta, sin afectar a la naturaleza ni las posibilidades de vida de futuras generaciones. En consideración a la relevancia que asume esta idea para la presente investigación, la sostenibilidad se aborda en este apartado desde las Ciencias para la Sostenibilidad, la Química Sostenible y la Química Ambiental (dado su foco en el estudio de la química en y del ambiente). Desde este diálogo entre disciplinas, se favorece una mejor comprensión respecto de la emergencia de la química verde como campo de estudio. Este campo, que en los últimos años ha incrementado su producción académica (Marcelino et al., 2020), también ha crecido en cuanto a los abordajes que se pueden encontrar en la literatura. Delimitar el campo de acción de la QV a partir de la sostenibilidad es conjugar “aquellas partes, cualidades, propiedades, leyes del objeto, que en su sistematización, le permita desarrollar un proceso en que se debe alcanzar el objetivo y el investigador presupone que al trabajar sobre ese campo, porque lo conoce y lo domina, puede lograr el objetivo mencionado” (Labrada & Álvarez, p.5, 2020). Estos tres campos que dialogan con la Química Verde emergen en respuesta a las problemáticas ambientales y ofrecen en conjunto un marco de comprensión y generación de soluciones.

Finalmente, en consideración con el propósito de esta tesis, es decir, la reconstrucción educativa de la QV, delimitar su campo de acción en el marco del estudio de contenidos, publicaciones clave e incluso su desarrollo histórico (Duit, 2006), responde a lo que el mismo modelo plantea explícitamente: reconocer los significados de los contenidos para el futuro de los/as estudiantes (Duit, Gropengießer, et al., 2012).

2.3 QUÍMICA VERDE Y EDUCACIÓN

Los programas asociados a la EDS se han incorporado al currículo escolar en la mayoría de los países del mundo, gracias a los esfuerzos de diferentes asociaciones internacionales (Bonil et al., 2010;

OCDE, 2005; UNESCO, 2016, 2017). Rauch (2015), afirma que durante las últimas dos décadas la enseñanza de la química ha abordado temas acordes con el desarrollo sostenible, incluidos los efectos de la lluvia ácida, las consecuencias del agujero en la capa de ozono y las fuentes de energía y materias primas renovables. Sin embargo, no hay indicios dentro del contexto ambiental actual que demuestren que este cambio haya provocado cambios sustanciales en el comportamiento de los ciudadanos, que aún se consideran limitados (Zuin et al., 2021). Por tanto, es necesario continuar el trabajo de reestructuración del contenido de los cursos de ciencias escolares e introducir otras innovaciones y modificaciones en el campo de la educación, que promuevan un impacto significativo en la sociedad.

La Química Verde se ha transformado y crecido, incorporando otros campos científicos y planteando nuevos desafíos para su construcción epistemológica (Marques et al., 2020). En este sentido, el ámbito educativo ha realizado importantes esfuerzos para construir una base sólida para la enseñanza de la QV encaminada hacia la sostenibilidad. Se pueden encontrar evidencias de este movimiento en los siguientes números especiales que enfocan la temática: *Reimagining Chemistry Education: System Thinking, and Green and Sustainable Chemistry* (J. Chem. Educ., 2018)) y *Reuse and Recycling/UN SGDs [sic]: How can Sustainable Chemistry Contribute?* (Eilks & Zuin, 2018). Así también el libro *Worldwide trends in Green Chemistry Education* (Zuin & Mammino, 2015). La referencia directa a estas publicaciones se debe a que han centrado su atención en la Química Verde y la Educación, resaltando el desarrollo del pensamiento sistémico y el examen de experiencias a nivel global que demuestran su integración en todos los niveles de la educación.

Según Eilks y Linkwitz (2022), la integración de la QV en el currículum escolar es un paso crucial hacia el logro de la sostenibilidad en la educación química. La introducción temprana de los conceptos de la QV en la educación primaria y secundaria podría ser una estrategia pedagógica útil para conectar la educación química con la sostenibilidad, lo que conduciría a una comprensión y apreciación más profunda desde la ciudadanía sobre las cuestiones vinculadas a la sostenibilidad en el futuro (Eilks & Linkwitz, 2022; Grieger et al., 2022; Marques et al., 2020; Nahlik et al., 2023; Savec & Mlinarec, 2021; Zuin et al., 2021).

La inclusión de la QV en el plan de estudios escolar puede tener efectos significativos en el aprendizaje de contenidos, habilidades de argumentación y la motivación de los estudiantes (Eilks & Linkwitz, 2022). Según los autores, esta inclusión es esencial para permitir a los/as estudiantes tomar decisiones informadas como consumidores/as y participar activamente en debates sociales

sobre las aplicaciones de la química y su impacto en la vida y el medio ambiente. En consecuencia, implica la necesidad de seguir desarrollando competencias para la sostenibilidad y establecer una conexión más fuerte con la QV.

Otros investigadores en educación química, como Stavrou et al. (2018), afirman que es necesario identificar e incluir temas de investigación de vanguardia en el currículo escolar, como es el caso de la QV. Esta necesidad se sustenta en una variedad de argumentos, de los cuales dos resultan de suma relevancia: en primer lugar, según Kitchens et al. (2006), los conceptos asociados a la QV son importantes y pueden aplicarse en todos los niveles educativos, ofreciendo un enfoque sistemático de la Educación para la Sostenibilidad. A pesar de la fuerza de esta afirmación, hay poca evidencia sobre exactamente cuáles de estos conceptos pueden incluirse en la enseñanza y el aprendizaje de la QV a nivel escolar o cómo han afectado la selección y estructuración de los contenidos científicos que se enseñan en las escuelas.

En segundo lugar, Karpudewan et al. (2012) indican que la QV permite a los/as estudiantes establecer conexiones entre la química y otras materias, e incluso con diferentes aspectos de sus vidas (como su contexto económico, ambiental y social). A través de la QV, los/as estudiantes pueden comprender cómo se ven afectados los diferentes entornos en los que se utilizan productos químicos o donde se dispersan contaminantes y desechos. Esto necesariamente requiere la participación de materias como la biología, la geología y la física, para comprender la complejidad de las implicaciones ambientales y su relación con los problemas de justicia social, así como para desarrollar enfoques humanistas de la química (Armstrong et al., 2018). Sin embargo, una vez más, faltan investigaciones sobre la naturaleza y el alcance de las conexiones interdisciplinarias que pueden establecerse al enseñar QV en el contexto de la educación no universitaria

2.3.1 Principios de la Química Verde para la Educación Universitaria

La Química Verde ha crecido y se ha diversificado (Marques et al., 2020), dando paso a diferentes propuestas en base a los 12 principios de la QV originales. Una de ellas, son los principios de la QV para la educación universitaria (Andrade & Zuin, 2021; Saqueto, 2015).

La propuesta considera 6 principios dirigidos a las necesidades de las disciplinas experimentales y colaboran en la introducción de la QV en la educación en química (Andrade & Zuin, 2021). En este grupo de principios, 2 de ellos son innovadores (es decir, no responden a los 12

principios originales) y los 4 restantes están basados en los 12 principios de la QV (Anastas & Kirchhoff, 2002; Anastas & Warner, 1998).

Los 6 principios de la QV para la educación universitaria son los siguientes (Saqueto, 2015):

1. *Problematización/Contextualización*. Introducción de temas cotidianos socioambientales y económicos en las prácticas experimentales a través de la problematización, contextualización y enfoque CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad); es decir, a través de la creación de situaciones problemáticas para iniciar clases experimentales.
2. *Incentivo a la investigación*. Desarrollo de actitudes investigativas, autonomía y lectura crítica de la sociedad para la toma de decisiones —especialmente aquellas ambientalmente conscientes— para la producción de nuevos procesos, nuevas tecnologías y sustancias que sean verdes en su concepción.
3. *Atención a productos y procesos*. Resignificación del sentido de prevención y minimización de la generación de productos principales, co-productos y residuos, en los que se debe priorizar la no generación de residuos.
4. *Reducir la generación y uso de cualquier material peligroso*. Inserción del estudiante en el proceso de evaluación de riesgos, para que pueda minimizar el potencial de accidentes químicos, eligiendo experimentos que utilicen y generen sustancias no peligrosas, con poca o nula toxicidad para la salud humana y el medio ambiente, movilizandolos contenidos conceptuales y procedimentales para su comprensión y aprendizaje.
5. *Preferencia por el uso de reactivos de fuentes renovables, fácilmente degradables y obtenidos en el entorno de la situación docente*. Evitar el uso de reactivos de fuentes no renovables, utilizando reactivos disponibles en el medio ambiente, ya que son de fácil acceso y se acercan al contexto en el que se inserta a los estudiantes, además de producir, en su mayor parte, residuos biodegradables.
6. *Reducción del consumo de electricidad y agua*. Los experimentos químicos, siempre que sea posible, deben realizarse a temperatura y presión ambiente y tener un uso mínimo de agua, para minimizar el desperdicio y mantener el correcto funcionamiento del experimento.

Según Andrade y Zuin (2021), esta propuesta contribuye a que los/as estudiantes universitarios adquieran habilidades y competencias que vayan más allá de los conocimientos teóricos, abordando las asignaturas asociadas a la química a nivel universitario junto con el desarrollo de valores y responsabilidades vinculadas a su futuro desempeño profesional, de modo competente y

comprometido con criterios humanísticos, éticos, jurídicos y con el rigor científico esencial en la formación profesional. Esto, deja de manifiesto el crecimiento de la QV y el interés que ha generado en el marco de la enseñanza de la Química.

2.3.2 Química Verde y Educación para la sostenibilidad

Uno de los objetivos de la enseñanza-aprendizaje de la QV es promover el debate social sobre las aplicaciones de la química y la tecnología (Chen et al., 2020). Una de las maneras de que los/as estudiantes logren este objetivo es a partir del desarrollo de habilidades transferibles, es decir, la capacidad de trabajar en equipo, de crear y pensar críticamente, de comunicarse y de colaborar cuando reflexionan sobre problemas complejos y buscan soluciones a estos problemas. Según Chen et al. (2020), cuando la QV se aborda desde dicho enfoque de habilidades, se promueve en los estudiantes el establecimiento de relaciones entre los contenidos teóricos y prácticos vinculados a la química y los objetivos del desarrollo sostenible, la educación para la sostenibilidad, el pensamiento interdisciplinario, sistémico, de diseño, eco-reflexivo.

Zuin et al. (2021), plantean que los conceptos y principios de la QV pueden incorporarse a la educación en varios niveles y en diferentes entornos. A la vez, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), en el marco del “Decenio Mundial de la Educación para el Desarrollo Sostenible” (2005-2014), ha promovido el desarrollo de materiales de aprendizaje para la educación secundaria y universitaria que abordan temáticas propias de la QV, vinculándolas así con la educación para la sostenibilidad.

Por otra parte, Burmeister y Eilks (2012, 2013) ya habían planteado esta relación:

“Vista a través de la lente de la educación científica socialmente relevante, la educación química debería aumentar la capacidad de los estudiantes para evaluar negocios y productos relacionados con la química de una manera multidimensional, equilibrada y cuidadosamente reflexionada. Desde el punto de vista de la EDS, esto debería incluir perspectivas tales como de qué modo la química puede afectar el futuro, contribuir positivamente al diseño de comunidades sostenibles, ayudar en la administración adecuada de los recursos naturales, fomentar la economía sostenible y hacer frente a las desventajas de la globalización. El papel central de la química para mantener el nivel de vida actual y, al mismo tiempo, mejorar la economía hacia un futuro más sostenible, hace que la educación en química sea un ámbito destacado para fomentar la EDS”
(p.93)

Una propuesta que concreta la relación entre la educación para la sostenibilidad y la QV es lo que Burmeister y Eilks (2012) han descrito como los 4 modelos básicos a la hora de implementar cuestiones de desarrollo sostenible en la educación formal en química:

1. Modelo 1: Adopción de principios de Química Verde en la práctica del trabajo de laboratorio de educación científica
2. Modelo 2: Agregar estrategias de sostenibilidad como contenido en la educación química
3. Modelo 3: Uso de cuestiones controvertidas sobre sostenibilidad para cuestiones sociocientíficas que impulsan la educación química
4. Modelo 4: La enseñanza de la química como parte del desarrollo escolar impulsado por la EDS

Como se puede observar, el modelo 1 se refiere explícitamente la incorporación de la QV. En este sentido, los autores describen cómo los experimentos de los estudiantes pueden trasladarse de la escala macro a la micro: las sustancias peligrosas pueden reemplazarse por alternativas menos venenosas y los catalizadores pueden usarse para estimular reacciones, respondiendo con esto a una parte de los principios de la QV.

Jegstad y Sinnes (2015), basados en el trabajo propuesto por Burmeister y Eilks (2012), describen cinco categorías para un modelo de educación química y EDS. Estas categorías incluyen: (1) conocimiento del contenido químico, (2) química en contexto, (3) la naturaleza distintiva y metodológica de la química, (4) competencias de EDS y (5) EDS vivida.

La primera categoría sobre el conocimiento del contenido químico, “se refiere principalmente a la educación sobre el desarrollo sostenible y enfatiza cuestiones químicas que son relevantes para su logro. Estas cuestiones están relacionadas con los recursos hídricos, los efectos de la lluvia ácida, la capa de ozono, la recuperación de petróleo y la búsqueda de fuentes renovables de energía y materias primas” (p. 661). Al respecto, puntualizan que un tema relevante para la educación para la sostenibilidad es el análisis del ciclo de vida, que combina Química Verde, Química Sostenible e Ingeniería, con el fin de evaluar la carga ambiental de un producto, proceso o actividad.

Marcelino y Marques (2023), han estudiado 1.275 artículos publicados entre 1990 y 2022, presentes en la Web of Science (WoS), identificados como estudios sobre Química Verde y educación. En este conjunto de artículos reconocieron 12 grupos o clusters que emergen del análisis realizado y en el que destacan que el grupo con la mayor cantidad de investigaciones es el cluster

10 denominado integración de la QV en la enseñanza, con 107 publicaciones. Estas incluyen la integración de la calidad de vida en la enseñanza de la química, las revisiones sobre la literatura asociadas a la enseñanza experimental de la QV, prácticas efectivas en la enseñanza de la QV en la educación superior, la enseñanza de la QV para la sostenibilidad, experiencias de laboratorios para la enseñanza de la Química Orgánica que incluyen a la QV. Otros trabajos incluyen la integración de la QV a nivel curricular, con el propósito de desarrollar el pensamiento sistémico y habilidades que promuevan la seguridad en las prácticas de laboratorio. En la siguiente Tabla (Tabla 3), se muestran los cluster identificados.

Cluster	Tamaño	Tema central
1	46	Pensamiento sistémico
2	6	Síntesis de flujo continuo
3	22	Síntesis orgánicas verdes; síntesis orgánicas en agua
4	71	Métricas: evaluación de la eficiencia (de masa, ambiental, toxicidad); evaluación de indicadores de sostenibilidad; guía para seleccionar solventes
5	5	Aprendizaje para la evaluación de impactos
6	47	Educación para la sostenibilidad; educación ambiental; pesticidas como contenido
7	9	Nanopartículas en la Química Verde
8	2	Carbon Dots (nanopartículas de carbono como materiales) y evaluación de impactos
9	3	Particularidades de la Química Industrial
10	107	Integración de la Química Verde en la enseñanza
11	8	Biodiesel; ultrasonido; captura de CO ₂
12	5	Esterificación (en Química Orgánica); microondas

Tabla 3. Agrupamiento de los temas desarrollados sobre QV entre 1990 y 2022.

Fuente: Marcelino & Marques, (2023)

De forma complementaria y profundizando las investigaciones que se han desarrollado sobre QV y educación, Marcelino et al. (2023), han desarrollado un metanálisis que contempló el estudio de 284 artículos de la revista Journal Chemical Education (JCE), hasta el año 2019. Esta investigación encontró 2 grandes categorías que describen en qué ámbitos se han centrado las investigaciones que permiten caracterizar una didáctica específica para la QV y que complementa lo que se ha estudiado con respecto a la QV y la educación en los últimos años:

- i. Estrategias de enseñanza tradicional, entendidas como aquellas que se centran en la transmisión y exposición de contenidos por parte del docente, quien domina contenidos lógicamente estructurados y organizados y los transmite a alumnos que, en principio, no tienen conocimientos y aprenden al mismo ritmo.
- ii. Estrategias de enseñanza no tradicional, en la que los estudiantes pueden formular un problema de investigación, desarrollar sus propios procedimientos experimentales, predecir resultados y, en consecuencia, tener mayor responsabilidad y autonomía.

Además, dentro del ámbito de las estrategias de enseñanza no tradicionales, se identificaron 7 categorías para reconocer el foco de los artículos estudiados: foco en el aprendizaje, en el currículum, contenidos integrativos, en el contexto, en los entornos de aprendizaje, uso de materiales didácticos y comparación entre la QV y la química tradicional. Esta categorización se presenta como una propuesta orientada a organizar las temáticas que vinculan la QV y la educación, tanto para los artículos estudiados por Marcelino et al. (2023) como por otros/as autores en futuras investigaciones.

2.3.3 La Química Verde y el desarrollo de competencias científicas

En este ámbito se agrupan los estudios que se han realizado en relación con la adquisición y desarrollo de habilidades y competencias científicas. Según Marcelino et al. (2023), asignar mayor responsabilidad y autonomía a los/as estudiantes se considera una forma de desarrollar el pensamiento crítico e introducirlos en la práctica científica. Las relaciones entre las cuestiones ambientales y los procesos de síntesis rara vez son claras, por lo que es necesario exponer y capacitar a los/as estudiantes a través de problemas para analizar los peligros, la generación de residuos y la viabilidad industrial. A la vez, se sugiere que los/as estudiantes se involucren en proyectos de investigación que impliquen una combinación de conocimientos teóricos y habilidades de investigación científica, permitiéndoles lidiar de forma crítica con la literatura y con las decisiones relacionadas a procesos de diseño (Marcelino et al., 2023).

Dentro de este foco, se puede incluir lo que ha desarrollado el Marco Europeo de Competencias en Sostenibilidad (GreenComp) (Bianchi et al., 2022). Este marco se desarrolló en respuesta a la creciente demanda de personas por mejorar sus conocimientos, habilidades y actitudes para vivir, trabajar y actuar de manera sostenible. Se incluyen 12 competencias organizadas en 4 áreas: (a) *incorporar valores de sostenibilidad, incluidas las competencias: valorar*

la sostenibilidad; apoyar la justicia; y promoción de la naturaleza; (b) *abrazar la complejidad en la sostenibilidad, incluidas las competencias*: pensamiento sistémico; pensamiento crítico; y formulación de problemas; c) *visualizar futuros sostenibles, incluidas las competencias*: alfabetización futura; adaptabilidad; y pensamiento exploratorio; y (d) actuar para la sostenibilidad, incluidas las competencias: agencia política; acción colectiva; e iniciativa individual.

El marco GreenComp está alineado con los recientes desarrollos de la QV y la educación, que vincula particularmente el pensamiento sistémico y la QV (Aubrecht et al., 2019; Grieger et al., 2022; MacKellar et al., 2020; Miller et al., 2019). También alienta a los educadores de química a considerar las implicaciones más amplias, sistémicas y de ciclo de vida de las decisiones tomadas al implementar la QV (MacKellar et al., 2020). En este sentido, la adopción de GreenComp abriría el camino para el desarrollo de otras competencias para la QV, como el “pensamiento exploratorio” (dentro de “imaginar futuros sostenibles”), que exige adoptar una forma relacional de pensamiento, explorar y vincular diferentes disciplinas, utilizando la creatividad y experimentación con nuevas ideas o métodos.

2.3.4 La Química Verde y el plan de estudios

Con respecto al plan de estudios, Marcelino et al. (2023), señalan que se pueden encontrar investigaciones en tres ámbitos: la inserción curricular, la interdisciplinariedad y la discusión curricular.

En el ámbito de la inserción curricular Marcelino et al. (2023), señala que la incorporación de la QV es un proceso sistémico, en el que se pueden identificar ciertos hitos que permitirían la evolución o tránsito hacia un plan de estudios con características más ecológicas. Esto complejiza el contenido de la enseñanza a través de la incorporación sistémica de aspectos sociales, económicos y culturales (Aubrecht, Dori, et al., 2019).

Por otra parte, se han desarrollado investigaciones en las que se enfatiza que es necesaria la interdisciplinariedad para la incorporación de la QV en los planes de estudios (Marcelino et al., 2020; 2023; Marques et al., 2020). De acuerdo con Marcelino et al. (2023), en este grupo se pueden encontrar propuestas para desarrollar actividades de laboratorio que vinculan el reciclaje y la síntesis química y otras en las que estudiantes universitarios de áreas como la química, salud, ambiente e ingeniería, trabajan de manera conjunta para desarrollar alternativas más seguras a problemáticas ambientales.

Finalmente, se distinguen investigaciones que desarrollan la discusión curricular proponiendo repensar el currículum y los modelos didácticos (Marcelino et al., 2023). Algunos de estos estudios proponen una nueva conceptualización de la química, pues a través de la QV es posible integrar una mirada humanista de su enseñanza (Armstrong et al., 2018) y eso necesariamente requiere reflexionar en torno a los propósitos que tradicionalmente se han asociado a la enseñanza de la química. Además, se observan investigaciones en las que se propone la revisión de currículos escolares y cómo han integrado las perspectivas sostenibles, planteando la necesidad de contextualizar y reformular los objetivos de aprendizaje. Lo anterior está directamente relacionado con lo formulado por Aubrecht, Bourgeois, et al. (2019), quienes proponen que los aprendizajes de las ciencias deberían abarcar una comprensión más holística de la interconexiones entre la química y los sistemas humanos y ambientales.

2.3.5 La Química Verde y contenidos integradores

Marcelino et al. (2023), identifican el desarrollo de investigaciones que presentan enfoques educativos para la QV, por medio de contenidos conceptuales y procedimentales con un carácter integrador. Esto demuestra *“la fuerza innovadora de la QV, la importancia de su inserción en la enseñanza de la química y la necesidad de una ‘renovación’ pedagógica para su enseñanza”* (p. 2533). Estos contenidos se caracterizan por responder al enfoque de sistemas y, de acuerdo con los estudios analizados por Marcelino et al. (2023), necesarios para el desarrollo de contenidos didácticos de la QV y la comprensión de la complejidad que significan las problemáticas ambientales. Estos contenidos integradores implican: el uso de métricas para evaluar “lo verde” de los procesos químicos; el pensamiento sistémico; Energía y termodinámica; gestión de residuos y; el ciclo de vida de sustancias.

2.3.6 La Química Verde y el uso de contextos

En este ámbito se identifican las relaciones entre la QV y el uso de contextos (Marcelino et al., 2023), como ejemplos, para la aplicación de conceptos que faciliten el estudio de la QV, en los que se describen acciones y procesos de la industria y la vida cotidiana principalmente. Por otra parte, también se observa el uso de contextos empleando variadas estrategias como problematizar controversias y utilizar cuestiones y temas sociocientíficos. Esto se relaciona con enfoques pedagógicos, como el aprendizaje basado en problemas.

En este sentido, Lasker et al. (2017) plantean que las cuestiones de justicia social afectan a millones de personas en todo el mundo, pero estas complejas problemáticas rara vez se integran a

la enseñanza de la química. Tampoco se plantea de los/as estudiantes como ciudadanos/as de participación activa en el planteamiento de soluciones antes este tipo de problemas. De esta manera, Lasker et al. (2017) proponen la necesidad de una reinención de la química, como una “ciencia en beneficio de la sociedad”, coherente con la formulación de la Química Verde: “Esto también respalda la misión del compromiso de Química Verde de lograr un cambio sistémico y duradero en la educación química como uno de los resultados clave” (p. 984).

Este segundo apartado continúa con la delimitación del campo de la Química Verde, respondiendo particularmente a una de las preguntas clave que plantea el modelo de reconstrucción educativa en el marco del análisis de su relevancia para la educación científica, es decir, ¿Cuál es el significado profundo de los contenidos en cuestión y de las experiencias, los conocimientos, las habilidades y los talentos por adquirir atendiendo a los contenidos en la vida intelectual real de los estudiantes? ¿Cuál debería de ser el significado de los contenidos desde un punto de vista pedagógico? (Duit, 2006). Los diferentes diálogos planteados en este apartado muestran las posibilidades que ofrece la Química Verde en la educación y los desafíos que aún presenta, siendo uno de ellos su integración en la educación primaria y secundaria.

2.4 RECONSTRUCCIÓN EDUCATIVA DE LA QUÍMICA VERDE

2.4.1 El campo científico: legitimación de la Química Verde

El concepto de campo intelectual acuñado por Piere Bourdieu y desarrollado por el autor a partir de la década de los 60, se orienta a comprender la lógica de funcionamiento de la producción de bienes simbólicos y la relación que los agentes integrantes de un campo de producción intelectual particular entablan con la sociedad y con otros ámbitos de producción simbólica. Para el autor, estos productores de bienes simbólicos no establecen una relación directa con la sociedad a la que pertenecen -ni siquiera a través de su clase social- sino que operan a través de una estructura mediadora entre el sujeto y la sociedad, delimitando de este modo un campo específico de producción simbólica (Bourdieu, 2002).

Así también, el campo científico se caracteriza por esta relativa autonomía respecto de la producción de un tipo particular de saber o verdad científica. El campo social de la ciencia reviste una lógica de funcionamiento que establece formas específicas de relación entre “las fuerzas en pugna, monopolios, estrategias, intereses y ganancias” (Bourdieu, 1994). Aquello de “verdadero”

que hay en la verdad científica reside también en particulares condiciones sociales de producción: un estado de la estructura y del campo científico, que condiciona socialmente la aceptación o rechazo de la legitimidad de un postulado científico.

Para Bourdieu (2002), el campo científico es un espacio de conflicto y lucha por el monopolio de la autoridad científica. La asignación de esta legitimidad solo puede ser otorgada por los agentes que integran el campo científico; es decir, apelar a otro ámbito social externo al campo científico significaría la deslegitimación de una verdad científica como tal. En palabras del autor, esto significa que, dentro de un campo científico autónomo, “un productor particular no puede esperar el reconocimiento del valor de sus productos sino de los otros productores” (Bourdieu, 1994), ya que sólo los sabios comprometidos en el juego tienen los medios para evaluar sus méritos.

Sin embargo, en el contexto en que emergen los estudios sobre sostenibilidad, desarrollo sostenible y la Ciencia de la Sostenibilidad -ante las consecuencias insoslayables que ha significado el modelo de desarrollo contemporáneo sobre el medio-, las disciplinas científicas tradicionalmente herméticas y delimitadas por la naturaleza de su objeto de estudio, evidencian una tendencia a su interrelación e integración en la búsqueda de respuestas a problemáticas cada vez más complejas.

La Ciencia de la Sostenibilidad se ha posicionado en el campo científico como una alternativa que permitiría hacer posible la articulación entre desarrollo económico, bienestar social y cuidado del ambiente (Komiya & Takeuchi, 2006). Como fenómeno complejo, requiere de la interacción de especialistas provenientes de diferentes disciplinas de las ciencias naturales y sociales, así como de los aportes de agentes que, sin pertenecer a un campo particular, son capaces de generar aportes relevantes a la comprensión de un fenómeno (Olivé, 2011). Esto significa poner en tensión los límites que las disciplinas científicas desarrollaron en torno a su objeto de estudio, modificando las lógicas de producción de conocimiento hacia prácticas de tipo transdisciplinar.

La legitimidad que asume la Ciencia de la Sostenibilidad desde la perspectiva transdisciplinar (Schneider et al., 2019; Vilches & Gil-Pérez, 2014) no solo articula la producción de conocimiento en el ámbito científico y dado su carácter social, también lo hace en torno al ámbito educativo. De acuerdo con Vilches y Gil Pérez, (2012), la presencia de la sostenibilidad en los currículos no se debe a la imposición de las autoridades educativas, sino que es el resultado de la intervención de educadores sensibilizadas en esta problemática.

Dada la relación que se ha establecido entre la Ciencia de la sostenibilidad y la Química Verde y la Educación para la sostenibilidad y la QV, es que observa la necesidad de plantear la legitimidad de la QV en el campo educativo, a través de lo que esta tesis se plantea, su reconstrucción educativa.

La historia del currículum, es decir, el examen histórico sobre el proceso en que una disciplina se transforma en disciplina escolar permite comprender que las disciplinas escolares no son entidades monolíticas. Por el contrario, Goodson, (1995), afirma que el debate curricular es un ámbito de conflicto entre disciplinas por intereses intrínsecos y extrínsecos al campo disciplinar.

La educación para la sostenibilidad se ha incorporado en los currículums escolares gracias a los esfuerzos de diferentes asociaciones internacionales (UNESCO, 2016, 2017), quizás no con la premura que las problemáticas ambientales demandan y, dadas sus características intrínsecas como ámbito de estudio, incluye procesos didácticos cooperativos e interdisciplinarios que responden a los desafíos que asume la formación (escolar) para el siglo XXI (Hadinugrahaningsih et al., 2017).

Tal y como se ha desarrollado en este capítulo, que describe el marco teórico de esta tesis, la QV tiene una estrecha relación con la educación para la sostenibilidad. Dada la legitimación de la sostenibilidad en el ámbito educativo, se espera que esto también ocurra con la QV.

2.4.2 Transposición didáctica

“No se puede enseñar un objeto sin transformación: ‘Toda práctica de enseñanza de un objeto presupone, en efecto, la transformación previa de su objeto en objeto de enseñanza’”
(Verret, 1975)

La transposición didáctica es un concepto desarrollado por Michel Verret en 1975 y posteriormente adaptado y elaborado por Chevallard (1989). En su obra *"Le temps des etudes"*, Verret (1975) destaca la importancia de la transposición didáctica como un proceso mediante el cual el conocimiento académico se transforma y se adapta para ser enseñado en el contexto de la educación. Este proceso implica una serie de decisiones y ajustes que los docentes deben realizar para asegurar que el contenido sea accesible y comprensible para los estudiantes.

La idea de que el conocimiento académico es inherentemente diferente al conocimiento pedagógico, es una de las bases de la transposición didáctica (Chevallard, 1989). El conocimiento académico se desarrolla en un contexto de investigación y especialización, mientras que el

conocimiento pedagógico se enfoca en la enseñanza y el aprendizaje. Por lo tanto, es necesario realizar una transposición del conocimiento académico al contexto educativo, adaptándolo a las necesidades y capacidades de los estudiantes.

Este proceso de transposición implica tomar decisiones sobre qué aspectos del conocimiento académico deben ser enseñados, cómo deben ser presentados y qué estrategias pedagógicas son más adecuadas para facilitar el aprendizaje. Además, también implica ajustar el lenguaje y los conceptos para que sean comprensibles para los estudiantes, evitando la jerga académica y utilizando ejemplos y analogías relevantes (Chevallard, 1989).

Chevallard (1998) propuso un modelo de transposición didáctica que identifica cuatro etapas clave en este proceso. En su artículo "La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado", Chevallard expone que la primera etapa es la "transposición institucional", donde el conocimiento experto es seleccionado y organizado para su inclusión en el currículo educativo. Luego viene la "transposición de selección", en la que se decide qué partes del conocimiento experto son relevantes y apropiadas para la enseñanza.

La tercera etapa, la "transposición de legitimación", se refiere a la adaptación del conocimiento para que sea coherente con la lógica y la estructura de la disciplina escolar. Finalmente, la "transposición de elaboración didáctica" implica la transformación del contenido para que sea comprensible y accesible para los estudiantes, a menudo a través de ejemplos concretos y actividades prácticas.

Por otro lado, Verret (1975) planteó la idea de los "niveles de transposición" en su obra *"La culture des élèves"*, argumentando que el conocimiento pasa por tres niveles diferentes al ser transmitido en el proceso educativo. El nivel epistemológico se refiere al conocimiento en su forma experta y abstracta. El nivel didáctico es la versión adaptada para la enseñanza, que busca facilitar la comprensión de los estudiantes. Por último, el nivel ideológico incorpora creencias, valores y contextos socioculturales en la presentación del conocimiento.

La perspectiva de Verret (1975) subraya que la transposición no es simplemente un proceso cognitivo, sino que también está influido por factores culturales y sociales. Esta interacción entre la teoría pedagógica y el contexto más amplio se alinea con la importancia de la educación ambiental, la sostenibilidad y la química verde, donde la transposición efectiva del conocimiento científico requiere considerar las dimensiones sociales y éticas.

Tanto Chevallard como Verret han aportado ideas valiosas sobre la transposición didáctica, destacando la necesidad de adaptar y transformar el conocimiento experto en contenido educativo relevante y comprensible para los estudiantes. Estas perspectivas son fundamentales para abordar la educación en campos como la sostenibilidad y la química verde, donde la transposición efectiva contribuye a la formación de ciudadanos conscientes y comprometidos con la preservación del medio ambiente.

2.4.3 Modelo de reconstrucción educativa

La selección de disciplinas y contenidos para ser enseñados en la escuela es un proceso complejo con diferentes enfoques para su implementación (Chevallard, 1989; Reinders Duit, Gropengieser, et al., 2012; Verret, 1975). El Modelo de Reconstrucción Educativa (MER) (Duit et al., 2012) (Ver figura 3) constituye un marco teórico con potencial para estudiar la pertinencia de enseñar la Química Verde en la escuela atendiendo a los debates internacionales sobre la naturaleza interdisciplinar de la Química Verde y su papel en la reestructuración de los contenidos científicos escolares (Mahaffy et al., 2018).

Bajo el fuerte convencimiento que para que un campo como la Química Verde llegue a la escuela, se necesitan realizar muchas acciones antes de su tránsito a la educación formal. Es fundamental comenzar con un proceso analítico de transposición del conocimiento humano, como el conocimiento específico del dominio, al conocimiento para la escolarización, que contribuye a la alfabetización científica de los estudiantes (Duit et al., 2012) y que responde a si vale la pena y es posible enseñar conceptos, principios y visiones particulares de la Ciencia (Stavrou et al., 2018), en este caso de la QV a nivel escolar.

El MER es un marco que se utiliza para diseñar prácticas de enseñanza de las ciencias y mejorar la experiencia global de enseñanza y aprendizaje. Según Duit, Gropengießer, et al. (2012), el MER consta de tres componentes que pueden aplicarse en la práctica docente diaria. Estos pasos están diseñados para garantizar un enfoque sistemático y eficaz de la enseñanza de las ciencias.

De acuerdo con Stavrou et al (2018), el MRE se ha desarrollado como un marco teórico-metodológico que investiga la pertinencia de enseñar conceptos científicos particulares, a partir de tres componentes interrelacionados (Reinders Duit et al., 1997; Reinders Duit, Gropengießer, et al., 2012): (1) Clarificación y análisis del contenido científico; (2) La investigación de las perspectivas de

los estudiantes y docentes con respecto a la materia seleccionada; y (3) Diseño y evaluación de entornos de aprendizaje (Figura 3).

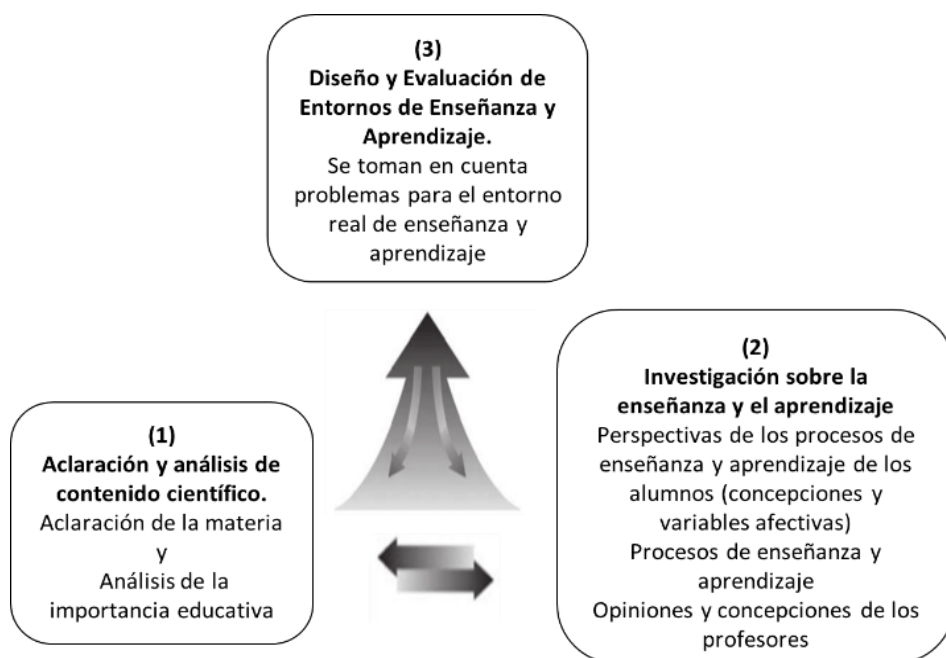


Figura 3. Esquema que resume el modelo de reconstrucción educativa (Duit et al., 2012).

Componente del Modelo de Reconstrucción Educativa (MER)

- 1) La clarificación y análisis del contenido científico contempla la investigación hermenéutica-analítica sobre la aclaración de la materia y el análisis de la importancia educativa de un contenido particular. Se considera el primer componente del MER y consiste en configurar una estructura del contenido desde una perspectiva educativa, haciendo transitar las concepciones científicas específicas hacia la enseñanza de estas. Este proceso de tránsito del contenido científico ha sido realizado a partir de diversas estrategias de reconstrucción. Duit et al. (1997), plantean que se puede realizar un monitoreo continuo sobre la literatura del tema que se está reconstruyendo y Duit et al. (2012) proponen la realización de un análisis crítico de contenido cualitativo de libros de textos y publicaciones clave sobre el tema que se examina.
- 2) La investigación de las perspectivas de los estudiantes y docentes con respecto a la materia seleccionada constituye el segundo componente del MRE y tiene la finalidad de incorporar las

concepciones preinstructivas, variables afectivas, intereses, autoconceptos, actitudes y habilidades de los estudiantes y los docentes. Según (Kattmann et al., 1996) se trata de investigaciones empíricas sobre la comprensión de estudiantes y docentes respecto de las ideas básicas sobre la materia seleccionada y que resultan del análisis del primer componente del modelo. Esta fase es importante a la hora de proyectar el diseño y evaluación de entornos de aprendizaje, pues permite situar los objetivos del material didáctico de dicha materia.

- 3) El diseño y evaluación de entornos de aprendizaje que incorporen la temática estudiada y sean adecuados para la práctica escolar, pues toman en cuenta las perspectivas de estudiantes, profesores e investigadores. Según Duit et al (2012) este aspecto se encuentra en el centro de este componente, pues las actividades de diseño responden por una parte a los hallazgos de la investigación sobre las perspectivas los estudiantes y por otra parte a la aclaración de la materia.

De acuerdo con Duit (2006), el MER está conformado por 3 componentes que fueron revisados en este apartado, que posibilitan la identificación de cuatro ámbitos en la investigación en enseñanza de las ciencias. Estos ámbitos incluyen los tres componentes del MER (análisis de la estructura de los contenidos, la investigación sobre enseñanza y aprendizaje y, el desarrollo y evaluación de la enseñanza) y a los que se suma un cuarto ámbito referido a la investigación de cuestiones curriculares y políticas para la enseñanza de la ciencias.

En el cuarto ámbito, Duit (2006) describe que es necesario añadir otros elementos en la reconstrucción educativa, como las características del sistema educativo en las que se inserta la enseñanza de las ciencias. En este ámbito, la investigación se relaciona con las decisiones sobre el currículum, los objetivos y contenidos de enseñanza de las ciencias, con la puesta en práctica y la evaluación y difusión de las innovaciones que se introducen en el sistema educativo. Se espera que la presente tesis pueda contribuir en esta dirección en relación con la Química Verde y su reconstrucción educativa a nivel escolar, comenzando con la revisión de las aportaciones sobre la QV que se han revisado en este marco teórico y la propuesta de investigación que se desarrollará a lo largo de este escrito.

Finalmente, la propuesta de reconstrucción educativa para la Química Verde espera aportar hasta dónde es posible y vale la pena enseñar dominios de este campo científico (Duit, 2006; Stavrou et al., 2018) en la educación escolar, sobre la base de encontrar un equilibrio entre las cuestiones referidas a los contenidos de la QV y sus 12 principios y los desafíos y oportunidades educativos que esta ofrece.



La reutilización de bolsas para la fabricación de productos es una medida que, en el corto plazo, podría generar un impacto significativo.

El siguiente paso en el proceso de “reconstrucción” del material, es hacer varias capas de bolsas (entre 6 y 8 capas), es decir una sobre otra y sobre ellas, lo que se observa son retazos de otras bolsas formarán parte del diseño del material.

CAPÍTULO 3

CLARIFICACIÓN DEL CONTENIDO CIENTÍFICO DE LA QUÍMICA VERDE PARA SU RECONSTRUCCIÓN EDUCATIVA EN LA ENSEÑANZA ESCOLAR A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DEL CURRÍCULUM CHILENO DE CIENCIAS

Índice de contenidos del Capítulo 3

3. ESTUDIO DE LA CLARIFICACIÓN DEL CONTENIDO CIENTÍFICO DE LA QUÍMICA VERDE PARA SU RECONSTRUCCIÓN EDUCATIVA EN LA ENSEÑANZA ESCOLAR A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DEL CURRÍCULUM CHILENO DE CIENCIAS	94
3.1 INTRODUCCIÓN	94
3.1.1 Objetivos del estudio.....	95
3.2. METODOLOGÍA.....	96
3.2.1 Obtención de los datos	96
A. Contexto del estudio: El currículum chileno de ciencias de educación primaria y educación secundaria.....	96
B. Selección de las Unidades de Análisis	99
3.2.2 Proceso de análisis del currículum chileno de ciencias.....	101
3.2.3 Criterios de credibilidad	108
3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	110
3.3.1 ¿Cuáles son los Objetivos de Aprendizaje del currículum chileno de ciencias vinculados con los principios de la Química Verde?	110
3.3.2 ¿Qué asignaturas científicas escolares se vinculan con la Química Verde?	114
3.3.3 ¿Qué contenidos de las asignaturas científicas escolares se vinculan con la Química Verde ?	116
A. Química escolar.....	116
B. Biología escolar	118
C. Física Escolar	119
D. Geología escolar.....	119
3.3.4 ¿Qué contenidos transversales escolares de ciencias se vinculan con la Química Verde?	121
3.3.5 ¿Cuáles son los principios de la QV con más vinculaciones curriculares?	122
3.4 CONCLUSIONES	128
3.4.1 Objetivos de Aprendizaje del currículum chileno vinculados con la Química Verde.....	128
3.4.2 Asignaturas científicas escolares vinculadas con la Química Verde	129

3.4.3 Contenidos de las asignaturas científicas escolares vinculadas con la Química Verde	130
3.4.4 Contenidos transversales escolares de ciencias vinculados con la Química Verde .	130
3.4.5 Principios de la Química Verde que reciben mayores y menos vinculaciones	131

Índice de las Tablas del Capítulo 3

Tabla 1. Descripción del currículum chileno de ciencias de educación primaria y educación secundaria.	98
Tabla 2. Objetivos de Aprendizaje relacionados con las asignaturas de ciencias que componen el currículum chileno.(Mineduc 2015, 2018, 2019)	100
Tabla 3. Libro de códigos para el análisis literal e inferencial de la presencia de la QV en los OA del currículum chileno de ciencias	104
Tabla 4. Libro de códigos para el análisis deductivo-inductivo de los OA del currículum chileno de ciencias vinculados con la QV.....	107
Tabla 5. Ejemplo de los resultados del 1° y 2° análisis realizado al currículum chileno de ciencias.....	111
Tabla 6. Resumen de las vinculaciones de los OA con los principios de la QV a partir del 1° y 2° análisis realizado al currículum chileno de ciencias.....	111
Tabla 7. Ejemplo de las múltiples vinculaciones de los OA del currículum chileno de ciencias con los principios de la QV.	112
Tabla 8. Desglose de los OA vinculados a la QV por nivel de educación y eje del currículum chileno de ciencias.	113
Tabla 9. Ejemplo de los resultados de las vinculaciones encontradas entre las asignaturas y los principios de la QV	115
Tabla 10. Cantidad y Porcentaje de vinculaciones de la QV con las asignaturas científicas escolares a partir de los OA asociados a la QV.	115
Tabla 11.Contenidos de la Química escolar vinculados a la QV a partir del análisis del currículum chileno de ciencias.	117
Tabla 12. Contenidos de la Biología escolar vinculados a la QV a partir del análisis del currículum chileno de ciencias.	118
Tabla 13. Contenidos de la Física escolar vinculados a la QV a partir del análisis del currículum chileno de ciencias.	119

Tabla 14. Contenidos de la Geología escolar vinculados a la QV a partir del análisis del currículum chileno de ciencias.	120
Tabla 15. Contenidos transversales escolares vinculados a la QV a partir del análisis del currículum chileno de ciencias.	121
Tabla 16. Ejemplos de resultados asociados a la vinculación de los principios de la QV con los contenidos curriculares	123
Tabla 17. Número de vinculaciones entre los contenidos curriculares y los principios de la QV.	124
Tabla 18. Vinculaciones totales identificadas en el currículum chileno de ciencias por principio de la QV.	127

Índice de las Figuras del Capítulo 3

Figura 1. Esquema que resume los análisis realizados al currículum chileno de ciencias.	101
Figura 2. Esquema que describe los procesos de análisis del currículum chileno de ciencias y los propósitos de cada uno ellos.	108
Figura 3. Contenidos de ciencias del currículum chileno de educación primaria y educación secundaria que muestran una mayor vinculación con la QV.	121

Índice de las Gráficas del Capítulo 3

Gráfica 1. Principios de la QV ordenados de acuerdo a las vinculaciones encontradas a partir del análisis del currículo chileno de ciencias.	127

3. ESTUDIO DE LA CLARIFICACIÓN DEL CONTENIDO CIENTÍFICO DE LA QUÍMICA VERDE PARA SU RECONSTRUCCIÓN EDUCATIVA EN LA ENSEÑANZA ESCOLAR A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DEL CURRÍCULUM CHILENO DE CIENCIAS

3.1 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo se propone analizar el contenido científico específico de la Química Verde (QV), en el marco del modelo de reconstrucción educativa (MER), con la intención de plantear una propuesta de contenidos escolares para la QV. De acuerdo con este propósito, se ha optado por un enfoque de corte cualitativo, a partir de un paradigma interpretativo (Cohen et al., 2007, 2018), con la intención de poner al servicio de la interpretación el currículum chileno y la literatura sobre QV y educación en la enseñanza escolar.

Esta tesis propone el uso del modelo de reconstrucción educativa [MER] (Duit, 2007; Duit et al., 2012; Kattmann et al., 1996) para la QV, a partir de un uso ex post facto. En este sentido Duit et al., (2012), plantean que la clarificación y análisis del contenido científico se considera el primer componente del MER y, contempla la investigación analítica sobre la aclaración de la materia y el análisis de la importancia educativa de un contenido particular, en este caso de la QV. Para desarrollarlo, Duit et al. (1997), plantean que se puede realizar un monitoreo continuo sobre la literatura del tema que se está reconstruyendo, mientras que Duit et al. (2012) proponen la realización de un análisis crítico de contenido cualitativo de libros de textos y publicaciones clave sobre el tema que se examina.

El estudio del primer componente del MER, es decir, la clarificación y análisis del contenido científico no tiene como propósito la representatividad numérica ni estadística, sino que se espera la comprensión del sentido que emerge de los textos estudiados (Díaz Herrera, 2018), desde una perspectiva exploratoria (Cohen et al., 2017). De acuerdo con Ruiz (2009), la inferencia es un elemento central a la hora de analizar el contenido de un texto. A diferencia del análisis documental, que se limita estrictamente al contenido del texto, el análisis de contenido se propone realizar inferencias sobre el contexto de los textos analizados que forman parte de este apartado de la tesis.

3.1.1 Objetivos del estudio

Este capítulo aborda un objetivo general y dos objetivos específicos. El diseño metodológico, los resultados, discusión y conclusiones de este apartado de la tesis, se presentan en la misma sección de este capítulo. El objetivo general de este capítulo es:

Analizar el contenido científico específico de la Química Verde, para su reconstrucción educativa en la enseñanza escolar.

A su vez, el objetivo principal se divide en dos objetivos específicos:

Objetivo: Analizar los Objetivos de Aprendizaje del currículum chileno de Ciencia de enseñanza primaria y secundaria, en relación con las posibilidades que presentan para la integración de la Química Verde, que se concreta a través de la siguiente pregunta de investigación:

- ¿Cuáles son los Objetivos de Aprendizaje del currículum chileno de Ciencias vinculados con los principios de la Química Verde?

Objetivo: Analizar los Objetivos de Aprendizaje vinculados con la QV, en relación con los contenidos curriculares que favorecen la integración de los principios de la QV, que se concreta a través de las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Qué asignaturas científicas escolares se vinculan con la Química Verde?
- ¿Qué contenidos de las asignaturas científicas escolares se vinculan con la Química Verde?
- ¿Qué contenidos transversales escolares de ciencias se vinculan con la Química Verde?
- ¿Cuáles son los principios de la QV con más vinculaciones curriculares?

3.2. METODOLOGÍA

El análisis del currículum chileno se desarrolló a través del enfoque de análisis de contenido (ACC) (Krippendorff, 2019; Krippendorff & Bock, 2009), que de acuerdo con Krippendorff (2019), “es un método exploratorio y de intención predictiva o inferencial” (p. 1). Por su parte, Domínguez-Gómez (2022) agrega que, “desde un punto de vista cualitativo, ofrece la posibilidad de comprensión profunda de los discursos que articulan la comunicación, su estructura, su carga simbólica o de significados en general; se presta a la categorización, clasificación y codificación del contenido” (p. 3). Este argumento justifica la elección de este tipo de análisis para el primer objetivo de la tesis.

3.2.1 Obtención de los datos

A. Contexto del estudio: El currículum chileno de ciencias de educación primaria y educación secundaria

La educación escolar en Chile tiene un carácter obligatorio¹, tanto para la educación primaria [EP], que contempla 6 años de escolaridad (1° a 6° EP), como para la educación secundaria [ES] que implica otros 6 años de educación escolar (7° a 8° año de EP y 1° a 4° ES). El currículum implementado en estos niveles ha experimentado una serie de reformas y ajustes desde los años 1990, tras el retorno a la democracia en Chile (Berríos-Villaruel et al., 2021), que se han recogido en los actuales documentos curriculares. De acuerdo con Osandón et al. (2018), después de un largo proceso de evaluación y búsqueda de una optimización de los currículos diseñados en la segunda mitad de la década de 1990, en el año 2009 se logró aprobar lo que se denominó “Ajuste curricular” de los currículos de educación primaria y secundaria. Este ajuste tuvo como centro la inclusión de habilidades cognitivas particulares para cada asignatura y actitudes transversales a un currículum que, hasta ese momento, era un listado de contenidos conceptuales, tanto para educación primaria como secundaria.

A partir del año 2012 se comienza a construir el actual currículum escolar, pues se aprueban las Bases Curriculares de educación primaria. Con ellas aparecen por primera vez en el currículum escolar los Objetivos de Aprendizaje (OA) en cada asignatura del currículum. Los OA traen consigo una comprensión de logros implícita (Osandón et al., 2018) y constituyen, en su formulación, una conjunción de contenidos procedimentales, conceptuales y actitudinales,

¹ Artículo único.- Sustituyese el inciso quinto del numeral 10º del artículo 19 de la Constitución Política de la República de Chile, por el siguiente: "La educación básica y la educación media son obligatorias, debiendo el Estado financiar un sistema gratuito con tal objeto, destinado a asegurar el acceso a ellas de toda la población. En el caso de la educación media este sistema, en conformidad a la ley, se extenderá hasta cumplir los 21 años de edad."

entregándole al currículum chileno características competenciales. Posteriormente, en el año 2015, se aprueban las Bases Curriculares para el primer ciclo de educación secundaria (7° a 10° año escolar, que en la nomenclatura del currículum chileno se denominan 7° y 8° básico; 1° y 2° medio²). Al igual que las Bases Curriculares de educación primaria, estas presentan Objetivos de Aprendizaje (OA), para todas las asignaturas del currículum. A finales del año 2019 termina este ciclo de reformas con la aprobación de las Bases Curriculares para el segundo ciclo de educación secundaria (tercero y cuarto año de educación secundaria³, 11° y 12° año de escolaridad). De manera general entonces, el currículum chileno actual, es de naturaleza competencial y en él se declaran transversal y longitudinalmente contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, en forma de OA. El Ministerio de Educación de Chile [Mineduc] (Mineduc, 2015), define los OA como los aprendizajes terminales esperables para una asignatura determinada en cada año escolar.

“La redacción en Objetivos de Aprendizaje permite al currículum nacional actualizarse también en su forma, emulando la formulación en learning outcomes o standards de los currículums de países exitosos. Las Bases Curriculares propuestas mantienen gran parte de los contenidos establecidos en el currículum vigente, pero varía significativamente la forma de formularlos y presentarlos” (Mineduc, 2011, p. 17)

Particularmente, el currículum chileno de ciencias se desarrolla actualmente a través de las asignaturas de Ciencias Naturales y Ciencias para la Ciudadanía. En la Tabla 1 se describen las asignaturas, sus finalidades generales y la organización del currículum de ciencias de educación primaria y educación secundaria que son relevantes para esta tesis.

Ciclos del currículum de ciencias chileno	Asignatura	Finalidades del currículum de ciencias	Organización curricular
Educación Primaria 1° a 6° años (Mineduc, 2018)	Ciencias Naturales	<i>“Las Ciencias Naturales agrupan aquellas disciplinas que tienen por objeto el estudio de la naturaleza, como la Biología, la Química, la Física, la Botánica, la Geología y la Astronomía. En su conjunto, estas disciplinas abordan una amplia variedad de fenómenos naturales: los seres vivos, sus características y sus distintas</i>	- Habilidades y etapas de la investigación científica. 3 Ejes temáticos: Ciencias de la vida; Ciencias Físicas y Químicas y; Ciencias

² Homologando la nomenclatura de los niveles educativos chilenos al sistema español, este primer ciclo de educación secundaria corresponde a la Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO), que incluye estos 4 años.

³ Homologando la nomenclatura de los niveles educativos chilenos al sistema español, el segundo ciclo de educación secundaria corresponde a los niveles de Bachillerato.

		<i>formas de interactuar con el ambiente; la materia, la energía y sus transformaciones; el sistema solar, sus componentes y movimientos; y la Tierra y sus diversas dinámicas. El aprendizaje de estos fenómenos permite, por un lado, desarrollar una visión integral y holística de la naturaleza, y por otro, comprender los constantes procesos de transformación del medio natural.” (p. 70).</i>	de la Tierra y el Universo. • Actitudes.
Educación Secundaria 7° a 8° EP y 1° a 2° ES (Mineduc, 2015)	Ciencias Naturales	<i>“La educación en ciencias es una necesidad imperativa en un mundo globalizado en que la tecnología y las innovaciones han ido adquiriendo una importancia cada vez mayor. Su objetivo principal es que cada persona adquiera y desarrolle competencias que le permitan comprender el mundo natural y tecnológico para poder participar, de manera informada, en las decisiones y acciones que afectan su propio bienestar y el de la sociedad. La asignatura de Ciencias Naturales ofrece a los alumnos y las alumnas un camino orientado en esa dirección, pues incorpora saberes y formas de comprender la naturaleza que son propios de la Biología, la Física y la Química, las cuales estudian la relación de interdependencia y cambio permanente entre la materia y la vida presente en el entorno. También pone énfasis en que comprendan las leyes y teorías que mejor explican los fenómenos naturales.” (p.128).</i>	• Habilidades y procesos de la investigación científica. • 3 Ejes temáticos: Biología; Física y; Química. • Actitudes.
Educación Secundaria 3° y 4° años (Mineduc, 2019)	Ciencias para la Ciudadanía	<i>“Busca promover una comprensión integrada de fenómenos complejos y problemas que ocurren en nuestro quehacer cotidiano, para formar a un ciudadano alfabetizado científicamente, con capacidad de pensar de manera crítica, participar y tomar decisiones de manera informada basándose en el uso de evidencia. La asignatura promueve la integración entre la Biología, la Física y la Química, entre otras especialidades científicas, y la integración de las ciencias con otras áreas del saber, como la matemática, mediante la aplicación, por ejemplo, de modelos y herramientas estadísticas.” (P. 42)</i>	• Habilidades y prácticas científicas. • Módulos temáticos: Bienestar y salud; Seguridad, prevención y autocuidado; Ambiente y sostenibilidad y; Tecnología y sociedad. • Actitudes.

Tabla 1. Descripción del currículum chileno de ciencias de educación primaria y educación secundaria.

La colección de datos se llevó a cabo a partir de la revisión del currículum chileno de ciencias de educación primaria y educación secundaria, (Mineduc, 2015, 2018, 2019) en el marco

de las posibilidades que ofrece para la implementación de la QV y su aporte a la fase de clarificación y análisis del contenido científico de la reconstrucción educativa de la QV.

B. Selección de las Unidades de Análisis

De acuerdo con la descripción del currículum chileno de ciencias para educación primaria y educación secundaria, se seleccionaron los documentos curriculares oficiales que ofrece el Ministerio de Educación de Chile [Mineduc] (www.mineduc.cl), para la educación primaria y secundaria. Se analizaron todos los OA referidos a las asignaturas de Ciencias Naturales y de Ciencias para la Ciudadanía que equivalen a un total de 265 OA de educación primaria (P) y secundaria (S), representando las unidades de análisis para este estudio. Dentro del total de OA analizados para estas asignaturas, 124 de ellos corresponde a educación primaria (P) y 141 a educación secundaria (S). En coherencia con la organización curricular declaradas en los diferentes documentos analizados, se asignaron las siguientes abreviaciones a los ejes temáticos de las asignaturas:

- Ciencias Naturales Primaria: Ciencias de la vida (Biología) (CV); Ciencias Físicas y Químicas (Física y Química) (CFQ); Ciencias de la Tierra y el Universo (Geología) (CTU); Transversales de Ciencias Naturales de primaria (TrP)
- Ciencias Naturales Secundaria (primer ciclo): Biología (B); Física (F); Química (Q); Transversales de Ciencias Naturales del primer ciclo de educación secundaria (TrS1)
- Ciencias para la ciudadanía Secundaria (segundo ciclo): Bienestar y Salud (BS); Seguridad, Prevención y Autocuidado (SPA); Ambiente y Sostenibilidad (AS); Tecnología y Sociedad (TS) y; Transversales de Ciencias para Ciudadanía del segundo ciclo de educación secundaria (TrS2).

Todos los OA se identificaron con un código constituido por los siguientes elementos: (a) el número correlativo que aparecen en el documento curricular; (b) el ciclo de educación: Primaria (EP) o Secundaria (ES); (c) el nivel educativo: 1° a 6° en EP y 7°, 8°, 1°, 2°, 3° y 4° en ES y; (d) el Eje Temático. Por ejemplo, al OA 3: *Analizar los efectos de la actividad humana sobre las redes alimentarias*, se le asignó el siguiente código OA3 (EP.6.CV), que implica que es el “tercer OA del sexto año de educación Primaria para el eje Ciencias de la Vida que corresponde a Biología”.

En la Tabla 2 se presenta un cuadro resumen de la cantidad de OA que componen el currículum chileno de ciencias y que fueron susceptibles al análisis de este capítulo. En las columnas se observan los niveles de educación desde el primer año de educación primaria (1P) hasta el último nivel de educación secundaria (3S y 4S), en tanto que, en las filas, se observan

los ejes que componen las asignaturas de ciencias (Por ejemplo, “CV” Ciencias de la Vida; “AS” Ambiente y Sostenibilidad). En la parte final tanto de las columnas como las filas se presenta la cuantificación de los OA. Esto permite observar la cantidad de OA por ciclo, nivel y por eje curricular, que en total suman 265 unidades de análisis.

Ejes	1 P	2 P	3 P	4 P	5 P	6 P	7 P	8 P	1 S	2 S	3S/4S	Total
CV	7	8	7	8	7	7	----	----	----	----		44
CFQ	3	3	3	6	4	8	----	----	----	----		27
CTU	2	3	3	3	3	3	----	----	----	----		17
TrP	4	5	6	6	8	7	----	----	----	----		36
B	----	----	----	----	----	----	6	7	8	8		29
F	----	----	----	----	----	----	6	4	8	6		24
Q	----	----	----	----	----	----	3	4	4	4		15
TrS1	----	----	----	----	----	----	13	13	13	13		52
BS	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	3	3
SPA	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	3	3
AS	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	3	3
TS	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	3	3
TrS2	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	9	9
Total nivel	16	19	19	23	22	25	28	28	33	31	21	265
Total Ciclos	124						120				21	

Tabla 2. Objetivos de Aprendizaje relacionados con las asignaturas de ciencias que componen el currículum chileno.(Mineduc 2015, 2018, 2019)

3.2.2 Proceso de análisis del currículum chileno de ciencias

El análisis del currículum chileno de ciencias de educación primaria y secundaria se realizó a través de un proceso constituido por 3 análisis (Figura 1).

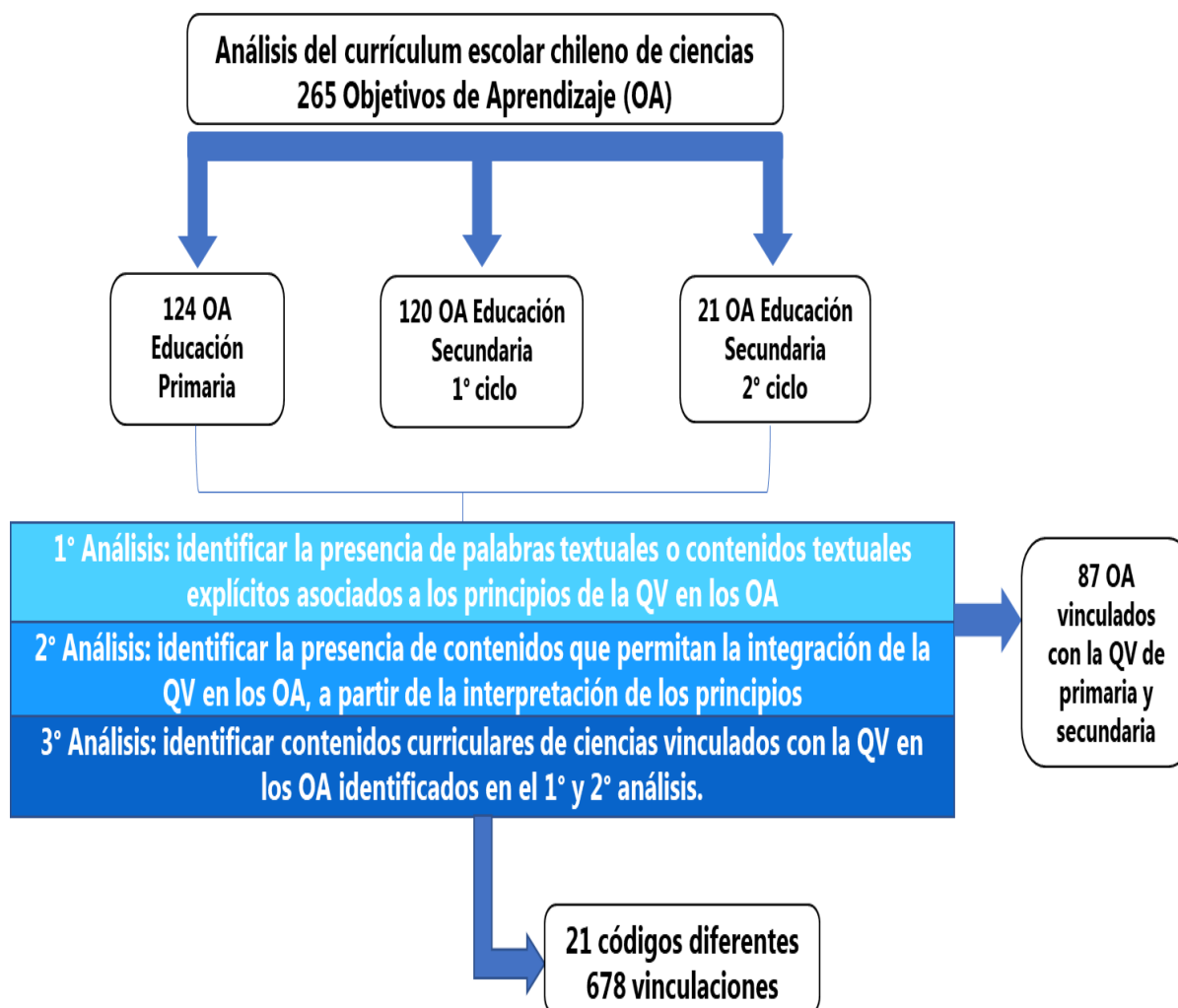


Figura 1. Esquema que resume los análisis realizados al currículum chileno de ciencias.

1º Análisis: Identificación de la presencia literal de los principios de la QV en los OA de ciencias

Para poder responder a la pregunta 1, se construyó un libro de códigos (MacQueen et al., 1998; Roberts et al., 2019) (Tabla 3), que permitió identificar en los OA del currículum chileno de ciencias los contenidos textuales explícitos asociados a la QV, con el fin de discriminar aquellos OA vinculados a la QV y reconocer qué principios tienen mayor relación con los OA curriculares. Esta codificación se construyó extrayendo desde los títulos de los principios de la QV palabras literales como: prevención, economía atómica, diseño para la degradación entre otras (Tabla 3).

2° Análisis: : Identificación de la presencia inferencial de los principios de la QV en los OA de ciencias

El segundo análisis, también tuvo como propósito la discriminación de OA del currículum chileno de ciencias que se vinculan con la QV, formando parte de la respuesta a la primera pregunta de investigación. Esto se realizó en base a un segundo criterio basado en la interpretación de los principios de la QV, es decir, identificar aquellos OA que permiten la integración de la QV, aun cuando estos no consideraran palabras textuales explícitas asociadas a los principios de la QV y reconocer, a partir de este análisis, los principios que presentan mayores vinculaciones con los OA curriculares. Este proceso deductivo, se llevó a cabo a partir de una profunda comprensión de los principios de la QV, desde la literatura (Anastas & Warner, 1998; Chem, 2018; Doria Serrano, 2009a; Nahlik et al., 2023) y, a partir de las posibilidades que presentan los OA para el trabajo de la QV. Para esto, se complementó el libro de códigos del primer análisis con los códigos construidos a partir del proceso interpretativo, que tuvo como propósito central la saturación teórica (Glaser, 2012) de las categorías principales de este proceso, es decir, todas las posibles interpretaciones de los principios de la QV, de manera recursiva e iterativa (Flick, 2007).

Para describir la codificación deductiva, tanto literal como interpretativa de los principios de la QV, es que en la siguiente tabla (Tabla 3) se definen los códigos utilizados en el primer y segundo análisis. Como categorías se observan los principios de la QV; en amarillo se observan los códigos utilizados en el primer análisis literal y; en rosado los códigos utilizados en el análisis inferencial.

Categoría	Código	Descripción
Principio 1 Prevención	<i>Prevención</i>	Referencia literal al título del principio 1, es decir, Prevención
	<i>Costos económicos y sociales</i>	Referencia a los costos económicos y sociales que implican los residuos químicos provenientes de la acción humana
	<i>Costos ambientales y humanos</i>	Referencia a los costos ambientales y humanos que implican los residuos químicos provenientes de la acción humana
Principio 2 Economía atómica	<i>Economía atómica</i>	Referencia literal al título del principio 2, es decir, Economía atómica
	<i>Aplicación del rendimiento de una reacción química</i>	Referencia a las aplicaciones del concepto de rendimiento de una reacción química para comprender los impactos ambientales

	<i>Características cualitativas de los productos finales</i>	Referencia que permite comprender cualitativamente que los cambios químicos deben considerar las características de los productos finales y su impacto en el ambiente y la salud humana.
	<i>Características cuantitativas de los productos finales</i>	Referencia que permite comprender cuantitativamente que los cambios químicos deben considerar las características de los productos finales y su impacto en el ambiente y la salud humana
Principio 3 Métodos de Síntesis menos peligrosos	<i>Métodos de síntesis menos peligrosos</i>	Referencia literal al título del principio 3, es decir, Métodos de síntesis menos peligrosos
	<i>Toxicidad humana</i>	Referencia que relaciona la toxicidad humana (carcinógena, endocrina, dérmica, ocular, referida al ADN) con las sustancias químicas y cómo prevenirla
	<i>Toxicidad ambiental</i>	Referencia que relaciona la toxicidad ambiental (acuática, aviar, fitotoxicidad, en mamíferos (no humanos) con las sustancias químicas y cómo prevenirla
	<i>Peligros físicos</i>	Referencia que relaciona los peligros físicos (explosividad; corrosividad; oxidantes; pH, reacciones violentas) con las sustancias químicas y cómo prevenirlos
	<i>Peligros globales</i>	Referencia que relaciona los peligros globales (luvia ácida; calentamiento global, agotamiento del ozono, trato de seguridad, escasez de agua) con las sustancias químicas y cómo prevenirlos
Principio 4 Diseños de productos más seguros	<i>Diseño de productos más seguros</i>	Referencia literal al título del principio 4, es decir, Diseño de productos más seguros
	<i>Reemplazo de sustancias químicas con menos impacto</i>	Referencia que describe el cambio o reemplazo de sustancias químicas con el fin de mitigar su impacto en el ambiente y/o la salud humana
Principio 5 Disolventes auxiliares	<i>Disolventes auxiliares</i>	Referencia literal al título del principio 5, es decir, disolventes auxiliares
	<i>Impacto de los disolventes</i>	Referencia que permite comprender que los disolventes son sustancias que tienen impacto en el ambiente y/o la salud humana
	<i>Reemplazo de disolventes</i>	Referencia que propone el reemplazo o evaluación de disolventes por aquellos que tenga el menor impacto posible al ambiente y/o la salud humana
Principio 6 Eficiencia Energética	<i>Eficiencia Energética</i>	Referencia literal al título del principio 6, es decir, eficiencia energética
	<i>Uso responsable de la energía</i>	Referencia que describe la relación entre el consumo energético de diferentes procesos y su impacto en el ambiente y la salud humana

	<i>Disminuir los combustibles fósiles</i>	Referencia que describe que se deben buscar estrategias energéticas que no utilicen combustibles fósiles
Principio 7 Uso de materias primas renovables	<i>Materias primas renovables</i>	Referencia literal al título del principio 7, es decir, materias primas renovables
	<i>Características de Recursos y materias primas renovables</i>	Referencia que permite comprender las características de recursos y/o materias primas renovables
	<i>Uso de recursos y materias primas renovables</i>	Referencia que describe y/o ejemplifica los posibles usos de recursos y/o materias primas renovables
Principio 8 Reducir el uso de derivados	<i>Reducir el uso de derivados</i>	Referencia literal al título del principio 8, es decir, Reducir el uso de derivados
	<i>Pasos o fases de un proceso químico</i>	Referencia que describe las fases de un proceso químico y su impacto ambiental y/o a la salud humana
	<i>Reducción de las fases de un proceso</i>	Referencia a la reducción de etapas en un proceso para mitigar su impacto ambiental y/o a la salud humana
Principio 9 Catálisis	<i>Catálisis</i>	Referencia literal al título del principio 9, es decir, catálisis
	<i>Función de catalizadores</i>	Referencia que describe el uso y/o funcionamiento de catalizadores
	<i>Importancia de los catalizadores</i>	Referencia que describe la importancia de los catalizadores en los procesos químicos
Principio 10 Diseño para la degradación	<i>Diseño para la degradación</i>	Referencia literal al título del principio 10, es decir, diseño para la degradación
	<i>Persistencia de sustancias</i>	Referencia que describe que la persistencia de sustancias tiene un impacto en el ambiente y/o la salud humana
Principio 11 Análisis en tiempo real	<i>Análisis en tiempo real</i>	Referencia literal al título del principio 11, es decir, Prevención
	<i>Monitoreo de procesos químicos</i>	Referencia a la evaluación de los impactos inmediatos en el ambiente y la salud humana de sustancias químicas
Principio 12 Seguridad en procesos químicos	<i>Seguridad en procesos químicos</i>	Referencia literal al título del principio 12, es decir, seguridad en procesos químicos
	<i>Protocolos de seguridad</i>	Referencia que proponen medidas y acciones que disminuyan los riesgos físicos y ambientales asociados al uso de sustancias químicas
	<i>Minimizar los accidentes</i>	Referencia que plantean medidas y acciones que disminuyan accidentes al manipular sustancias químicas

Tabla 3. Libro de códigos para el análisis literal e inferencial de la presencia de la QV en los OA del currículum chileno de ciencias

3° Análisis: identificación de contenidos curriculares de ciencias en los OA identificados

Una vez realizado el primer y segundo análisis que identificó cuáles son los OA que se vinculaban con los principios de la QV, el tercer análisis consideró un estudio de este grupo de objetivos como corpus de datos. Para esto, se consideraron las asignaturas del currículum chileno de ciencia como categoría de análisis, es decir, Biología (B), Física (F), Geología⁴ (G), Química (Q), agregando el grupo de contenidos que el currículum declara como Transversales (Tr) a las que pertenecen estos OA. A partir de estas categorías y de forma deductiva se elaboró una primera versión del libro de códigos, que contempló la revisión de la literatura (Anastas & Warner, 1998; De Goes et al., 2013; Doria Serrano, 2009; Mitarlis et al., 2017; Nahlik et al., 2023) de forma iterativa para identificar contenidos científicos escolares asociados con la QV, hasta alcanzar la saturación teórica de la literatura (Glaser, 2012; Walker & Myrick, 2006). Luego se revisaron los OA a partir de estos códigos y se hizo necesaria una segunda versión del libro de códigos, a partir de la construcción de códigos de forma inductiva, que permitió identificar, agrupar y profundizar contenidos científicos escolares, vinculados con la QV y traducir los OA identificados a partir de estos nuevos códigos.

El tercer análisis permitió entonces, codificar los OA identificados previamente, a partir de contenidos curriculares de las asignaturas curriculares de ciencias (que son las categorías de este proceso), permitiendo describir la cantidad de vinculaciones por asignatura, a la vez que la cantidad de cada contenido codificado dentro de las asignaturas. Como estos contenidos curriculares han descrito los OA identificados en los análisis previos, se pudieron contabilizar las vinculaciones que estos contenidos tienen en cada uno de los principios de la QV.

En la Tabla 4 se muestra el libro de códigos utilizado en el tercer análisis. En la primera columna se describen las categorías en orden alfabético (Biología, Física, Geología, Química y Transversales); en la segunda columna los códigos generando, ordenados por orden alfabético y; en la tercera columna la descripción de cada código.

⁴ Es necesario aclarar que el currículum chileno de ciencias no considera de manera explícita la asignatura de Geología, pero para esta investigación se ha decidido considerar que aquellas referencias que contemplan los contenidos de las capas de la Tierra y los Ciclos Biogeoquímicos, sean parte de la categoría Geología.

Categoría	Código	Descripción
Biología (B)	<i>Cuerpo Humano y Salud</i>	Referencia a la relación e interrelación de los sistemas del cuerpo humano y factores que puedan afectar al funcionamiento del cuerpo
	<i>Ecosistemas Actividad Humana</i>	Referencia a los efectos de la actividad humana en ecosistemas y medidas para su protección
	<i>Energía y Ecosistemas</i>	Referencia al flujo y procesamiento de energía en los sistemas biológicos y los efectos de sustancias externas
	<i>Organización de los seres vivos</i>	Referencia a las estructuras, jerarquías y sistemas biológicos: características, propiedades e interacciones y los efectos que pueden sufrir por la acción humana
Física (F)	<i>Energía</i>	Referencia al modelo de energía; Uso responsable de la Energía, Energías renovables; Termodinámica y Eficiencia Energética
	<i>Recursos</i>	Referencia a los recursos naturales renovables y no renovables y recursos energéticos que no tengan efectos en el ambiente
Geología (G)	<i>Capas de la tierra</i>	Referencia a las características de las capas de la tierra y desarrollo de la vida para comprender dónde actúan las sustancias químicas producto de la acción humana
	<i>Capas de la tierra Actividad humana</i>	Referencia a los efectos de las actividad humana y acciones de protección en las capas de la tierra
	<i>Ciclos Biogeoquímicos</i>	Referencia a la/s interacción/es cíclicas de distintos elementos químicos y sus reservorios en el planeta y los efectos y consecuencias de la acción humana en ellos
Química (Q)	<i>Bioquímica</i>	Referencia a la química de procesos biológicos y biomoléculas útiles para los seres vivos y el entorno
	<i>Cambios fisicoquímicos</i>	Referencia a los cambios físicos y químicos de la materia; incluidas reacciones químicas y estequiometría: propiedades y características y factores que afectan la cinética de las reacciones químicas; Reacciones que incluyan catálisis, vinculadas con acciones de prevención sintética.
	<i>Estados de la materia</i>	Referencia a las propiedades y estados de la materia; cambios de estado necesarios para comprender los principios de la QV
	<i>Industria química</i>	Referencia a los procesos y efectos en la sociedad y el ambiente de la industria química
	<i>Materiales</i>	Referencia a las propiedades y tipos de materiales y la selección para la prevención de efectos en el ambiente
	<i>Modelo atómico-molecular</i>	Referencia al modelo atómico-molecular; Enlace químico y fuerzas intermoleculares, necesarios para comprender los principios de la QV
	<i>Química Orgánica</i>	Referencia a la Química Orgánica y reactividad; Propiedades y formación de polímeros para el diseño y aplicación de proceso que no tengan efecto en el entorno

	<i>Sustancias</i>	Referencia a las propiedades y características de las sustancias puras, mezclas y disoluciones químicas, que no tengan efecto en el ambiente
Transversales (Tr)	<i>Ambiente y sostenibilidad</i>	Referencia a la relación entre el desarrollo sostenible y la gestión ambiental
	<i>Controversias</i>	Referencia al desarrollo y controversias Científico-tecnológica relacionadas con el uso y consumo de sustancias químicas y acciones de prevención de impactos ambientales
	<i>Seguridad y prevención</i>	Referencia a la seguridad del trabajo experimental en la escuela y prevención de accidentes asociados a actividades experimentales o prácticas
	<i>Sostenibilidad</i>	Referencia al consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas

Tabla 4. Libro de códigos para el análisis deductivo-inductivo de los OA del currículum chileno de ciencias vinculados con la QV.

En resumen (Ver Figura 2), para analizar el currículum chileno de ciencias y las posibilidades que ofrece para integrar a la QV, se realizaron 3 procesos de análisis. El primero referido a la identificación literal de los principios de la QV en los OA que componen el currículum chileno de ciencias; el segundo proceso de análisis también tuvo el propósito de identificar los principio de la QV en los OA del currículum chileno de ciencias, pero desde la interpretación de los principios de la QV y; el tercer análisis implicó una nueva categorización del corpus de datos que emergió de los dos primeros análisis, identificando los contenidos curriculares de ciencias que emergen de los OA identificados y cómo estos se observan en los principios de la QV. Finalmente, el 1° y 2° análisis, se conectaron con el 3° análisis, permitiendo relacionar los principios de la QV con los contenidos curriculares, respondiendo de esta forma a las 4 preguntas que concretan el objetivo referido al análisis del currículum chileno de ciencias y las posibilidades que ofrece para integrar a la QV.

construyendo para los 3 análisis respondieron como primer criterio de credibilidad a la saturación. En este sentido, el primer análisis fue literal, por lo tanto, la saturación, se realizó buscando los 12 principios de manera explícita en los OA del currículum. En este proceso solo se encontraron 4 principios, esto dio paso al segundo análisis que consistió en la interpretación de los principios y los códigos que se construyeron buscaron saturar todos los ámbitos que se desprenden de los principios de la QV y que se pudieran buscar en los OA del currículum. Así por ejemplo en el caso de la prevención se consideraron los “Costos económicos y sociales” y los “Costos ambientales y humanos” asociados a lo desecho de sustancias químicas y medida para prevenirlo, tal y como lo propone la toda la literatura consultada y la revisión de los OA del currículum.

Paralelamente, el segundo criterio de credibilidad, fue la triangulación de investigadores (Cohen et al., 2018; Sandelowski, 1995). Esto significó la consulta a diferentes investigadores/as (pertenecientes al Departamento de didáctica de la matemática y las ciencias experimentales de la Universidad Autónoma de Barcelona). Cada investigador/a, de acuerdo con su propio enfoque metodológico, teórico o disciplinario, permitió un análisis más riguroso y una interpretación más completa del análisis al currículum. Al combinar las diferentes experiencias de cada investigador/a, se buscó reducir los sesgos individuales y fortalecer la credibilidad de los hallazgos de este apartado (Sandelowski, 1995), que incluyeron la comprensión de las ideas centrales del currículum chileno de ciencias, con respecto a la QV, como el levantamiento de inferencias con respecto a ellos, la discusión de los códigos y las categorías, así como la sugerencia de mejoras en cuanto a la descripción de cada estos constructos. Esto significó que los dos libros de códigos recibieron comentarios y sugerencias que significaron nuevas versiones y que permitieron construir las versiones finales que se presentan en esta tesis.

El tercer y último criterio de credibilidad, propuso asumir que el análisis e interpretación del currículum se considera un proceso hermenéutico, es decir, *“amerita de una relación dialógica que brinda la oportunidad y la apertura de entablar una verdadera conversación, con el fin de intercambiar y discernir”* (Hidalgo, 2006 p. 236). En este sentido, Cisterna (2005), propone que *“Investigar desde una racionalidad hermenéutica significa una forma de abordar, estudiar, entender, analizar y construir conocimiento a partir de procesos de interpretación, donde la validez y confiabilidad del conocimiento descansa en última instancia en el rigor del investigador”*. De desde esta perspectiva, Cisterna (2005) también aporta que se asume la construcción del conocimiento como un proceso con características subjetivas e intersubjetivas, pues es el sujeto-investigador, quien construye el diseño de la investigación, es decir la autora de esta tesis, a la vez que recoge la información, la organiza y le da sentido, a la luz de los

objetivos planteados, involucra sus propias estructuras conceptuales y los hallazgos que surgen desde el proceso investigativo, que posteriormente se colectiviza y discute en la comunidad académica a través de los otros 2 criterios de credibilidad planteados en este apartado.

3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis del currículo chileno y las posibilidades que ofrece para integrar a la QV forma parte del primer componente de la reconstrucción educativa de la QV. A continuación, se presentan los resultados de los 3 análisis realizados al currículum chileno de ciencias y que permitieron responder las 5 preguntas que concretan este estudio.

3.3.1 ¿Cuáles son los Objetivos de Aprendizaje del currículum chileno de ciencias vinculados con los principios de la Química Verde?

Esta primera pregunta de investigación se puede contestar a partir del primer y segundo análisis al currículum chileno de ciencias. A partir de la identificación de las palabras textuales y la interpretación de los principios se observó que 87 OA estaban vinculados con la QV. En la siguiente tabla (Tabla 5), se muestra un ejemplo de este proceso, es decir, OA que contiene explícitamente a la QV, particularmente el principio 6 “Eficiencia Energética” y aquellos en los cuales la interpretación de este principio permitió identificar OA vinculados con la QV. La Tabla 5, mantiene los colores utilizados en la descripción del análisis, es decir, amarillo para los códigos literales y rosa para aquellas vinculaciones que emanan de la interpretación de los principios de la QV.

Categoría	Códigos	Descripción	OA vinculados
Principio 6 Eficiencia Energética	<i>Eficiencia Energética</i>	Referencia literal al título del principio 6, es decir, eficiencia energética	OA10 (EP.8.F): Analizar un circuito eléctrico domiciliario y comparar experimentalmente los circuitos eléctricos, en serie y en paralelo, en relación con la: • Energía eléctrica. • Diferencia de potencial. • Intensidad de corriente. • Potencia eléctrica. • Resistencia eléctrica. • Eficiencia energética.
	<i>Uso responsable de la energía</i>	Referencia que describe la relación entre el consumo energético de diferentes procesos y su impacto en el ambiente y la salud humana	OA11 (EP.6.CFQ): Clasificar los recursos naturales energéticos en no renovables y renovables y proponer medidas para el uso responsable de la energía.

	<i>Disminuir los combustibles fósiles</i>	Referencia que describe que se deben buscar estrategias energéticas que no utilicen combustibles fósiles	OA17 (ES.1.Q): Investigar experimentalmente y explicar, usando evidencias, que, la combustión provocada por un motor y un calefactor, y la oxidación de metales, entre otras, son reacciones químicas presentes en la vida diaria, considerando Su impacto en los seres vivos y el entorno.

Tabla 5. Ejemplo de los resultados del 1° y 2° análisis realizado al currículum chileno de ciencias.

De acuerdo con los resultados obtenidos, el primer análisis permitió la identificación literal de 4 principios de la QV en 11 OA del currículum de ciencias, específicamente, el principio 1, 6, 7 y 12. Mientras que el segundo análisis, permitió la identificación de los 12 principios de la QV en 76 OA de currículum chileno de ciencias, tanto de primaria como secundaria. La siguiente tabla (Tabla 6), resume los hallazgos de los dos primeros análisis (En anexo 3.1 se pueden revisar todos los OA identificados).

Análisis	Principios identificados	OA identificados
1° Análisis literal	- Principio 1 Prevención de residuos - Principio 6 Diseñado para la energía y la eficiencia - Principio 7 Uso de materias primas renovables - Principio 12 Química más segura para la prevención de accidentes	11 OA de educación primaria y educación secundaria
2° Análisis inferencial	- Principio 1 Prevención de residuos - Principio 2 Economía atómica - Principio 3 Síntesis química menos peligrosa - Principio 4 Diseño de productos químicos más seguros - Principio 5 Disolventes y auxiliares seguros - Principio 6 Diseñado para la energía y la eficiencia - Principio 7 Uso de materias primas renovables - Principio 8 Reducir derivados - Principio 9 Catálisis - Principio 10 Diseño para la degradación - Principio 11 Prevención en tiempo real - Principio 12 Química más segura para la prevención de accidentes	76 OA de educación primaria y educación secundaria
Total OA identificados		87 OA

Tabla 6. Resumen de las vinculaciones de los OA con los principios de la QV a partir del 1° y 2° análisis realizado al currículum chileno de ciencias

Es importante para comprender los resultados de este apartado, que los OA vinculados con los principios de la QV, encontraron múltiples vinculaciones, es decir, un objetivo de

aprendizaje se vinculó con 1 o más principios de la QV y se describe con mayor profundidad en la última pregunta de este apartado, desde la perspectiva de los principios de la QV.

A continuación, se muestra un ejemplo de las múltiples conexiones del “OA14 (EP.5.CTU): Investigar y explicar efectos positivos y negativos de la actividad humana en océanos, lagos, ríos, glaciares, entre otros, proponiendo acciones de protección de las reservas hídricas en Chile y comunicando sus resultados” de educación primaria y del “OA1 (ES.3-4.SPA): Investigar sustancias químicas de uso cotidiano en el hogar y el trabajo (medicamentos, detergentes y plaguicidas, entre otros), analizando su composición, reactividad, riesgos potenciales y medidas de seguridad asociadas (manipulación, almacenaje y eliminación)” de educación secundaria (Tabla 7). Se observa que el primer OA se vincula con 9 principios de la QV, de acuerdo con el análisis literal e inferencial y en el caso del segundo OA, se identificaron los 12 principios. Todos los OA fueron analizados de la misma manera, lo que implicó que los 87 OA, encontraron vinculaciones en alguno o todos los principios de la QV (En el anexo 3.2 se pueden revisar ejemplos para todos los principios).

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
OA14 (EP.5.CTU)	X		X	X	X	X	X			X	X	X
OA1 (ES.3.4.SPA)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabla 7. Ejemplo de las múltiples vinculaciones de los OA del currículo chileno de ciencias con los principios de la QV.

Continuando con la descripción de los hallazgos en cuántos los OA vinculados con la QV, es relevante describir los niveles educativos a los que pertenecen los OA identificados. En la siguiente tabla (Tabla 7), se observan los OA vinculados desde el primer año de educación primaria (1P) hasta el último nivel de educación secundaria (3S y 4S), y en función del eje del currículo al que pertenecen. Así, de los 265 OA analizados, los 87 vinculados con alguno de los principios de la QV equivalen al 32,8% del total de OA analizados. De este total considerado para el proceso de análisis (87), 45 fueron de primaria y 42 de secundaria (tanto del primer ciclo, como del segundo ciclo).

Por ejemplo, para 1° año de educación primaria, se encontraron un total de 5 OA vinculados con la QV. En tanto en las filas, se observan los ejes que componen la asignatura de ciencias y siguiendo el mismo ejemplo, para el 1° año de educación primaria, se identificó 1 OA de Ciencias de la Vida (CV), 3 OA de Ciencias Físicas y Químicas (CFQ) y 1 OA referido a los OA transversales (TrP) del nivel, para la asignatura de Ciencias.

Ejes	1 P	2 P	3 P	4 P	5 P	6 P	7 P	8 P	1 S	2 S	3S/4S	Total
CV	1	2	4	2	2	2	----	----	----	----	----	13
CFQ	3	1	2	2	3	8	----	----	----	----	----	19
CTU	----	1	----	----	3	3	----	----	----	----	----	7
TrP	1	1	1	1	1	1	----	----	----	----	----	6
B	----	----	----	----	----	----	1	2	4	1	----	8
F	----	----	----	----	----	----	----	3	----	----	----	3
Q	----	----	----	----	----	----	3	3	4	4	----	14
TrS1	----	----	----	----	----	----	1	2	2	2	----	7
BS	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	1	1
SPA	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	2	2
AS	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	3	3
TS	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	2	2
TrS2	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	2	2
Total nivel	5	5	7	5	9	14	5	10	10	7	10	87
Total ciclo	45						32				10	

Tabla 8. Desglose de los OA vinculados a la QV por nivel de educación y eje del currículo chileno de ciencias.

La mayor cantidad de OA vinculados con la QV, pertenecen al eje de Ciencias Físicas y Químicas de educación primaria (19 OA), que en su mayoría son relacionados con la Química escolar, por sobre aquellos que describen objetivos relacionados con la Física escolar. En el segundo lugar, se ubican las vinculaciones identificadas a partir de los OA de Química escolar de educación secundaria (14 OA) y, en tercer lugar, las vinculaciones identificadas en los OA pertenecientes al eje de Ciencias de la Vida de educación primaria (13 OA).

Con respecto a las vinculaciones identificadas por ciclo de educación, se observan 45 OA de educación primaria vinculados con la QV, 3 más que para los 2 ciclos de la educación secundaria (42 OA). También fue posible identificar las vinculaciones por nivel, en las que se destaca el sexto año de educación primaria, pues fue el nivel con mayor cantidad de vinculaciones (14 OA), de todos los niveles del currículo. En este nivel se trabajan OA asociados al modelo de energía, las propiedades y estados de la materia y las capas de la tierra y los efectos de la acción humana, que implicaron la alta cantidad de vinculaciones observadas para este nivel, debido a las posibilidades que presentan para la integración de la QV.

En el segundo lugar de vinculaciones, se encontraron aquellos niveles en los que se observaron 10 OA, estos son: 8° de primaria y 1°, 3° y 4° de secundaria. De manera inversa, los niveles 1°, 2° y 4 de educación primaria, obtuvieron la menor cantidad de vinculaciones en ese ciclo (5 OA), junto con el 7° año de educación secundaria que también obtuvo la misma cantidad de vinculaciones (5 OA).

De acuerdo con este primer resultado, se muestra la diversidad de OA del currículum susceptibles a integrar a la QV a nivel escolar. Estos incluyen todos los niveles educacionales y todos los ejes del currículum chileno de ciencias, con diferentes intensidades, lo que abre la discusión sobre cuándo y cómo se generaría una integración expedita de la QV en el currículum de ciencias.

De esta forma, se relacionaron con la QV un 32,8% del total de OA analizados. A continuación, se exponen los resultados en relación con conocer cuáles son las asignaturas del currículum chileno de ciencias que se vinculan con la QV.

3.3.2 ¿Qué asignaturas científicas escolares se vinculan con la Química Verde?

Para responder esta pregunta, se utilizó el tercer análisis presentado, que tiene como corpus de dato los 87 OA identificados en el 1° y 2° análisis. A partir del libro de códigos (**Tabla 4**) deductivo-inductivo que codificó en los OA identificados, contenidos curriculares asociados a las asignaturas científicas escolares desde la mirada de la QV, se encontraron múltiples vinculaciones por cada código, lo que significó que se contabilizaran 678 vinculaciones a partir de los 21 códigos utilizados en este proceso.

Para ejemplificar los resultados referidos a las asignaturas científicas, se utilizará un ejemplo de los hallazgos de este proceso de análisis, para un grupo particular de códigos. Esto permite comprender la multiplicidad de vinculaciones de los códigos y cómo se agruparon para responder a la segunda pregunta de este apartado.

Por ejemplo, el *“OA1 (ES.3-4.SPA): Investigar sustancias químicas de uso cotidiano en el hogar y el trabajo (medicamentos, detergentes y plaguicidas, entre otros), analizando su composición, reactividad, riesgos potenciales y medidas de seguridad asociadas (manipulación, almacenaje y eliminación)”*, se vinculó con 3 códigos *“Ambiente y Sostenibilidad”*; *“Sostenibilidad”* y *“Controversias”*, de la categoría *“Transversal”*. A su vez, este OA, se había vinculado a los 12 principios de la QV, por lo que, en este caso, cada uno de estos códigos, se observó 12 veces, completando a 36 vinculaciones en total para los contenidos asociados a la

categoría transversal. A continuación, se presenta el resultado de este proceso para el OA utilizado como ejemplo (Tabla 9):

	Transversal		
OA1 (ES.3.4.SPA)	Ambiente y Sostenibilidad	Sostenibilidad	Controversias
P1 Prevención	X	X	X
P2 Economía Atómica	X	X	X
P3 Síntesis menos peligrosa	X	X	X
P4 Diseño productos más seguros	X	X	X
P5 Disolventes más seguros	X	X	X
P6 Eficiencia Energética	X	X	X
P7 Uso de Materias primas	X	X	X
P8 Reducir Derivados	X	X	X
P9 Catálisis	X	X	X
P10 Diseño para la degradación	X	X	X
P11 Análisis en tiempo real	X	X	X
P12 Seguridad	X	X	X

Tabla 9. Ejemplo de los resultados de las vinculaciones encontradas entre las asignaturas y los principios de la QV

De esta manera se sistematizaron los resultados para cada OA identificado, lo que implicó que los 21 códigos de este tercer análisis permitieron identificar 678 vinculaciones (100%). De acuerdo con la totalidad de las vinculaciones: 245 emergen de los códigos pertenecientes a la categoría Química; 144 a la categoría Transversal; 134 a la categoría Biología; 87 a la categoría Física y; 68 a la categoría Geología.

En la Tabla 10 se muestran los resultados con respecto a las vinculaciones asociadas a las asignaturas científicas. Se observa que la Química escolar es la asignatura que se encuentra más estrechamente vinculada a la QV, mientras que la Geología es en la que se observan menos vinculaciones, como se comentó en el apartado del análisis, esta asignatura no se encuentra explícita en el currículum chileno de ciencias, a pesar de esto, se observa un 10% de vinculaciones con la QV.

	QUÍMICA (%)	TRANSVERSAL (%)	BIOLOGÍA (%)	FÍSICA (%)	GEOLOGÍA (%)
Vinculaciones con la QV	245 (36,1%)	144 (21,2%)	134 (19,8%)	87 (12,8%)	68 (10%)
Total (%)	678 (100%)				

Tabla 10. Cantidad y Porcentaje de vinculaciones de la QV con las asignaturas científicas escolares a partir de los OA asociados a la QV.

Entre las vinculaciones identificadas para la Física y Geología escolares, solo hay un 2,8% de diferencia, que implica que ambas aparecen con un grado de vinculación similar a la QV, mientras que la Biología escolar y los contenidos de naturaleza transversal, propuestos por el

currículum chileno de ciencias, obtienen alrededor de un 20% cada uno, instalándose como asignaturas estrechamente vinculadas con la QV.

La centralidad de la Química escolar es coherente con la búsqueda de vinculaciones con el campo de la Química Verde, que, a pesar de tener un enfoque humanista de la Química (Armstrong et al., 2018), no deja de ser “Química”. Esto se presenta como el primer antecedente para caracterizar a la QV como un campo que promueve el diálogo entre las disciplinas del currículum chileno de ciencias y los contenidos de naturaleza transversal.

A continuación, se consideraron las vinculaciones al interior de cada asignatura de ciencia escolar (categorías para proceso de análisis) con la QV. En esta fase de resultados, es relevante recordar que los códigos, permitieron reconocer contenidos disciplinares básicos o grupos de contenidos y por tanto permiten identificar un *cuerpo de contenidos* necesarios para la educación de la QV a nivel escolar, a través de las asignaturas científicas escolares.

3.3.3 ¿Qué contenidos de las asignaturas científicas escolares se vinculan con la Química Verde ?

Además de agrupar las vinculaciones en las categorías del tercer análisis e identificar cuáles de ellas presentan mayores o menos vinculaciones, fue posible realizar el desglose de los contenidos curriculares, es decir, identificar en cada categoría los contenidos que las componen y contabilizar cada uno de ellos. En este sentido, se consideró el total de vinculaciones por asignatura como el 100%, de manera de reconocer al interior de ellas, qué contenidos tienen mayor o menor presencia.

Por otra parte, se consideró que un vínculo entre un contenido específico y la QV es fuerte, cuando se observa más de un 10% de vinculaciones al interior de cada asignatura, entendiendo con esto que se pueden encontrar vinculaciones más débiles con la QV y que serán aquellas que no superen el 10% de vinculaciones (En el anexo 3.3 se pueden revisar las codificaciones realizadas para este resultado).

A. Química escolar

De acuerdo con el análisis realizado, del total de 678 vinculaciones encontradas, entre el currículum chileno de ciencias y la QV, 245 corresponden a Química, que para la presentación de estos resultados se considera el 100% para Química (Ver Tabla 11). Estas vinculaciones responden a 8 contenidos curriculares, que como se dijo anteriormente, emergen de los códigos presentados en el proceso de análisis.

Contenidos curriculares de Química escolar vinculados con la QV		Vinculaciones (%)
Q ₁	Propiedades y tipos de materiales	10 (4,1%)
Q ₂	Química de procesos biológicos	12 (4,9%)
Q ₃	Industria química: proceso y efectos en la sociedad y el ambiente	24 (9,8%)
Q ₄	Química Orgánica y reactividad; propiedades y formación de polímeros	24 (9,8%)
Q ₅	Propiedades y estados de la materia; cambios de estado	37 (15,1%)
Q ₆	Modelo atómico - molecular; enlace químico y fuerzas intermoleculares	41 (16,7%)
Q ₇	Propiedades y características de las sustancias puras, mezclas y disoluciones químicas	48 (20%)
Q ₈	Cambios físicos y químicos de la materia; reacciones químicas y estequiometría: propiedades y características; factores que afectan la cinética de las reacciones químicas; Reacciones que incluyan catálisis	48 (20%)
Vinculaciones totales		245 (100%)

Tabla 11. Contenidos de la Química escolar vinculados a la QV a partir del análisis del currículo chileno de ciencias.

Se observa que los *Cambios fisicoquímicos*, que incluyen las *reacciones químicas sus propiedades y características* (Q₈) y las *Sustancias puras, mezclas y disoluciones* (Q₇), son los contenidos con mayor cantidad de vinculaciones y entre ambos suman el 40% de las vinculaciones identificadas. A estos contenidos le siguen el *Modelo atómico-molecular* (Q₆) y los *Estados de la materia, sus propiedades y estados* (Q₅), lo que propone una fuerte vinculación de la QV con los contenidos tradicionalmente trabajados por la Química escolar.

Es interesante destacar que a pesar de haber determinado que el criterio que identifica a un contenido como estrechamente vinculado es que este tenga más de un 10%, tanto la *Industria química* (Q₃) como la *Química Orgánica* (Q₄), obtuvieron un 9,8%, lo que los posiciona como contenidos estrechamente vinculados con la QV. Los contenidos asociados a los tipos de materiales y la química de procesos biológicos obtuvieron menos de un 5%, lo que implica que son contenidos débilmente vinculados con la QV.

Por otra parte, el contenido referido a los cambios fisicoquímicos, que es el que posee mayor número de vinculaciones, es un contenido que contiene sub-contenidos (reacciones químicas, estequiometría y reacciones que incluyen catálisis) y podría parecer que este es el argumento que provoca la alta vinculación. Lo que planteamos al agrupar estos contenidos es, por un lado, entender que hacen referencia a un contenido central que implica el cambio químico y, por otra parte, plantear un cuerpo de contenidos que incluya la mayor cantidad de ramificaciones.

Finalmente, es muy llamativo que el currículo escolar no presenta una gran cantidad de posibilidades, desde la Química escolar, para trabajar temáticas asociadas a la prevención de la

acción humana. Nos referimos particularmente a las sustancias químicas en el ambiente o aspectos relacionados con la sostenibilidad, por lo tanto, las vinculaciones hacia estos contenidos no emergen desde la asignatura de Química.

B. Biología escolar

Los contenidos asociados a la Biología escolar implicaron 134 vinculaciones que equivalen al 100% de vinculaciones para la Biología. En este grupo, se identificaron 4 contenidos curriculares vinculados con la QV (ver Tabla 12).

Contenidos curriculares de Biología escolar vinculados con la QV		Vinculaciones (%)
B ₁	Organización de los seres vivos	17 (12,7%)
B ₂	Energía y ecosistemas	21 (15,7%)
B ₃	Cuerpo humano: salud y alimentación	24 (18%)
B ₄	Efectos de la actividad humana en ecosistemas y medidas para su protección	69 (51,5%)
Vinculaciones totales		134 (100%)

Tabla 12. Contenidos de la Biología escolar vinculados a la QV a partir del análisis del currículum chileno de ciencias.

En el caso de los 4 contenidos identificados, se observa que todos ellos superan el 10% de vinculaciones, lo que implica que estos 4 contenidos, se encuentran fuertemente vinculados con la QV. En este grupo destacan las vinculaciones que recibió el contenido referido a los *Efectos de la actividad humana en ecosistemas y medidas para su protección* (B₄), vale decir, hay una fuerte vinculación entre los 12 principios de la QV y las medidas de protección que se proponen a partir de ellos, particularmente en los ecosistemas, siendo el contenido en el que se identificaron más del 50% de las vinculaciones dentro de la Biología escolar. Con respecto a la posición que ocupa con respecto al total de contenidos, los efectos de la actividad humana en ecosistemas, es el contenido con mayores vinculaciones en las 4 asignaturas.

Se puede observar que solo 1 de los contenidos identificados, es decir, *Cuerpo humano: salud y alimentación* (B₃), no hace referencia a ecología, pues el resto de los contenidos están vinculados con temáticas asociadas a las relaciones de los seres vivos entre sí y con el medio en el que viven. Con respecto al contenido B₃ sobre Cuerpo Humano, además obtuvo 24 vinculaciones, ocupando el segundo lugar dentro de los contenidos identificados para la Biología escolar. Esto amplía el espectro de contenidos para Biología, pues no sólo se consideran vinculaciones asociadas a la ecología.

Finalmente es interesante para los resultados de este capítulo la vinculación que se observa entre la QV y los *seres vivos y el ambiente*, esto da cuenta de las posibilidades que presentan los principios de la QV al plantear una vinculación con los ecosistemas, desde la

perspectiva del impacto de las sustancias químicas y por tanto la acción humana sobre estos, complejizando la comprensión escolar de los 12 principios.

C. Física Escolar

El análisis de los OA del currículo permitió la identificación de 2 contenidos curriculares, con un total de 87 vinculaciones, que para la Física escolar corresponden al 100% (ver Tabla 13).

De acuerdo con el criterio referido a la fortaleza o debilidad de los contenidos vinculados a la QV, ambos contenidos se encuentran estrechamente vinculados a la QV. Tanto los *Recursos naturales renovables y no renovables y recursos energéticos* (F₁) y el *Modelo de energía* (F₂), tiene más de un 10%, por tanto, se consideran los contenidos centrales de la Física escolar para la integración de la QV en el aula.

Contenidos curriculares de Física escolar vinculados con la QV		Vinculaciones (%)
F ₁	Recursos naturales renovables y no renovables y recursos energéticos	27 (31%)
F ₂	Modelo de energía; Uso responsable de la Energía, Energías renovables; Termodinámica y Eficiencia Energética	60 (69%)
Vinculaciones totales		87 (100%)

Tabla 13. Contenidos de la Física escolar vinculados a la QV a partir del análisis del currículum chileno de ciencias.

Con respecto a la naturaleza de los contenidos identificados, ambos hacen referencia al concepto de energía. Particularmente, el *Modelo de energía* (F₂) obtuvo 60 vinculaciones, que supera la cantidad de vinculación de otros contenidos mayormente vinculados en las otras disciplinas escolares. Esto implica que este contenido se ubica en el segundo lugar dentro del grupo de contenido con mayor cantidad de vinculaciones (sólo tras los *Efectos de la actividad humana y medias de protección en los ecosistemas*, identificado para Biología escolar). La gran cantidad de vinculaciones plantea que el concepto de *Energía* es central a la hora de plantear el tránsito de la QV a la escuela y se hace necesario evaluar sus implicancias para este abordaje, como por ejemplos las posibilidades que esto ofrece para el desarrollo del pensamiento sistémico (Schultz et al., 2021) a partir de esta temática central.

D. Geología escolar

Finalmente, para la Geología escolar se encontraron 68 vinculaciones (que representan el 100%), y permitieron la identificación de 3 contenidos curriculares (ver **Tabla 14**).

Contenidos curriculares de Geología escolar vinculados con la QV		Vinculaciones (%)
G₁	Características de las capas de la tierra y desarrollo de la vida	5 (7,4%)
G₂	Ciclos Biogeoquímicos: Interacción/es cíclicas de distintos elementos químicos y sus reservorios en el planeta y los efectos y consecuencias de la acción humana en ellos	11 (16,2%)
G₃	Efectos de las actividad humana y acciones de protección en las capas de la tierra	52 (76,5%)
Vinculaciones totales		68 (100%)

Tabla 14. Contenidos de la Geología escolar vinculados a la QV a partir del análisis del currículo chileno de ciencias.

De los 3 contenidos identificados, solo 2 de ellos superan el 10% de las vinculaciones: *Ciclos Biogeoquímicos* (G₂) y *Efectos de la actividad humana y acciones de protección en las capas de la tierra* (G₃). El contenido referido a las características de las capas de la Tierra no superó el 10% y por tanto se identifica como un contenido débilmente vinculado a la QV. Se podría discutir la fusión entre el contenido G₁ y G₃, pues ambos hacen referencia a las capas de la tierra, sin embargo, se decidió no hacerlo, pues planteamos que la naturaleza de los OA analizados es diferente, debido a que las características de las capas de la tierra podría ser un contenido que permitiría comprender la vinculación con la QV, mientras que los efectos de la actividad humana en ellas, tiene relación con la aplicación de la QV.

El contenido más fuerte vinculado es los *Efectos de la actividad humana y acciones de protección en las capas de la tierra* (G₃), que de manera explícita hace referencia a la prevención, concepto fuertemente vinculado con el principio 1 de la QV. Este contenido se presenta como el contenido central para esta asignatura, con más del 75% de las vinculaciones. A la vez, se sitúa en el tercer lugar del total de contenidos identificados, tras los *Efectos de la actividad humana en ecosistemas* y el *Modelo de Energía*.

A modo de resumen la Figura 3 incluye los 5 contenidos del currículo de ciencias chileno que obtuvieron las mayores vinculaciones dentro de las 4 asignaturas científicas. El contenido que aparece en la parte superior de la imagen es que tiene el mayor número de vinculaciones mientras que el contenido que aparece en la parte inferior de la imagen es el que tiene el menor número de vinculaciones, dentro del grupo de los más vinculados.

De esta esquema resulta relevante observar que los contenidos que más posibilitan la integración de la QV, se refieren directamente a temáticas ambientales o referidas a la acción humana en el ambiente, provenientes de la Biología, Física y Geología escolar. Por otra parte, los 2 contenidos que provienen de la Química escolar son contenidos que responden a visiones tradicionales de la Química y no integran directamente aspectos referidos al ambiente o sus cuidados.

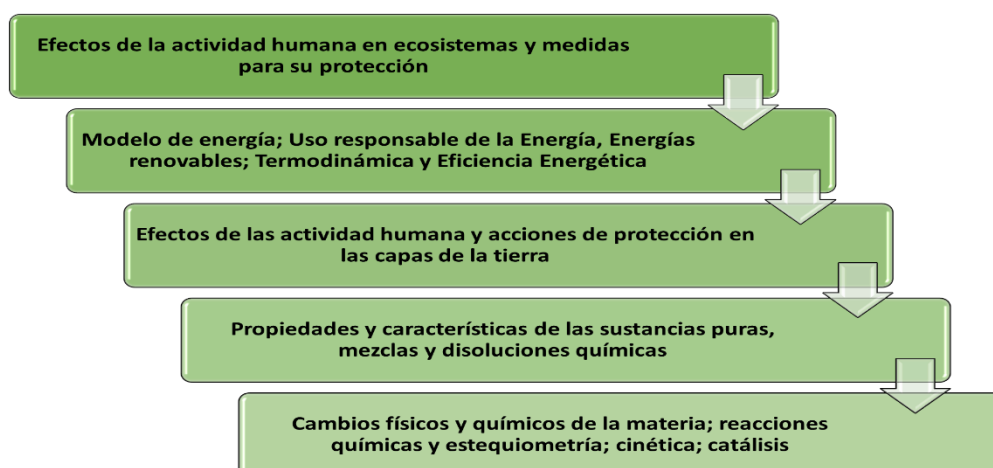


Figura 3. Contenidos de ciencias del currículo chileno de educación primaria y educación secundaria que muestran una mayor vinculación con la QV.

3.3.4 ¿Qué contenidos transversales escolares de ciencias se vinculan con la Química Verde?

Tal como se describió previamente, el currículo chileno de ciencias presenta OA transversales a las asignaturas científicas escolares por nivel educativo. Estos contenidos también fueron susceptibles a este análisis y se analizaron de la misma manera que el resto de los OA disciplinares. De esta manera, del total de 678 vinculaciones encontradas en los OA, 144 corresponde a objetivos de aprendizaje transversales (se consideran el 100% para este grupo de vinculaciones) y permitieron identificar 4 contenidos vinculados con la QV (Ver Tabla 15).

	Contenidos curriculares transversales vinculados con la QV	Vinculaciones (%)
T ₁	Seguridad del trabajo experimental en la escuela y prevención de accidentes	35(24,3%)
T ₂	Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas	36 (25%)
T ₃	Desarrollo y controversias Científico-tecnológica	36 (25%)
T ₄	Gestión ambiental y desarrollo sostenible	37 (26%)
	Vinculaciones totales	144 (100%)

Tabla 15. Contenidos transversales escolares vinculados a la QV a partir del análisis del currículo chileno de ciencias.

De la misma forma que se realizó el análisis de las asignaturas científicas, los 4 contenidos identificados bajo el alero de la transversalidad obtuvieron más de un 10%, por tanto, los 4 se sitúan como fuertemente vinculados con la QV. A la vez, los 4 contenidos obtuvieron porcentajes similares, que van entre un 24% y un 26%. A pesar de esto, el contenido con mayor vinculación fue la *Gestión ambiental y el desarrollo sostenible* (T₄), que guarda total coherencia con la bases de la QV.

La naturaleza de estos contenidos es uno de los aspectos más relevantes, pues es posible reconocer la “sostenibilidad” por primera vez en este apartado de resultados. Esto ha sido ampliamente estudiado para la QV. Según Kitchens et al. (2006), los conceptos asociados a la QV son importantes y pueden ser aplicados en todos los niveles educativos; además, ofrecen un enfoque sistemático de la Educación para la sostenibilidad.

Un aspecto relevante sobre los contenidos del grupo de los transversales, son los niveles educativos a los que pertenecen. En educación primaria, solo se observa el contenido referido a *“Seguridad del trabajo experimental en la escuela y prevención de accidentes”*, presente en los 6 niveles de educación primaria. Mientras que, en educación secundaria, fue posible vincular la totalidad de los contenidos identificados. En este sentido, es importante discutir la temporalidad de la integración de la QV a nivel escolar, cuestión que ha sido abordada por Eilks y Linkwitz (2022):

“...teniendo en cuenta los rangos de edad de los educandos, se podría sugerir que la educación primaria debería enfocarse en sensibilizar a los más pequeños para temas generales de sustentabilidad en su vida personal. Estos pueden ser temas de consumo responsable en su vida diaria, reduciendo y recolectando desechos para reciclar, o respetando la limpieza de la naturaleza. En el nivel secundario inferior los estudiantes pueden aprender a través de contextos y cuestiones sociocientíficas del debate sobre la sostenibilidad y cómo ellos como individuos o como sociedad en general deben reaccionar ante ellos...” (p.3)

3.3.5 ¿Cuáles son los principios de la QV con más vinculaciones curriculares?

La última pregunta que concreta el objetivo específico de este apartado plantea conocer cuáles son los principios de la QV con más vinculaciones curriculares. El primer y segundo análisis realizado al currículum chileno de ciencias, tuvieron como propósito reconocer los OA que se vincularon con la QV, lo que permitió una primera aproximación con respecto a las vinculaciones curriculares y los principios de la QV.

En la primera pregunta se respondió cuáles eran los OA vinculados con la QV, se reportaron 87 OA que respondieron al primer análisis y el foco estuvo en discriminar aquellos objetivos que se conectan de forma literal o inferencial con la QV. Este mismo análisis planteó la posibilidad de reconocer, de manera inversa, cuáles son los principios de la QV que convocan mayor cantidad de OA. Sin embargo, lo que se busca con esta tesis es el proceso de aclaración del contenido científico para la reconstrucción escolar de la QV por lo que se optó por agregar

los resultados emanados del tercer análisis para poder comprender no sólo cuántos OA se vinculan, sino también cuántos y cuáles contenidos curriculares convoca cada principio de la QV.

En relación con lo descrito, esta pregunta se responde a partir de los 3 análisis realizados. Los siguientes ejemplos describen la sistematización de los resultados para 2 OA, con el sentido de mostrar cómo se vincularon los contenidos curriculares en cada principio de la QV.

Principios QV	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
OA5 (EP.2.CV): Observar e identificar algunos animales nativos que se encuentran en peligro de extinción, así como el deterioro de su hábitat, proponiendo medidas para protegerlos.												
Ecosistemas y actividad humana	X		X	X			X	X		X	X	X
OA14 (EP.7.Q): Investigar experimentalmente y explicar la clasificación de la materia en sustancias puras y mezclas (homogéneas y heterogéneas), los procedimientos de separación de mezclas (decantación, filtración, tamizado y destilación), considerando su aplicación industrial en la metalurgia, la minería y el tratamiento de aguas servidas, entre otros.												
Industria Química	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X
Sustancias	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X

Tabla 16. Ejemplos de resultados asociados a la vinculación de los principios de la QV con los contenidos curriculares

De acuerdo con estos ejemplos, se presentan los resultados para todos los contenidos curriculares vinculados a cada uno de los principios de la QV (Tabla 17). En la primera columna se encuentran los contenidos curriculares, que han sido ordenados de acuerdo con las asignaturas a las que pertenecen (Biología, Física, Geología, Química y Transversal), razón por la que las celdas han mantenido los colores que se han utilizado a lo largo de este apartado de la tesis.

Principios de la Química Verde												
Contenidos Curriculares	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
1. Cuerpo Humano y Salud	4	1	3	1	1	1	3	1	1	3	3	4
2. Ecosistemas Actividad Humana	1	4	8	8	5	5	8	4	5	8	8	5
3. Energía y Ecosistemas	3	1	1	1	1	3	3		1	2	1	4
4. Organización de los seres vivos	4		1	1	1	2	1	1	2	2	1	2
5. Energía	5			2	2	10	11		9	5	8	8
6. Recursos	3	2	1	2	1	3	3	1	3	3	3	2
7. Capas de la tierra	1					1	1			1	1	1
8. Capas de la tierra y Actividad humana	6	1	6	6	5		6	3	1	6	6	5

9.Ciclos Biogeoquímicos	1		1	1	1	1	1	1		1	1	2
10.Bioquímica	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11.Cambios físicoquímicos	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
12.Estados de la materia	5	2	2	2	2	4	4	2	3	4	3	4
13.Industria química	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
14.Materiales	2		1	1	1		2			2		1
15.Modelo atómico-molecular		4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4
16.Química Orgánica	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
17.Sustancias	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
18.Ambiente y sostenibilidad	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
19.Controversias	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
20.Seguridad y prevención	3	3	3	3	3	2	2	3	4	4	3	5
21.Sostenibilidad	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4
TOTAL	60	40	53	54	49	57	71	42	54	67	61	70

Tabla 17. Número de vinculaciones entre los contenidos curriculares y los principios de la QV.

De manera general se puede observar que los contenidos transversales (18, 19, 20 y 21), tienen un comportamiento análogo en los 12 principios, observándose una cantidad de vinculaciones similares en todos ellos, con mínimas diferencias. Este grupo de contenidos no es el de mayor presencia en los 12 principios, pero es de destacar que todos los principios los contemplan. Surge la discusión, en este sentido si la integración de la QV debería ser un aspecto transversal a las asignaturas científicas y/o incorporada en cada una de ellas de acuerdo con los contenidos que la favorecen.

De manera particular, el principio que mayor cantidad de vinculaciones obtuvo es el Principio 7 “Uso de Materias primas” con 71 vinculaciones. En este principio se observa que los 21 contenidos curriculares se encuentran presentes y que el contenido asociado con el *modelo de Energía* es el de mayor presencia, no solo en este principio si no que en todos los demás también. A su vez, los contenidos sobre *ecosistemas y actividad humana y capas de la tierra y actividad humana* también presentaron las más altas vinculaciones en este principio. Estos resultados implican que la integración del uso de materias primas está favorecida a través de los contenidos asociados a la energía y la actividad humana en las capas de la tierra y en ecosistemas.

El Principio 12 “Síntesis química más segura”, fue el segundo en orden decreciente de vinculaciones. En este caso, el contenido que mayor cantidad de vinculaciones obtuvo, fue el

referido al *modelo de Energía*. A este contenido le siguen otros 3: *Ecosistemas y actividad humana*; *Capas de la tierra y actividad humana* y; *Seguridad y prevención*. En este principio se releva un contenido de naturaleza transversal, que hace referencia explícita al sentido del principio 12, “seguridad”. Las conexiones con las implicancias de aplicar medidas de seguridad en los procesos químicos, se manifiesta curricularmente con los efectos en los ecosistemas y capas de la tierra, que vuelven a aparecer como dos contenidos relevantes para el trabajo de otro principio de la QV.

En tercer lugar, se ubica el Principio 10 “Diseño para la Degradación”, que obtuvo 67 vinculaciones. Este principio se conecta principalmente con 3 contenidos, *ecosistemas y actividad humana*, *capas de la tierra y actividad humana*, y *energía*, los mismos contenidos con mayor cantidad de vinculaciones en el caso del Uso de Materias primas. En este principio el mayor número de vinculaciones se encontró relacionado con el contenido referido a los *ecosistemas y la actividad humana*. La degradación hace referencia a la persistencia de sustancias y el impacto de ellas en el ambiente y la salud humana, lo que curricularmente encuentra una vinculación con la actividad humana y las estrategias necesarias para que el impacto en las capas de la tierra y el ambiente sea el menor posible.

El principio 11 “Análisis en tiempo real” obtuvo el cuarto lugar de las vinculaciones. Si bien este principio describe el monitoreo de procesos químicos, se interpretó desde la perspectiva de la evaluación de los impactos inmediatos en el ambiente y la salud humana de sustancias químicas. , Esto permitió múltiples conexiones, en las que se destacan los contenidos referidos a: *modelo de Energía*; *capas de la Tierra y actividad humana* y; *ecosistemas y actividad humana*. Estos contenidos vuelven a formar parte del grupo de contenidos con mayores vinculaciones en un principio, lo que sugiere su centralidad para la integración de la QV, debido a su presencia en los 4 principios con más vinculaciones.

En quinto lugar, se observa el Principio 1 “Prevención”, que obtuvo 60 vinculaciones, con solo 1 vinculación de diferencia con el principio en cuarto lugar “Análisis en tiempo real”, lo que los ubica prácticamente en el mismo lugar. Para este principio también se observó la presencia mayoritaria del contenido referido a las *capas de la Tierra y la actividad humana*, y el *modelo de Energía*. A diferencia de los otros principios, para este principio 1 “Prevención” se observa la vinculación con los estados de la materia. Esto resulta interesante pues constituye el primer contenido referido explícitamente a la Química que aparece con una alta presencia en un principio de la QV. Esto no quiere decir que otros contenidos asociados a la Química se hayan observado a lo largo de este análisis, pues aparecen contenidos como los referidos a los cambios

fisicoquímicos y sustancias químicas, pero con menos presencia que los contenidos descritos para este y los otros principios de la QV.

El principio que aparece en el sexto lugar es el Principio 6: “Eficiencia Energética”, con 57 vinculaciones. Como resultado esperado para este principio es su fuerte vinculación con el contenido que hace referencia al *modelo de Energía* con una de las más fuertes vinculaciones de este contenido en todo el universo de principios de la QV. Este principio hace referencia al diseño para la eficiencia energética, pero también al uso responsable de la energía y el impacto ambiental y económico al no tener en cuenta los requerimientos energéticos de un proceso o actividad. Esto, implicó que también se observó con gran presencia el contenido sobre *ecosistemas y actividad humana*, debido a la relación entre el impacto en el ambiente de los combustibles fósiles, por ejemplo.

En séptimo, octavo y noveno lugar, se encuentran el Principio 4 “Diseño de productos más seguros”; el Principio 9 “Catálisis”, y el Principio 3 “Síntesis química menos segura”. Se agruparon para este reporte de resultados, pues obtuvieron 54, 54 y 53 vinculaciones en total respectivamente, situándolos como un grupo que comparte la cantidad de vinculaciones. A pesar de esto, presentan diferencias. Por ejemplo, el contenido sobre la actividad humana en las capas de la Tierra se presenta como relevante para los principios sobre *Síntesis química menos segura* y *Diseño de productos más seguros*, sin embargo, para el alusivo a la *Catálisis*, es un contenido con solo 1 vinculación. En cambio, los 3 principios presentan similitudes referidas a los contenidos *ecosistemas y actividad humana*; *cambios fisicoquímicos* y; *sustancias químicas* en los que se identifica una gran presencia en los 3 principios.

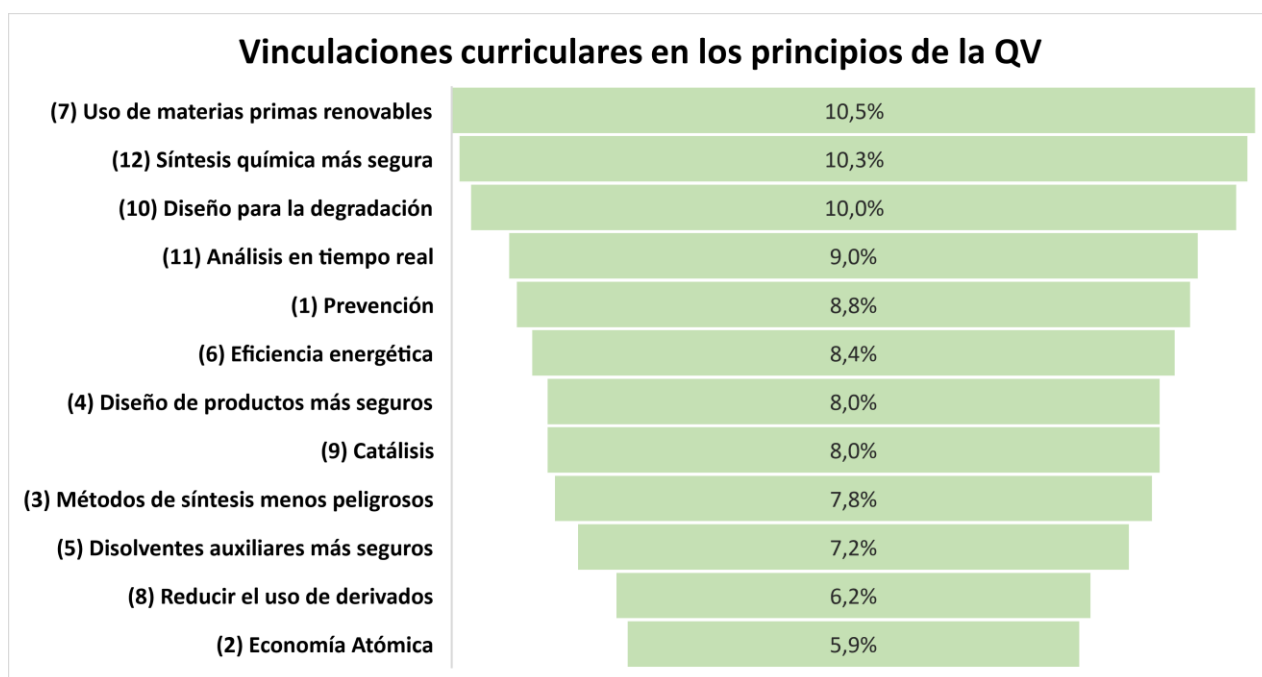
Finalmente, en los dos últimos lugares, se encuentran el Principio 8 “Reducir el uso de derivados” y el Principio 2 “Economía atómica”. El principio 8 hace referencia a las acciones que se realizan para disminuir la cantidad de productos secundario que se producen y el principio 2 a que los productos de una reacción tengan todo o la mayor cantidad de las sustancias iniciales. Esto conecta a ambos principios, pues hacen referencia a las características de los productos de una reacción; uno aporta la mirada general y el otro profundiza en las particularidades del producto a nivel atómico-molecular. Esto los hace principios bastante técnicos, con vinculaciones ligadas a la Química. Se observa que los contenidos con mayor presencia en estos principios son: *cambios fisicoquímicos*; *modelo atómico-molecular*; *sustancias químicas* y; *ecosistemas y actividad humana*. Este último contenido plantea que, a pesar de lo técnico de estos principios, existen vinculaciones asociadas al impacto de los productos químicos en el ambiente.

En la siguiente tabla se describen las vinculaciones de cada principio y los porcentajes de cada uno de ellos, de acuerdo con la totalidad de vinculaciones encontradas (678, 100%)

N Principio	Principio	Vinculaciones por principio (%)
1	Prevención	60 (8,8%)
2	Economía Atómica	40 (5,9%)
3	Métodos de síntesis menos peligrosos	53 (7,8%)
4	Diseño de productos más seguros	54 (8,0%)
5	Disolventes auxiliares más seguros	49 (7,2%)
6	Diseño para la eficiencia energética	57 (8,4%)
7	Uso de materias primas renovables	71 (10,5%)
8	Reducir el uso de derivados	42 (6,2%)
9	Catálisis	54 (8,0%)
10	Diseño para la degradación	67 (10%)
11	Análisis en tiempo real	61 (9,0%)
12	Síntesis química más segura	70 (10,3%)
Total		678 (100%)

Tabla 18. Vinculaciones totales identificadas en el currículum chileno de ciencias por principio de la QV.

Se ha diseñado una gráfica que permite describir las cantidades de vinculaciones (en porcentajes) que obtuvieron cada uno de los principios y que permite observar en conjunto los principios con mayores y menores vinculaciones, en paréntesis se observa el número del principio “original”, tal y como se describe en la literatura (Ver Grafica 1).



Gráfica 1. Principios de la QV ordenados de acuerdo con las vinculaciones encontradas a partir del análisis del currículum chileno de ciencias.

Reforzando lo descrito para cada uno de los principios de la QV, se observa que los 3 primeros lugares los ocupan: 1° el principio 7 “Materias primas renovables”, 2° lugar el principio 12 “Síntesis química más segura” y en 3° lugar el principio 10 “Diseño para la degradación”. Estos 3 principios no tienen una diferencia significativa y solo los separan 4 vinculaciones. Se destacan las vinculaciones que presentan con los contenidos asociados a la Energía y los efectos de la actividad humana en ecosistemas y en las capas de la Tierra.

Por otra parte, los principios con menos vinculaciones son: el principio 2 “Economía atómica”, seguido del principio 8 “Reducir el uso de derivados”. Esto propone la discusión sobre la presencia de los 12 principios en la reconstrucción educativa de la QV a nivel escolar, pues exige reconocer que algunos principios se vinculan significativamente más que otros y que, por lo tanto, es necesario evaluar la presencia de todos ellos en la reconstrucción educativa de la QV y de paso cuestionar los propósitos de los contenidos del currículum chileno de ciencias.

3.4 CONCLUSIONES

En este apartado se exponen las conclusiones relacionadas con el primer objetivo de la tesis, referido a la aclaración del contenido científico de la QV, desarrollado a partir del estudio del currículum chileno de ciencias para la enseñanza escolar. El primer componente del modelo de reconstrucción educativa (MER), plantea dos procesos estrechamente vinculados, la aclaración de la materia y el análisis de su pertinencia educativa, en este caso de la QV (Duit, 2006). La decisión de estudiar analítica y hermenéuticamente el currículum permitió estos dos propósitos, ya que lo que se propone es la reconstrucción de la QV para la educación primaria y secundaria, particularmente en el marco del contexto chileno.

El estudio del currículum permitió una serie de aclaraciones con respecto a la QV y la discusión sobre la pertinencia de los 12 principios de la QV en la educación científica escolar, que se han organizado de acuerdo con los objetivos planteados para este estudio.

3.4.1 Objetivos de Aprendizaje del currículum chileno vinculados con la Química Verde

El estudio del currículum permitió discriminar aquellos objetivos de aprendizaje (OA) que facilitan la integración de la QV. La naturaleza de estos OA fue diversa, se identificaron OA vinculados a la QV de educación primaria y secundaria; de Biología, Física, Geología, Química y aquellos que según el currículum son de carácter transversal. En este sentido, la interpretación de los sentidos de los principios fue fundamental, pues estos no fueron concebidos para la enseñanza escolar, sino para un contexto industrial y académico. Resulta necesario realizar una

lectura de los principios tal y como lo ha planteado Nahlik et al. (2023). Estos autores describen cómo un grupo de maestros/as de educación secundaria incluyeron directamente los principios de la QV en sus aulas, adaptándolos a diferentes grados y contextos, utilizando descripciones simplificadas, ejemplos de la vida diaria, conexiones o metáforas para facilitar la conexión de los/as estudiantes con cada uno de los principios.

Los OA identificados comienzan a responder al primer componente del MER, pues proporcionan una primera delimitación con respecto a la QV tanto para la educación primaria como para la educación secundaria. En el caso de la educación primaria, si bien se identificaron OA en todos los niveles, también es cierto que estos se concentraron en los dos últimos niveles y para la educación secundaria estuvieron presentes en todos los niveles. De acuerdo con Eilks & Linkwitz (2022), incluso los estudiantes de primaria son educados para cuidar el ambiente, para producir menos residuos o para ser responsables en el consumo de energía, pero esto no se atribuye directamente a la enseñanza de la Química. Este es un aspecto relevante, pues la integración de la QV a la educación formal aportaría en modificar la mirada descontextualizada de la Química que plantea Eilks y Linkwitz (2022) desde su abordaje de las problemáticas ambientales y, por lo tanto, a la posibilidad de que niños, niñas y jóvenes tenga acceso a estos conocimientos, que continúan desarrollándose mayoritariamente en la educación universitaria.

3.4.2 Asignaturas científicas escolares vinculadas con la Química Verde

De acuerdo con los resultados, se pudo observar que se encuentran conexiones de la QV con las diferentes asignaturas científicas escolares como la Biología, la Física, la Geología, y la Química. Como es de esperar, la Química es la asignatura con mayor presencia, aunque las otras asignaturas también aportan un número significativo de vinculaciones. Esto es una evidencia que complementa lo planteado por diversos autores (Eilks & Zuin, 2018; J. Chem. Educ., 2018; V. G. Zuin & Mammino, 2015), sobre el carácter interdisciplinar de la QV en el campo educativo y el hecho de encontrar estas conexiones con todas las disciplinas científicas escolares valida, desde el estudio del currículum escolar de ciencias, la visión interdisciplinaria de la QV.

Por otra parte, las problemáticas ambientales no se resuelven ni se comprenden a partir de un sólo campo científico. Los abordajes en este contexto son complejos, diversos y necesitan que se pongan en juego todas las disciplinas científicas, además de competencias y actitudes para lograr su comprensión. La enseñanza de la QV en la escuela necesita que las asignaturas científicas y otras dialoguen y se conecten. Esto refuerza la necesidad de que los principios de la QV tengan una aclaración para su enseñanza en la escuela que permita trabajar la QV en el aula a partir de los OA escolares.

3.4.3 Contenidos de las asignaturas científicas escolares vinculadas con la Química Verde

Así como los resultados permitieron distinguir las vinculaciones en cada asignatura científica escolar, también fue posible distinguirlos al interior de cada una ellas. El trabajo en la escuela necesita orientaciones claras que permitan no sólo reconocer las asignaturas que se vinculan con la QV, sino qué contenidos que facilitan la integración de la QV, desde la mirada del proceso de reconstrucción educativa.

Los hallazgos revelan que algunos contenidos identificados obtuvieron mayores vinculaciones que otros. Esto, resulta importante para este estudio, pues además de reconocer el carácter interdisciplinar, se reconocen los aportes que cada una de estas disciplinas realiza a la reconstrucción educativa de la QV de manera individual, a través de los contenidos curriculares identificados.

Los contenidos con mayores vinculaciones hacen referencia a la acción humana en ecosistemas y capas de la Tierra y el Modelo de Energía, particularmente la eficiencia energética y el uso responsable de ella. Estos contenidos pertenecen a Biología, Geología y Física respectivamente. Por otra parte, la Química, que en conjunto es la asignatura con mayor cantidad de vinculaciones, es a la vez, la que presentó la menor cantidad de vinculaciones a nivel ambiental. Esto continúa planteando el desafío de la incorporación a nivel curricular escolar de una comprensión más holística de las interconexiones entre la química y los sistemas humanos y ambientales (Aubrecht et al., 2019).

3.4.4 Contenidos transversales escolares de ciencias vinculados con la Química Verde

El currículum chileno de ciencias incluye un grupo de contenidos bajo el alero de la transversalidad. Los hallazgos de este estudio han identificado los contenidos centrales para desarrollar la QV en el aula, desde un abordaje más sistémico (Marcelino et al., 2023). Estos contenidos son la seguridad del trabajo experimental en la escuela y prevención de accidentes; el consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas; el desarrollo y controversias científico-tecnológica y; la gestión ambiental y desarrollo sostenible (Marcelino et al., 2023).

La identificación de este grupo de contenidos es muy importante para comprender la complejidad de los temas que se abordan en el ámbito ambiental y refuerzan algunas características que se han estudiado para la QV. Estas características son (Marcelino et al., 2023): sus aportes a la sostenibilidad, la representación de la complejidad al imbricar la prevención de los daños al ambiente y los avances tecnológicos y la necesidad de protocolos que promuevan

la seguridad en las actividades que se plantean, que van más allá de las fronteras disciplinares tradicionales.

3.4.5 Principios de la Química Verde que reciben mayores y menos vinculaciones

El trabajo de aclaración de la QV se basó en el estudio de sus principios y las posibilidades de integración en el currículum escolar, particularmente el chileno. Si bien todos los principios se vincularon con más de un objetivo de aprendizaje y con más de un contenido curricular, no lo hicieron de la misma manera.

Vale la pena cuestionar si todos los principios de la QV deben ser parte de su reconstrucción educativa o si todos deben tener el mismo grado de presencia en este proceso, pensando en que el tránsito que se propone es a la educación escolar. Integrar los 12 principios de la QV directamente a la educación escolar es complejo, porque muchos de ellos no son completamente aplicables al plan de estudio de educación primaria y educación secundaria y es necesario una interpretación de ellos o una lectura acorde con la educación escolar.

De acuerdo con los resultados, el uso de materias primas, la química más segura para la prevención de accidentes y el diseño para la degradación, son los principios con mayor cantidad de vinculaciones. Estos principios plantean temáticas que a priori, son comprensibles y adecuables al currículum escolar. Esto no ocurre con los principios de economía atómica o reducción en el uso de derivados, que además de necesitar una comprensión mayor sobre sus propósitos o sentidos, hacen referencia a contenidos muy particulares que se trabajan tradicionalmente, desde la Química y que a nivel escolar son más difíciles de integrar. Esto no quiere decir que no deben ser considerados, sino que implican un mayor esfuerzo para su incorporación en la escuela.



Los residuos plásticos también ahogan nuestras vías fluviales, contaminan nuestros océanos, matan la vida silvestre y se infiltran en nuestra cadena alimentaria

Continuando con el proceso, las bolsas se fusionan a través de una plancha convencional a la temperatura designada para "nylon".

CAPÍTULO 4

PERCEPCIONES DE MAESTROS/AS EN EJERCICIO E INVESTIGADORES/AS DE EDUCACIÓN CIENTÍFICA RESPECTO A LA QUÍMICA VERDE PARA SU RECONSTRUCCIÓN EDUCATIVA EN LA ENSEÑANZA ESCOLAR

Índice de contenidos del Capítulo 4

4. ESTUDIO DE LAS PERCEPCIONES DE MAESTROS/AS EN EJERCICIO E INVESTIGADORES/AS DE EDUCACIÓN CIENTÍFICA RESPECTO A LA QUÍMICA VERDE PARA SU RECONSTRUCCIÓN EDUCATIVA EN LA ENSEÑANZA ESCOLAR	140
4.1 INTRODUCCIÓN	140
4.1.1 Objetivos del estudio.....	141
4.1.2 Presentación de los grupos de participantes	142
4.2 Estudio de las percepciones de maestros/as en ejercicio (Grupo A) con respecto a la química verde y el currículum escolar	144
4.2.1 METODOLOGÍA.....	144
4.2.1.1 La muestra: Maestros/as en ejercicio (Grupo A)	144
4.2.1.2 Contexto: Diplomado sobre la enseñanza y aprendizaje de la Química Verde para la enseñanza de la Química y las Ciencias Naturales	146
4.2.1.3 Instrumentos de recogida de datos	150
A. Preguntas orientadoras.....	150
B. Rúbrica para responder las preguntas orientadoras.....	151
C. Actividades prácticas.....	153
4.2.1.4 Proceso de análisis a las respuestas de los maestros/as	155
4.2.1.5 Criterios de credibilidad	164
4.2.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	165
4.2.2.1 ¿Cuáles son los Objetivos de Aprendizaje del currículum chileno de ciencias que los/as maestros/as vinculan con los principios de la Química Verde?	165
4.2.2.2 ¿Qué asignaturas científicas escolares se vinculan con la Química Verde a partir de los OA identificados en las respuestas de los/as maestros/as?	169
4.2.2.3 ¿Qué contenidos de la ciencia escolar vinculan los/as maestros/as con la Química Verde?	171
A. Química Escolar	172

B. Biología Escolar	174
C. Física Escolar.....	174
D. Geología Escolar	175
4.2.2.4 ¿Cuáles son los principios de la QV con más vinculaciones curriculares establecidas por los maestros/as?	176
4.3 Estudio de las percepciones de investigadores/as de educación científica (Grupo B) con respecto a la Química Verde y el currículum escolar	180
4.3.1 METODOLOGÍA.....	180
4.3.1.1 La muestra: Investigadore/as del campo de la educación científica (Grupo B).....	180
4.3.1.2. Contexto de recogida de datos	181
4.3.1.3 Instrumentos de recogida de datos	183
4.3.1.4 Proceso de análisis a las respuestas de los/as investigadores/as	186
4.3.1.5 Criterios de credibilidad	192
4.3.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	193
4.3.2.1 ¿Cuáles son asignaturas de ciencias que vinculan los/as investigadores/as con los principios de la Química Verde?.....	193
4.3.2.2 ¿Qué contenidos de ciencias vinculan los/as investigadores/as con la Química Verde?	197
A. Química Escolar	198
B. Biología Escolar	199
C. Física Escolar.....	201
D. Geología Escolar	202
4.3.2.3 ¿ Qué contenidos transversales escolares vinculan los/as investigadores/as con la Química Verde ?	203
4.3.2.4 ¿Cuáles son los principios de la QV con más vinculaciones curriculares establecidas por los/las investigadores?	204

4.4 Estudio de la comparación de las percepciones de maestros/as e investigadores/as de educación científica con respecto a la Química verde y el currículum escolar	208
4.4.1 METODOLOGÍA.....	208
4.4.1.1 Proceso de análisis de la comparación de las respuestas de los maestros/as e investigadores/as a las preguntas orientadoras	209
4.4.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	209
4.4.2.1 ¿Cuáles son las similitudes y diferencias que ambos grupos presentan sobre las asignaturas de ciencias que se vinculan con los principios de la Química Verde?	210
4.4.2.2 ¿Cuáles son las diferencia que presentan maestros/as e investigadores sobre los contenidos escolares vinculados con la Química Verde?	211
A. Química Escolar.....	211
B. Biología Escolar	213
C. Física Escolar.....	214
D. Geología Escolar	216
4.4.2.3 ¿Cuáles son las similitudes y diferencias que estos grupos manifiestan sobre los principios con más y menos vinculaciones?.....	217
4.5 CONCLUSIONES	220
4.5.1 Dimensión multidisciplinar del contenido curricular de la QV escolar	221
4.5.2 Dimensión intradisciplinar del contenido curricular de la QV escolar	222
4.5.3 Dimensión interdisciplinaria del contenido curricular de QV escolar.....	222

Índice de Tablas del Capítulo 4

Tabla 1. Resumen de las características de los/as maestros/as participantes del estudio.	145
Tabla 2. Orden en que se trabajaron los principios de la QV en el Diplomado y ejemplos de OA vinculados a cada principio.	149
Tabla 3. Preguntas orientadoras asociadas a cada principio de la QV, implementadas en las sesiones del Diplomado.	151
Tabla 4. Rúbrica para orientar las respuestas de los/as maestros/as.	153

Tabla 5. Resumen de las actividades prácticas desarrolladas en el Diplomado.	154
Tabla 6. Libro de códigos para la identificación de OA en las respuestas de los/as maestros/as ..	156
Tabla 7. Ejemplo de las homologaciones entre ejes y asignaturas realizadas en la identificaciones de OA vinculados con la QV.	158
Tabla 8. Libro de códigos para el análisis literal e inferencial de la presencia de la QV en las respuestas de los/as maestros/as.	161
Tabla 9. Libro de códigos utilizado en la codificación de las respuestas de maestros/as.	163
Tabla 10. Ejemplo de la clasificación de las respuestas y los OA identificados según el tipo de identificación	166
Tabla 11. Ejemplo de los resultados del 1° y 2° análisis realizado a las respuestas de los/as maestros/as.	167
Tabla 12. Resumen de las vinculaciones de los OA con los principios de la QV a partir del 1° y 2° análisis realizado a las respuestas de maestros/as.	168
Tabla 13. Objetivos de aprendizaje asociados al principio 1 de la Química Verde y la pregunta 1 a partir de las respuestas de los/as maestros.	169
Tabla 14. Desglose de los OA vinculados a la QV por nivel de educación y eje del currículum chileno de ciencias, identificados en las respuestas de los/as maestros/as.	170
Tabla 15. Cantidad y Porcentaje de vinculaciones de la QV con las disciplinas científicas escolares a partir de las respuestas de maestros/as.	171
Tabla 16. Ejemplos de la asignación de códigos por OA identificado en las respuestas de los/as maestros.	172
Tabla 17. Contenidos de la Química escolar vinculados a la QV a partir de las respuestas de maestros/as.	173
Tabla 18. Contenidos de la Biología escolar vinculados a la QV a partir de las respuestas de maestros/as.	174
Tabla 19. Contenidos de la Física escolar vinculados a la QV a partir de las respuestas de maestros/as.	175
Tabla 20. Contenidos de la Geología escolar vinculados a la QV a partir de las respuestas de maestros/as.	175
Tabla 21. Ejemplos de resultados asociados a la vinculación de los principios de la QV con los contenidos curriculares.	176

Tabla 22. Número de vinculaciones entre los contenidos curriculares y los principios de la QV a partir de las respuestas de los/as maestros/as.....	177
Tabla 23. Vinculaciones totales identificadas en las respuestas de maestros/as por principio de la QV.....	178
Tabla 24. Resumen de las características de los/as investigadore/as participantes del estudio. ..	181
Tabla 25. Instrumentos aplicados a investigadores/as	185
Tabla 26. Extractos de las respuestas elaboradas por investigadores/as a las preguntas planteadas, clasificadas por disciplina científica.	189
Tabla 27. Libro de códigos utilizados en el análisis de las respuestas de investigadores/as.	191
Tabla 28. Contenidos Curriculares asociados al principio 1 de la Química Verde y la pregunta 1 a partir de las respuestas de los/as investigadores/as.	194
Tabla 29. . Desglose de los CC vinculados a la QV por disciplina científica, identificados en las respuestas de los/as investigadores/as.	195
Tabla 30. Cantidad y Porcentaje de vinculaciones de la QV con las disciplinas científicas escolares a partir de las respuestas de investigadores/as.....	196
Tabla 31. Ejemplos de la asignación de códigos por OA identificado en las respuestas de los/as investigadores/as.	197
Tabla 32. Contenidos de la Química escolar vinculados a la QV a partir de las respuestas de investigadores/as.	198
Tabla 33. Contenidos de la Biología escolar vinculados a la QV a partir de las respuestas de investigadores/as.	200
Tabla 34. Contenidos de la Física escolar vinculados a la QV a partir de las respuestas de investigadores/as.	201
Tabla 35. Contenidos de la Geología escolar vinculados a la QV a partir de las respuestas de investigadores.	202
Tabla 36. Contenidos vinculados con la QV transversalmente en las respuestas de los/as investigadores/as.	203
Tabla 37. Ejemplos de resultados asociados a la vinculación de los principios de la QV con los contenidos curriculares.....	205
Tabla 38. Número de vinculaciones entre los contenidos curriculares y los principios de la QV a partir de las respuestas de los/as investigadores/as.	206

Tabla 39. Vinculaciones totales identificadas en las respuestas de investigadores/as por principio de la QV.	207
Tabla 40. Resumen de la cantidad de respuestas y vinculaciones identificadas en los grupos A y B.	210
Tabla 41. Cantidad y Porcentaje de vinculaciones de la QV con las disciplinas científicas escolares de maestros/as e investigadores/as en didáctica de las ciencias.	210
Tabla 42. . Propuesta de modelo del contenidos curriculares para la QVE a partir de las respuesta de ambos grupos.	221

Índice de las Figuras del Capítulo 4

Figura 1. Esquema que resume las fases de análisis a las respuestas de maestros/as a las preguntas orientadoras.	155
Figura 2. Esquema que describe los procesos de análisis a las respuestas de maestros/as y los propósitos de cada uno ellos.	164
Figura 3. Invitación enviada a uno/a de los/as investigadores/as participantes del estudio.	183
Figura 4. Ejemplo del conglomerado Principio-Pregunta-Experimento para recoger las respuestas de los/as investigadores para el principio 6.	185
Figura 5. Ejemplo del conglomerado Principio-Pregunta-Experimento para recoger las respuestas de los/as investigadores para el principio 7.	186
Figura 6. Esquema que resume el proceso de análisis a las respuestas de investigadores/as a las preguntas orientadoras.	187
Figura 7. Esquema que describe los procesos de análisis a las respuestas de investigadores/as y los propósitos de cada uno ellos.	191

Índice de las Gráficas del Capítulo 4

Gráfica 1. . Principios de la QV ordenados de acuerdo con las vinculaciones encontradas a partir del análisis de las respuestas de maestros/as.	179
Gráfica 2. Principios de la QV ordenados de acuerdo con las vinculaciones encontradas a partir del análisis de las respuestas de investigadores/as.	208

4. ESTUDIO DE LAS PERCEPCIONES DE MAESTROS/AS EN EJERCICIO E INVESTIGADORES/AS DE EDUCACIÓN CIENTÍFICA RESPECTO A LA QUÍMICA VERDE PARA SU RECONSTRUCCIÓN EDUCATIVA EN LA ENSEÑANZA ESCOLAR

4.1 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo se plantea comprender las percepciones que otorgan maestros/as de primaria y secundaria e investigadores/as de educación científica a las conexiones entre la Química Verde (QV) y el currículum escolar. Por esto, la investigación se desarrolló desde el enfoque cualitativo a partir un paradigma interpretativo (Cohen et al., 2007, 2018), con la intención de poner al servicio de la interpretación las percepciones de los/as maestros/as e investigadores/as.

La elección de este paradigma se fundamenta, además, sobre la base de que un fenómeno educativo, como el que está en estudio, implica ser develado en profundidad, desde la comprensión de la complejidad de la reconstrucción educativa en la que se enmarca esta tesis. Interesa conocer el modo en que se interpreta una realidad social por los sujetos a cargo de implementar el currículum chileno y quienes realizan investigación en el campo de la didáctica, por lo que la apropiación en términos discursivos influirá en las percepciones otorgadas a las conexiones con la Química Verde.

El propósito de este apartado de la investigación es indagar en las percepciones de los/as maestros/as e investigadores/as, con la intención de develarlas, describirlas e interpretarlas, generando lo que Van Maanen llama “proceso de reflexión investigativa” (1998). Es por esto que el enfoque cualitativo resulta el más apropiado, en tanto que explora problemas sociales o humanos utilizando metodologías que permiten obtener una construcción compleja en base a la voz de los propios informantes de la investigación (Flick, 2007, 2018).

El estudio de las percepciones de los/as participantes, forma parte de la aplicación del modelo de reconstrucción educativa [MER] (Duit, 2007; Duit et al., 2012; Kattmann et al., 1996) para la QV y, particularmente, hace referencia al segundo componente de este modelo (el primer componente se estudió en el capítulo 3 de esta tesis). Según Kattmann et al. (1996), este segundo componente de MER consiste en una investigación empírica sobre la comprensión de los/as participantes sobre las ideas básicas involucradas en la QV. Esta fase es importante a la hora de

proyectar el diseño y evaluación de los entornos de aprendizaje, ya que permite fijar los objetivos del material didáctico. En esta investigación, se han abordado las perspectivas de maestros/as e investigadores/as sobre la QV y tiene como propósito identificar e incorporar concepciones preinstruccionales, variables afectivas, intereses, autoconceptos, actitudes y habilidades de los/as participantes de esta investigación sobre este campo científico.

Este estudio no busca representatividad numérica ni estadística, si no que se orienta a la comprensión de las representaciones sociales que se develan a partir de la interpretación de las percepciones de maestros/as e investigadores/as sobre la QV, esperando llegar a un entendimiento profundo de los actores y su implicancia en la reconstrucción educativa de la QV. De acuerdo con Cohen et al. (2007), los/as maestros/as e investigadores/as participantes responden a una muestra no probabilística, de conveniencia, y no aleatoria. Tanto el grupo de profesores/as como de investigadores/as que respondieron a los criterios de selección mencionados, fueron un grupo particular, sabiendo que no representan a la población general de maestros(as) de la Región Metropolitana de Santiago de Chile, ni a la de investigadores/as en el campo de la educación científica, simplemente se representan a sí mismos/as.

4.1.1 Objetivos del estudio

El estudio que se presenta en este capítulo aborda un objetivo general y tres objetivos específicos, que incorporan a las dos muestras de participantes. Para cada uno de los objetivos específicos, se ha desarrollado una estrategia metodológica particular. De acuerdo con esto, el diseño metodológico, los resultados y discusión de este apartado de la tesis, se presentan en tres secciones separadas en este mismo capítulo y comparten una conclusión. El objetivo general de este capítulo es:

Caracterizar y comparar las percepciones de maestros/as en ejercicio e investigadores/as en didáctica de las ciencias con respecto a la Química Verde y el currículum escolar.

A su vez, el objetivo principal se divide en tres objetivos específicos:

- I. Caracterizar las percepciones de maestros/as en ejercicio con respecto a la Química Verde y el currículum escolar, que se concreta a través de las siguientes preguntas de investigación:
 - ¿Cuáles son los Objetivos de Aprendizaje del currículum chileno de ciencias que los/as maestros/as vinculan con los principios de la Química Verde?

- ¿Qué asignaturas científicas escolares se vinculan con la Química Verde a partir de los OA identificados en las respuestas de los/as maestros/as?
 - ¿Qué contenidos de la ciencia escolar vinculan los/as maestros/as con la Química Verde?
 - ¿Cuáles son los principios de la QV con más vinculaciones curriculares establecidas por los maestros/as?
- II. Caracterizar las percepciones de investigadores/as en educación científica con respecto a la Química Verde y el currículum escolar, que se concreta a través de las siguientes preguntas de investigación:
- ¿Cuáles son asignaturas de ciencias que los/as investigadores/as vinculan con los principios de la Química Verde?
 - ¿Qué contenidos de ciencias vinculan los/as investigadores/as con la Química Verde?
 - ¿Qué contenidos transversales escolares vinculan los/as investigadores/as con la Química Verde?
 - ¿Cuáles son los principios de la QV con más vinculaciones curriculares establecidas por los/as investigadores?
- III. Comparar las percepciones de maestros/as en ejercicio e investigadores/as en educación científica con respecto a la Química Verde y el currículum escolar, que se concreta a través de las siguientes preguntas de investigación:
- ¿Cuáles son las similitudes y diferencias que ambos grupos presentan sobre las asignaturas de ciencias que se vinculan con los principios de la Química Verde?
 - ¿Cuáles son las diferencias que presentan maestros/as e investigadores sobre los contenidos escolares vinculados con la Química Verde?
 - ¿Cuáles son las similitudes y diferencias que estos grupos manifiestan sobre los principios con más y menos vinculaciones?

4.1.2 Presentación de los grupos de participantes

Los/as participantes de este estudio conformaron 2 grupos: (i) el grupo A formado por maestros/as en servicio de enseñanza primaria y secundaria, y (ii) el grupo B formado por investigadores/as de educación científica. Debido a que este estudio contempla la participación de estos dos grupos de

participantes, se presenta una descripción general de ellos/as en esta sección, para luego profundizar en cada uno de los grupos en coherencia con los objetivos planteados.

En concordancia con el enfoque cualitativo y considerando que el objetivo de esta investigación es comprender en profundidad un fenómeno en particular, se espera que esta muestra sea adecuada, en virtud de un profundo análisis (Sandelowski, 1995b) de los objetivos propuestos. Se seleccionaron a maestros/as e investigadores/as como participantes de este estudio, pensando que los discursos de éstos, mediante los diferentes instrumentos para la recogida de datos, se pondrán al servicio de la investigación, de manera de conocer las percepciones que le otorgaron al fenómeno en estudio, a saber: el segundo componente del modelo de reconstrucción educativa para la QV. El objetivo principal de la selección de los sujetos fue agotar el espacio simbólico que, de acuerdo con Bourdieu (1997), responde a la red de clasificaciones mentales que guía a las personas en su construcción cognitiva y conativa del mundo, que en este caso es la reconstrucción educativa de la QV. De acuerdo con esto, se optó por los siguientes criterios de selección.

En el caso del grupo A se seleccionaron todos los/as maestros/as, que participaron en un proceso de desarrollo profesional docente (DPD), específicamente el Diplomado sobre Química Verde y su enseñanza a nivel escolar, “Enseñanza y aprendizaje de Química Verde para la enseñanza de la química y las ciencias naturales”. Este Diplomado fue realizado durante 6 meses en la Universidad de Chile, en la ciudad de Santiago de Chile, de manera presencial. Todos/as los maestros/as participantes son profesionales en activo en la educación primaria y secundaria.

En el caso del grupo B se seleccionaron investigadores/as que fueran especialistas con formación inicial en alguna de las 4 disciplinas científicas escolares más representativas del currículum (Biología, Física, Geología o Química), que contaran con posgrados en educación y/o didáctica y/o disciplinares. También se consideró que tuvieran experiencia docente y/o de investigación a nivel escolar para asegurar un conocimiento del currículum escolar. Se envió la solicitud de participación al Departamento de Didáctica de la Matemática y las Ciencias Experimentales de la Universitat Autònoma Barcelona, la Sociedad Chilena de Educación Científica, la Red Latinoamericana de Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales, el Departamento de Estudios Pedagógicos de la Universidad de Chile y la Facultad de Ciencias básicas de la Universidad Metropolitana Ciencias de la Educación, Chile. Los/as investigadores que respondieron a esta convocatoria, fueron contactados por correo electrónico y la comunicación con

este grupo fue totalmente en línea, debido al contexto mundial de la pandemia Covid-19, lo que permitió la participación desde diversas partes del mundo.

Ambos grupos de participantes fueron informados sobre el contenido del estudio y sobre la posibilidad de abandonarlo en cualquier momento. Se obtuvo el consentimiento por escrito (maestros/as) y a través de un formulario virtual (investigadores/as) respectivamente, antes de que comenzara el estudio. Los 40 participantes (20 maestros/as y 20 investigadores/as) participaron de forma voluntaria y se utilizaron seudónimos para resguardar la confidencialidad de sus identidades, a lo largo de toda la investigación. .

4.2 Estudio de las percepciones de maestros/as en ejercicio (Grupo A) con respecto a la química verde y el currículum escolar

4.2.1 METODOLOGÍA

El análisis de las percepciones de maestros/as en ejercicio, identificados como el “grupo A” de este estudio, se llevó a cabo por medio del enfoque de análisis de contenido cualitativo (ACC) (Krippendorff, 2019; Krippendorff & Bock, 2009), Este tipo de análisis se caracteriza por revelar el sentido que emerge del texto, *“Desde este punto de vista, el ‘contenido’ de un texto no es algo que estaría localizado dentro del texto en cuanto tal, sino fuera de él, en un plano distinto en relación con el cual ese texto define y revela su sentido”* (Delgado & Gutiérrez, 2007, p. 179).

En este sentido, Díaz Herrera (2018) argumenta que el análisis de contenido cualitativo no tiene como fin la búsqueda de ciertos contenidos al interior un corpus de datos, sino que promueve la búsqueda de sentidos en estos contenidos, en el marco del contexto de la investigación. Este argumento justifica la elección de este análisis para este objetivo específico de la tesis.

4.2.1.1 La muestra: Maestros/as en ejercicio (Grupo A)

Este grupo estuvo integrado por 20 maestros/as que al momento de participar de esta investigación se encontraban en ejercicio. La experiencia en el aula de este grupo fue variable, identificando maestros/as que se encontraban en su primer año de docencia y otros/s que tenían hasta 20 años de experiencia en el aula.

Participaron 11 maestros/as de educación primaria y 9 de educación secundaria. Dentro del grupo de maestros/as de educación primaria, 9 de ellos/as tenían especialidad en enseñanza de las Ciencias Naturales (postítulo de mención en enseñanza básica, con mención en Ciencias Naturales¹) y 2 con especialidad en Matemática (postítulo de mención en enseñanza básica, con mención en Matemática²). En el caso de los 9 profesores/as de educación secundaria, todos/as eran profesores de Química, 1 de ellos/as con un doctorado en Química, 3 de ellos/as tenían un magíster en enseñanza de las ciencias, 3 eran especialistas en educación técnica profesional y 2 tenían un Diplomado en Evaluación.

La Tabla 1 resume las características de los/as maestros/as participantes:

Maestros/as	Descripción	Cantidad
Educación Primaria	11 maestros/as de Educación Primaria: • 9 con especialidad en Ciencias Naturales • 2 con especialidad en Matemática	11
Educación Secundaria	9 maestros/as de Química: • 1 con Doctorado en Química • 3 con Magíster en enseñanza de las Ciencias • 3 con especialistas en Educación Técnico-Profesional • 2 con especialidad en Evaluación	9

Tabla 1. Resumen de las características de los/as maestros/as participantes del estudio.

¹ Postítulo de mención en Ciencia Naturales, tiene como fin la especialización de maestros/as de enseñanza primaria en contenidos didácticos y disciplinarios sobre Ciencias Naturales, entre primero y sexto año de educación primaria en Chile. <https://www.uchile.cl/postgrados/93239/profesoras-de-educacion-basica-mencion-en-ciencias-naturales>

² Postítulo de mención en Matemática, tiene como fin la especialización de maestros/as de enseñanza primaria en contenidos didácticos y disciplinarios sobre Matemática, entre primero y sexto año de primaria en Chile. <https://www.uchile.cl/postgrados/93192/profesoras-de-educacion-basica-mencion-en-matematica>

4.2.1.2 Contexto: Diplomado sobre la enseñanza y aprendizaje de la Química Verde para la enseñanza de la Química y las Ciencias Naturales

La colección de datos del grupo A se llevó a cabo en el marco del desarrollo de un Diplomado³ de postítulo denominado “Enseñanza y aprendizaje de la Química Verde para la enseñanza de la Química y las Ciencias Naturales”, en el Campus Juan Gómez Millas de la Universidad de Chile, en dependencias de la Facultad de Filosofía y Humanidades y de la Facultad de Ciencias de dicha Universidad y su objetivo fue incorporar la comprensión y práctica de la Química Verde en la educación formal, particularmente en el currículum chileno de ciencias y conocer las implicancias de su implementación en el aula.

Estructura del Diplomado

El Diplomado recoge la experiencia desarrollada en conjunto por el Centro de Estudios y Desarrollo de Educación Continua para el Magisterio (en adelante, Centro Saberes Docentes) de la Facultad de Filosofía y Humanidades de la Universidad de Chile y el Núcleo Milenio⁴, Centro Interdisciplinario de Líquidos Iónicos (CILIS)⁵, de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile durante 4 años y se alimenta de múltiples experiencias de desarrollo profesional docente, llevadas a cabo por CILIS y el Centro Saberes Docentes desde entonces, lo que justificó la selección de este programa para ponerse al servicio de esta tesis. El Diplomado contempló un total de 225 horas cronológicas, desarrolladas a lo largo de 5 meses, que significó 43 sesiones. El desglose de las horas responde a la siguiente modalidad:

³ Para esta tesis se ocupará la denominación Diplomado, a pesar de que para la Universidad donde desarrolló este proceso, la nomenclatura correcta es Diploma de extensión, de acuerdo con el Artículo 2, Decreto Exento N°0027613/23 - Julio – 2004, de la Universidad de Chile.

Los Diplomas de la Universidad de Chile deben considerar que: “La carga académica máxima en horas de las actividades de un Diplomado debe ser inferior a la equivalente a un semestre a tiempo completo, esto es a 791 horas cronológicas y la mínima no podrá ser inferior a 216 horas, equivalente a 18 horas semanales por tres meses. Al menos 72 de las horas programadas deberán corresponder o ser equivalentes a actividades presenciales”.

⁴ Los Núcleos Milenio son iniciativas financiadas por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) chilena, conformado por un grupo de investigadores (3-10) ligados a una o más universidades o centros de investigación, que se asocian para abordar preguntas complejas, que se encuentran en la frontera del conocimiento de sus respectivas disciplinas. <https://www.anid.cl/centros-e-investigacion-asociativa/nucleos-milenio/>

⁵ El Centro Interdisciplinario de Líquidos Iónicos – CILIS – tuvo como propósito ser un referente a nivel nacional e internacional respecto, en particular, al estudio de los Líquidos Iónicos y, en general, al desarrollo de la Química Verde <https://www.iniciativamilenio.cl/cilis/>

- 129 horas presenciales
- 60 horas de estudio y trabajo personal
- 36 horas de aplicación en el aula.

Las horas de estudio y trabajo personal corresponde a la cantidad de horas asignadas a la apropiación y reflexión de las temáticas trabajadas y las lecturas asociadas a cada segmento del proceso. El trabajo de aplicación responde al tiempo que se estimó para llevar la propuesta al aula y la generación de evidencias que permitan analizar y reflexionar respecto de los alcances de la implementación.

Se trabajaron clases expositivas, talleres de análisis de actividades experimentales, talleres de reflexión pedagógica y de elaboración de propuestas didácticas, con el fin de:

- Acompañar a los/as maestros/as en la vinculación de los tópicos disciplinares de la Química Verde con los contenidos curriculares de educación primaria y educación secundaria, de acuerdo con la realidad de cada docente.
- Mediar la reflexión sobre la práctica pedagógica de cada maestros/as y la comprensión, interpretación e intervención sobre ella.
- Guiar el intercambio de experiencias entre pares, confrontando las visiones que cada maestro/a tenía del proceso.
- Colaborar en el desarrollo de acciones que representen situaciones reales y que permitan una reflexión crítica de la propia acción, con el fin de encontrar soluciones a problemáticas del propio quehacer individual y colectivo

La programación del Diplomado se desarrolló en base a un análisis del currículum chileno, es decir, el orden en que se trabajó cada temática responde a una propuesta de vinculación de los Objetivos de Aprendizajes planteados en las referencias curriculares y la Química Verde (Capítulo 3 de esta tesis). De esta manera, aquellos principios que encontraron mayores vinculaciones curriculares son los primeros en aparecer en las sesiones del Diplomado y bajo la misma lógica, aquellos principios de la Química Verde que se conectaban en menor presencia con el currículum chileno de ciencias son los que aparecen al final de las sesiones.

Las razones para utilizar este orden responden a la posibilidad de garantizar que los/as maestros/as participantes pudieran utilizar en sus intervenciones en el aula principios de la Química

Verde que estuvieran presentes en el currículum, de manera clara, antes de que terminara el Diplomado, pues la implementación en el aula fue una instancia que se llevó a cabo durante el desarrollo del programa de desarrollo profesional. En la siguiente tabla se observa el orden en el que se trabajaron los principios en el Diplomado y ejemplos de Objetivos de Aprendizaje (OA)⁶ chilenos que permitieron el orden propuesto (ver Tabla 2):

Ejemplos de OA vinculados	Principio de la QV (N del principio)	Orden
Explicar la importancia de usar adecuadamente recursos, proponiendo acciones y construyendo instrumentos tecnológicos para reutilizarlos, reducirlos y reciclarlos en la casa y en la escuela.	Uso de materias primas renovables (7)	1
Evaluar alcances y limitaciones de la tecnología y sus aplicaciones, argumentando riesgos y beneficios desde una perspectiva de salud, ética, social, económica y ambiental.	Prevención de accidentes (12)	2
Diseñar proyectos locales, basados en evidencia científica, para la protección y utilización sostenible de recursos naturales de Chile, considerando eficiencia energética, reducción de emisiones, tratamiento de recursos hídricos, conservación de ecosistemas o gestión de residuos.	Diseño para la degradación (10)	3
Investigar el ciclo de vida de productos de uso cotidiano y proponer estrategias de consumo sostenible para prevenir y mitigar impactos ambientales.	Análisis en tiempo real (11)	4
Analizar los efectos de la actividad humana sobre las redes alimentarias.	Prevención (1)	5
Analizar un circuito eléctrico domiciliario y comparar experimentalmente los circuitos eléctricos, en serie y en paralelo, en relación con la: • Energía eléctrica. • Diferencia de potencial. • Intensidad de corriente. • Potencia eléctrica. • Resistencia eléctrica. • Eficiencia energética.	Eficacia Energética (6)	6
Explicar la formación de compuestos binarios y ternarios, considerando las fuerzas eléctricas entre partículas y la nomenclatura inorgánica correspondiente.	Diseño de productos más seguros (4)	7
Establecer relaciones cuantitativas entre reactantes y productos en reacciones químicas (estequiometría) y explicar la formación de compuestos útiles para los seres vivos.	Catalizadores químicos y biológicos (9)	8
Investigar experimentalmente y explicar, usando evidencias, que la fermentación, la combustión provocada por un motor y un calefactor, y la oxidación de metales, entre otras, son reacciones químicas presentes en la vida diaria.	Métodos de síntesis menos peligrosos (3)	9

⁶ El currículum chileno de ciencias ha sido descrito en detalle en el capítulo 3. Los Objetivos de Aprendizaje (OA), representan los aprendizajes terminales de cada asignatura y responden a contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales.

Planificar y conducir una investigación que expliquen las propiedades coligativas de las soluciones y su importancia en procesos cotidianos (la mantención de frutas y mermeladas en conserva) e industriales (aditivos en el agua de radiadores).	Disolventes y auxiliares más seguros (5)	10
Describir las características de las capas de la Tierra (atmósfera, litósfera e hidrósfera) que posibilitan el desarrollo de la vida y proveen recursos para el ser humano, y proponer medidas de protección de dichas capas.	Evitar el uso de derivados (8)	11
Desarrollar un modelo que describa cómo el número total de átomos no varía en una reacción química y cómo la masa se conserva aplicando la ley de la conservación de la materia.	Economía Atómica (2)	12

Tabla 2. Orden en que se trabajaron los principios de la QV en el Diplomado y ejemplos de OA vinculados a cada principio.

Orden en que se trabajaron los principios de la QV en el Diplomado y ejemplos de OA vinculados a cada principio

Estructura de las sesiones del Diplomado

El Diplomado estuvo constituido por 43 sesiones que fueron organizadas en 15 módulos de aprendizaje. Doce de estos módulos (24 sesiones) se destinaron al trabajo de cada uno de los principios de la QV y los otros tres fueron: 1 módulo introductorio (7 sesiones) y 2 módulos para el proceso de evaluación y retroalimentación (12 sesiones) (En anexo 4.1, se puede revisar el detalle de la estructura del Diplomado).

En cada uno de los 12 módulos destinado al trabajo de los principios de la QV se trabajó bajo la misma estructura:

1. Presentación de una pregunta orientadora, que tuvo como propósito colaborar con la comprensión de cada uno de los 12 principios de la QV (Ver apartado de instrumentos utilizados, Tabla 3). Esta pregunta fue acompañada de una rúbrica (Ver apartado de instrumentos utilizados, Tabla 4) que facilitó la elaboración de las respuestas por parte de los/as maestros/as, pues contempló dimensiones y niveles de desempeño que guiaron el proceso de producción de las respuestas, que fueron recogidas como textos.
2. Desarrollo de una actividad práctica (Ver apartado de instrumentos utilizados, Tabla 5), de tipo experimental, en la que se puso en juego el principio de la QV tratado. Se les entregó una guía de trabajo, que contenía la descripción de la actividad y orientaciones para su desarrollo.

3. Una clase expositiva para revisar y discutir el principio de la QV trabajado. Se les entregó una guía teórica, con la descripción de cada principio y lecturas complementarias.
4. Recogida de la respuesta a la pregunta planteada, en forma de textos. Evaluación formativa de las respuestas y generación de una retroalimentación a cada producción.

Complementario a la producción de las respuestas por parte de los/as maestros/as, a partir de las preguntas orientadoras y las experiencias prácticas, los/as maestros/s diseñaron e implementaron una secuencia de enseñanza y aprendizaje (SEA) con foco en la QV en las escuelas donde cada uno/a de ellos/as trabajaba. Registraron observaciones de la implementación, que les permitieron analizar y reflexionar sobre estas SEA. El análisis de esta implementación es parte del Capítulo 5 de esta tesis.

El desarrollo de las preguntas, las actividades prácticas y el diseño e implementación de SEA, fue desarrollado en grupos, formándose **6 grupos** (4 grupos de 3 integrantes y 2 grupos de 4 integrantes).

4.2.1.3 Instrumentos de recogida de datos

Para desarrollar el estudio que permitió comprender las percepciones sobre la Química Verde y las conexiones curriculares otorgadas por los/as maestros/as participantes, se aplicaron instrumentos que buscaron acceder a sus percepciones. A continuación, se detallan los tres instrumentos utilizados para la recogida de datos: (a) Preguntas orientadoras, (b) Rúbrica para responder las preguntas orientadoras, y (c) Actividades prácticas. La recogida de datos se llevó a cabo a partir de los textos producidos por los participantes del Diplomado, a quienes se les solicitó responder, en grupos, cada una de las 12 preguntas planteadas para el trabajo de cada principio de la Química Verde, acompañadas de una rúbrica que orientó la elaboración de sus respuestas, a partir de 4 dimensiones. Por su parte, las actividades prácticas fueron desarrolladas por los/as maestros/as previamente a la elaboración de las respuestas, por lo tanto, fueron insumos para la profundización y comprensión de los principios de la QV y las respuestas construidas por este grupo.

A. Preguntas orientadoras

Tal como se describió en el apartado de contexto, se utilizaron 12 preguntas (Tabla 3) que tuvieron como propósito colaborar en la comprensión de los 12 principios de la QV. La construcción de estas preguntas consideró un principio por pregunta, una aplicación de este principio en la vida cotidiana

o para la enseñanza de las ciencias y la posibilidad de responderlas considerando su vinculación con el currículum escolar chileno de ciencias. A su vez, fueron acompañadas de una rúbrica (Tabla 4). Estas preguntas no responden a las características de una pregunta investigable (Ferrés-Gurt, 2017; Sanmartí & Márquez, 2012), pues el sentido de ellas fue orientar la comprensión de los principios de la QV (de allí su nombre “preguntas orientadoras”) y no realizar una investigación para la comprensión de los 12 principios. Las 12 preguntas, asociadas a los 12 principios de la QV, son las siguientes:

Principio	Preguntas orientadoras
Prevención	¿Por qué se promueve botar el aceite en un recipiente y no en la alcantarilla?
Economía Atómica	¿Podemos utilizar solo un indicador para analizar cuan verde es un proceso?
Métodos de síntesis menos peligrosos	¿Debes preocuparte del origen de algunas sustancias como endulzantes?
Diseño de productos más seguros	¿Es todo lo llamado “químico” tóxico para el ser humano y el ambiente?
Disolventes auxiliares más seguros	¿Se puede usar agua para limpiar cualquier tipo de mancha en una tela?
Diseño para la eficiencia energética	¿El horno de microondas es un artefacto calefactor eficiente?
Uso de materias primas renovables	¿Los residuos domiciliarios pueden ser una materia prima renovable?
Reducir el uso de derivados	¿En qué actividades de la vida diaria se pueden reducir las etapas de un proceso o el uso de la Energía?
Catálisis	¿Conoces catalizadores diferentes a los que usa un automóvil o coche?
Diseño para la degradación	¿Qué ventajas y desventajas habría si se aplicase en tu ciudad la prohibición del uso de bolsas plásticas?
Análisis en tiempo real	¿Eres consciente de realizar acciones que reduzcan los impactos negativos en el ambiente?
Síntesis química más segura	¿Cuál es el propósito de tener y respetar los protocolos o normas de seguridad ambiental?

Tabla 3. Preguntas orientadoras asociadas a cada principio de la QV, implementadas en las sesiones del Diplomado.

B. Rúbrica para responder las preguntas orientadoras

Se utilizó una rúbrica (Tabla 4) para orientar las respuestas de los/as maestros y resguardar que estas contemplaran 4 aspectos que se consideraron fundamentales en cada una de ellas y que no se respondiera de manera dicotómica. Los aspectos considerados fueron los siguientes:

1. *Vinculación con la Química Verde:* se solicitó que la respuesta considerara la vinculación directa de la problemática planteada en la pregunta y su relación con la QV y sus principios.

2. *Vinculación curricular*: se consideró fundamental la vinculación de la respuesta con contenidos (conceptuales, actitudinales y procedimentales) curriculares contemplados en el currículum chileno de ciencias, así como actividades de aula que permitieran su implementación en el aula.
3. *Claridad y coherencia*: se solicitó que la reflexión presentara claridad y coherencia al exponer las ideas en las respuestas a lo largo de todo el texto.
4. *Conclusión*: finalmente, se solicitó dar respuesta a la pregunta y proponer una conclusión a partir de los argumentos e ideas planteadas.

CRITERIO	Niveles de logros			
	Excelente (4)	Bueno (3)	Regular (2)	Necesita Mejorar (1)
Vinculación con la QV	La reflexión da respuesta a la pregunta, vinculando de forma explícita los principios de la QV. Utiliza claramente los principios de la QV para describir soluciones a la problemática planteada.	La reflexión da respuesta a la pregunta, nombrando pertinentemente principios de la QV. Utiliza, en ocasiones, los principios de la QV para describir soluciones a la problemática.	La reflexión da respuesta a la pregunta, nombrando de manera confusa principios de la QV. Describe soluciones a la problemática, sin vincular los principios.	La reflexión necesita mejoras para responder la pregunta planteada. Carece de vinculaciones con los principios de la QV que den soluciones a la problemática planteada.
Vinculación con el currículum escolar	Describe múltiples vinculaciones curriculares en torno a la temática planteada en la pregunta y actividades de aula que permiten trabajar la problemática planteada.	Describe y/o nombra algunas vinculaciones curriculares o actividades de aula donde trabajar la problemática planteada.	Describe y/o nombra algunas vinculaciones curriculares o actividades de aula, que necesitan mayor coherencia con la problemática planteada.	Carece de vinculaciones curriculares o actividades de aula donde trabajar la problemática planteada.
Claridad y coherencia	La reflexión mantiene una relación con cada idea en base a un tema central en todo el texto. Todos los argumentos tienen relación con la problemática planteada.	La reflexión presenta una idea principal y relaciones entre cada idea en la mayoría del texto. La mayoría de los argumentos tienen relación con la problemática planteada.	La reflexión presenta una idea central pero las relaciones entre cada idea no son claras. Algunos argumentos tienen relación con la problemática planteada.	La reflexión necesita mejorar la focalización de la idea central, pues los argumentos planteados son difusos.

Conclusión	La reflexión aporta una respuesta categórica y una conclusión pertinente a todas las ideas y argumentos planteados.	La reflexión aporta una respuesta implícita a la pregunta y una conclusión en base a algunos de los argumentos e ideas planteadas.	La reflexión presenta una respuesta confusa a la pregunta y una conclusión que no se observa alineada con los argumentos e ideas planteadas.	La reflexión carece de una respuesta explícita o implícita y de una conclusión pertinente a los argumentos e ideas planteadas.

Tabla 4. Rúbrica para orientar las respuestas de los/as maestros/as.

C. Actividades prácticas

Para continuar con las orientaciones para la comprensión de los 12 principios de la QV, se les presentaron a los/as maestros/as 12 actividades prácticas (Tabla 5) que tuvieron como propósito profundizar y analizar cada uno de los principios y colaborar en la producción de las preguntas planteadas. Estas actividades fueron desarrolladas por los/as maestros/as en grupos, en los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, durante las sesiones en las que se desarrolló el Diplomado.

Cada actividad estuvo acompañada de una sesión de reflexión y fueron vinculadas a las 12 preguntas orientadoras, con el fin de lograr la mayor apropiación posible, por parte de los/as maestros/as participantes, con respecto a la QV y sus alcances. Las 12 actividades prácticas y su propósito se resumen en la siguiente tabla (Tabla 5).

Principio	Propósito/Actividad práctica
Prevención	Comprender que los costes de los residuos químicos son una grave responsabilidad económica, medioambiental y social para aplicar la prevención/Verificar experimentalmente las relaciones existentes entre la temperatura y la concentración de soluciones en relación con la contaminación de los océanos y el petróleo como desecho
Economía Atómica	Calcular y analizar el factor E, como medida de verdor/Comparar la formación de CO ₂ a partir de fruta y levadura v/s ácido acético y bicarbonato de sodio, en función de la economía atómica y el factor -E
Métodos de síntesis menos peligrosos	Comprender el impacto de productos de diferente toxicidad/Comparar diferentes indicadores ácido – base y su utilidad (repollo morado y cúrcuma). Evaluar, cualitativamente, la toxicidad de todos los productos
Diseño de productos más seguros	Identificar sustancias peligrosas y reemplazarlas por otras menos peligrosas/Comparar la utilidad y toxicidad de un biopolímero con un polímero de uso común y sus implicancias ambientales
Disolventes auxiliares más seguros	Evaluar el uso del agua como disolvente verde y los impactos de los disolventes tradicionales/Analizar las propiedades de distintos solventes y solventes verdes

	relacionando sus características con las interacciones intermoleculares y sus efectos en el ambiente
Diseño para la eficiencia energética	Seleccionar las fuentes de energía más eficientes en una reacción química/Analizar las diferencias empíricas entre energía electromagnética y térmica. Valorar las ventajas de utilizar la radiación electromagnética (horno de microondas) en una reacción química.
Uso de materias primas renovables	Promover el uso de residuos como materia prima/Analizar y replicar el proceso de formación de biodiesel a partir de un compuesto reciclado (aceite usado).
Reducir el uso de derivados	Evaluar las fases y el uso de la energía en las acciones cotidianas, como analogía de la síntesis química/Desarrollar la comprensión de la importancia de evitar el uso y la generación de derivados; comparar rutas sintéticas y evaluarlas (reactivos, productos, etapas, auxiliares, derivados y residuos).
Catálisis	Comprender la relevancia y el funcionamiento de los catalizadores/ A través de simples experimentos de laboratorio, demostrar parámetros que afectan la velocidad de una reacción.
Diseño para la degradación	Diferenciar la concepción de degradabilidad y biodegradabilidad/Predecir y determinar qué materiales son biodegradables y cuáles no, en función de su comportamiento en un periodo determinado.
Análisis en tiempo real	Reflexionar sobre las acciones cotidianas y su impacto inmediato en el medio ambiente / Distinguir y llegar a comprender alteraciones en los ciclos biogeoquímicos debido a cambios en las propiedades de algunas soluciones.
Síntesis química más segura	Revisar los protocolos de seguridad en el laboratorio/Proponer protocolos de actuación en caso de accidentes durante el trabajo experimental y comprender su importancia.

Tabla 5. Resumen de las actividades prácticas desarrolladas en el Diplomado.

4.2.1.4 Proceso de análisis a las respuestas de los maestros/as

El análisis de las respuestas de maestros/a se realizó a través de un proceso constituido por 3 análisis diferentes. La Ilustración 1 describe los análisis realizados.

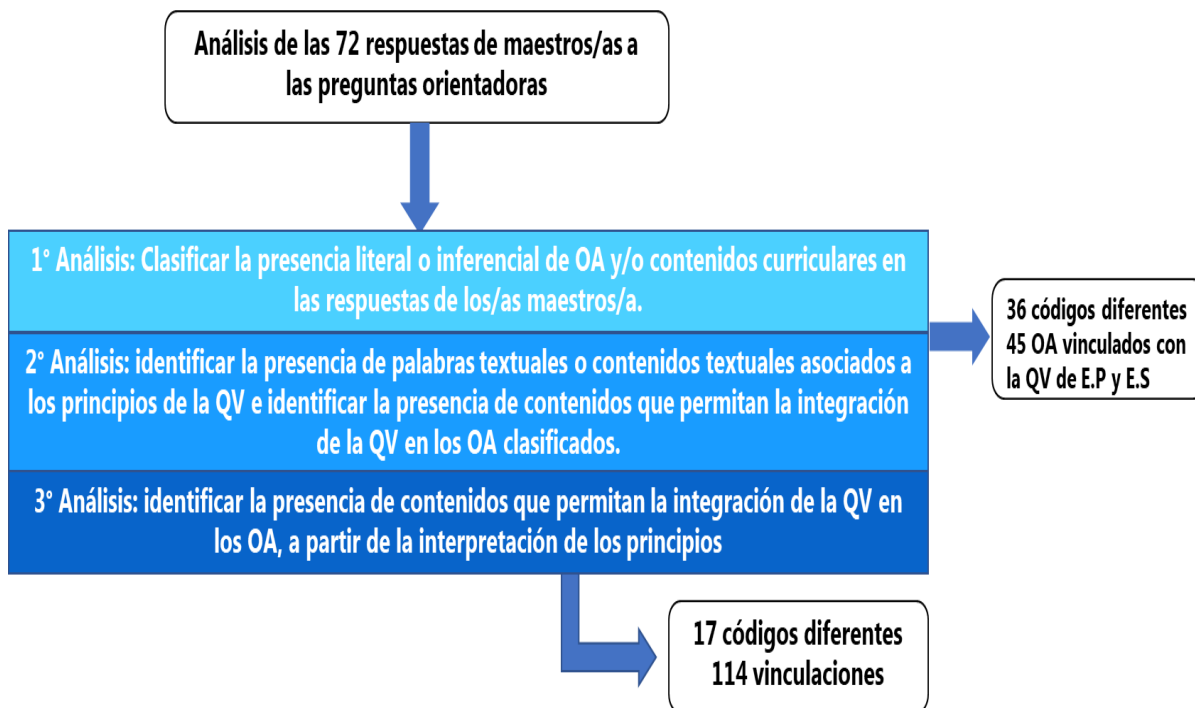


Figura 1. Esquema que resume las fases de análisis a las respuestas de maestros/as a las preguntas orientadoras.

El siguiente texto, es un extracto de una de las 72 respuestas escritas por un grupo de maestros/as (grupo 3), en el apartado que hace referencia a la vinculación curricular del principio “Diseño para la eficiencia energética” a través de la pregunta: *¿Es el horno de microondas un dispositivo de calentamiento eficiente?*

“En cuanto a la vinculación con el currículo, este principio permite el desarrollo de actividades relacionadas con los tipos de energía y las transformaciones que experimentan, ofreciendo opciones de ejemplos que pueden conectar con las actividades cotidianas de los estudiantes y al mismo tiempo sugiriendo trabajar el concepto de eficiencia energética. También es un escenario en el que se podría trabajar sobre el modelo atómico, debido al funcionamiento del horno

microondas, y de esta manera mostrar que es posible contextualizar esta unidad que los alumnos encuentran muy compleja”

(Extracto respuesta de la sesión 13. Grupo 3)

Las 72 respuestas generadas por los 6 grupos de maestros/as a las 12 preguntas orientadoras se analizaron a través del software *Atlas.ti*. identificando 114 menciones individuales sobre contenidos curriculares. Estas menciones superan el número de respuestas, ya que en algunas de las ellas fue posible encontrar más de 1 vinculación curricular. Estas menciones individuales corresponden a las unidades de análisis para el grupo A.

1° Análisis: identificación de la presencia literal e inferencial de OA en las respuestas de los/as maestros/as.

El primer análisis se focalizó en la clasificación de las respuestas de acuerdo con el grado de explicitación en la que se observaron objetivos de aprendizaje o contenidos curriculares (Tabla 6). Se construyó un libro de códigos (MacQueen et al., 1998; Roberts et al., 2019) de forma inductiva. Este proceso iterativo, permitió considerar dos tipos de identificación; (i) literales, que supuso la identificación explícita de OA en las respuestas de los/as maestros/as y (ii) inferenciales, que planteó la identificación inferencial de los OA presentes en las respuestas de los/as maestros.

Categoría	Código	Descripción
Objetivos de Aprendizaje	<i>OA literales</i>	<i>Referencia a la presencia explícita de OA en las respuestas de maestros/a</i>
	<i>OA inferenciales</i>	<i>Referencia a la presencia de contenidos curriculares y niveles de enseñanza en las respuestas de maestros/as</i>
		<i>Referencia a la presencia de asignaturas del currículum escolar de ciencias y niveles de enseñanza en las respuestas de maestros/as</i>
		<i>Referencia a la presencia de contenidos curriculares y asignaturas del currículum escolar en las respuestas de maestros/as</i>

Tabla 6. Libro de códigos para la identificación de OA en las respuestas de los/as maestros/as .

En una primera fase este análisis, de naturaleza literal, se identificó la presencia explícita de Objetivos de Aprendizaje (OA) en las respuestas de los/as maestros. Una vez seleccionados los OA textuales, se contrastaron con lo que declaran los documentos curriculares chilenos para la enseñanza primaria, secundaria y técnico profesional y así identificarlos cabalmente.

En una segunda fase de este primer análisis, de naturaleza inferencial, se identificó la presencia de contenidos curriculares y niveles de enseñanza; asignaturas curriculares y niveles de enseñanza y; contenidos curriculares y una asignatura del currículum escolar en las respuestas de los/as maestros/as. Una vez realizadas estas identificaciones fueron contrastadas con lo que declaran los documentos curriculares chilenos para la educación primaria, educación secundaria y educación técnico profesional; es decir, considerando que en estos casos las referencias de maestros/as sólo indicaban el tema y/o el nivel, fue necesario buscar en el currículum a qué objetivo hacía referencia dicho tema o nivel de manera precisa, en miras a complementar los OA identificados en la primera fase.

Los OA encontrados en las respuestas de maestros/as, corresponden a la educación primaria y la educación secundaria de la asignatura de Ciencias Naturales, la que se organiza en torno a tres ejes temáticos vinculados con las disciplinas que integran las Ciencias Naturales en el currículum chileno. Por este motivo y como una tercera fase de este primer análisis, cada uno de los Objetivos de Aprendizaje se vinculó a los ejes de la asignatura de Ciencias Naturales y se homologó a la asignatura de origen. Por ejemplo, el eje curricular “Ciencias de la Vida”, se homologó a Biología. A continuación, se muestran todas las homologaciones realizadas para el caso de la enseñanza primaria (primero a sexto de primaria):

- Ciencias de la Vida homologado a Biología: el eje incorpora tres temáticas centrales. El primero corresponde al estudio de los seres vivos, el segundo tema es el estudio del cuerpo humano y el tercer tema es presente en el eje es el cuidado del medioambiente.
- Ciencias Físicas y Químicas, separados en Física y Química: en este eje, se espera que los/as estudiantes se aproximen a los conceptos de energía y materia, con especial énfasis en sus múltiples efectos y transformaciones.
- Ciencias de la Tierra y del Universo, homologado a Geología: este eje trata sobre los fenómenos de la Tierra y el modo en que esta se relaciona con el Universo.

Para el caso de la Enseñanza secundaria (Séptimo⁷ de Primaria a Cuarto año de Secundaria) los ejes corresponden a: Biología, Química, Física y agregando Geología (aun cuando no aparece de manera explícita en el currículum), por lo tanto, no fue necesario realizar una homologación.

Se escogieron diferentes códigos, atendiendo a la vinculación que las respuestas tenían con los diferentes niveles del currículum chileno: Enseñanza Primaria (E.P), Enseñanza Secundaria (E.S) y Enseñanza Técnico Profesional (E.TP) y los ejes presentes en el: Ciencias de la Vida (CV), Ciencias de la Física y la Química (CFQ), Ciencias de la Tierra y el Universo (CTU), Biología (B), Física (F), Química (Q), Química Industrial (QI). (Ejemplos: OA 4 de segundo año de enseñanza primera, eje Ciencias de la Vida OA 4 (E.P2.CV); OA 3 de tercer año de enseñanza técnico profesional, mención Química Industrial OA 4 (E.TP3.QI).

La Tabla 7 muestra un ejemplo de las identificaciones realizadas en la tercera fase de este análisis, a partir de los OA identificados:

Eje del currículum chileno de ciencias	Objetivo de Aprendizaje vinculado
Ciencias de la Vida - Biología	OA 13 (E.P7.CV): Investigar experimentalmente y explicar el comportamiento de gases ideales en situaciones cotidianas, considerando: Factores como presión, volumen y temperatura. Las leyes que los modelan. La teoría cinético-molecular
Ciencias de la Tierra y el Universo - Geología	OA 14 (E.P5.CTU): Investigar y explicar efectos positivos y negativos de la actividad humana en los océanos, lagos, ríos, glaciares, entre otros, proponiendo acciones de protección de las reservas hídricas en Chile y comunicando sus resultados
Química	OA 5 (E.TP3.QI): Realizar el manejo de residuos industriales, sólidos y líquidos, previniendo incidentes o derrames, aplicando procedimientos de emergencia en caso de accidente, resguardando el cumplimiento de exigencias de identificación, la normativa ambiental y/o sanidad vigente, almacenamiento y disposición final de esos residuos

Tabla 7. Ejemplo de las homologaciones entre ejes y asignaturas realizadas en la identificaciones de OA vinculados con la

QV.

⁷ Los niveles de la enseñanza escolar chilena se han organizado de la siguiente manera: primero a sexto año de primaria, séptimo y octavo a pesar de ser de primaria, se consideran dentro del orden de la enseñanza secundaria. Esto se debe a que se encuentra en tramitación el cambio que considerará 6 años para la enseñanza primaria y 6 años para la enseñanza secundaria. Debido a que esto aún no entra en marcha, séptimo y octavo mantienen la nomenclatura de primaria, pero están considerados dentro de los documentos curriculares de secundaria.

2° Análisis: identificación de los principios de la QV presentes en los OA identificados en las respuestas de los/as maestros/as.

El segundo análisis consistió en reconocer con qué principios de la QV se vincularon los OA identificados en el primer análisis. Para esto, se utilizó el libro de códigos (MacQueen et al., 1998; Roberts et al., 2019) construido para el análisis del currículum y explicado en el capítulo 3 de esta tesis. La Tabla 7 presenta el libro de códigos, en el que se describen como categorías los principios de la QV: en amarillo se observan los códigos utilizados en el análisis literal y en rosa los códigos utilizados en el análisis inferencial.

Categoría	Código	Descripción
Principio 1 Prevención	<i>Prevención</i>	Referencia literal al título del principio 1, es decir, Prevención
	<i>Costos económicos y sociales</i>	Referencia a los costos económicos y sociales que implican los residuos químicos provenientes de la acción humana
	<i>Costos ambientales y humanos</i>	Referencia a los costos ambientales y humanos que implican los residuos químicos provenientes de la acción humana
Principio 2 Economía atómica	<i>Economía atómica</i>	Referencia literal al título del principio 2, es decir, Economía atómica
	<i>Aplicación del rendimiento de una reacción química</i>	Referencia a las aplicaciones del concepto de rendimiento de una reacción química para comprender los impactos ambientales
	<i>Características cualitativas de los productos finales</i>	Referencia que permite comprender cualitativamente que los cambios químicos deben considerar las características de los productos finales y su impacto en el ambiente y la salud humana.
	<i>Características cuantitativas de los productos finales</i>	Referencia que permite comprender cuantitativamente que los cambios químicos deben considerar las características de los productos finales y su impacto en el ambiente y la salud humana
Principio 3 Métodos de Síntesis menos peligrosos	<i>Métodos de síntesis menos peligrosos</i>	Referencia literal al título del principio 3, es decir, Métodos de síntesis menos peligrosos
	<i>Toxicidad humana</i>	Referencia que relaciona la toxicidad humana (carcinógena, endocrina, dérmica, ocular, referida al ADN) con las sustancias químicas y cómo prevenirla
	<i>Toxicidad ambiental</i>	Referencia que relaciona la toxicidad ambiental (acuática, aviar, fitotoxicidad, en mamíferos (no humanos) con las sustancias químicas y cómo prevenirla
	<i>Peligros físicos</i>	Referencia que relaciona los peligros físicos (explosividad; corrosividad; oxidantes; pH, reacciones violentas) con las sustancias químicas y cómo prevenirlos

	<i>Peligros globales</i>	Referencia que relaciona los peligros globales (luvia ácida; calentamiento global, agotamiento del ozono, trato de seguridad, escasez de agua) con las sustancias químicas y cómo prevenirlos
Principio 4 Diseños de productos más seguros	<i>Diseño de productos más seguros</i>	Referencia literal al título del principio 4, es decir, Diseño de productos más seguros
	<i>Reemplazo de sustancias químicas con menos impacto</i>	Referencia que describe el cambio o reemplazo de sustancias químicas con el fin de mitigar su impacto en el ambiente y/o la salud humana
Principio 5 Disolventes auxiliares	<i>Disolventes auxiliares</i>	Referencia literal al título del principio 5, es decir, disolventes auxiliares
	<i>Impacto de los disolventes</i>	Referencia que permite comprender que los disolventes son sustancias que tienen impacto en el ambiente y/o la salud humana
	<i>Reemplazo de disolventes</i>	Referencia que propone el reemplazo o evaluación de disolventes por aquellos que tenga el menor impacto posible al ambiente y/o la salud humana
Principio 6 Eficiencia Energética	<i>Eficiencia Energética</i>	Referencia literal al título del principio 6, es decir, eficiencia energética
	<i>Uso responsable de la energía</i>	Referencia que describe la relación entre el consumo energético de diferentes procesos y su impacto en el ambiente y la salud humana
	<i>Disminuir los combustibles fósiles</i>	Referencia que describe que se deben buscar estrategias energéticas que no utilicen combustibles fósiles
Principio 7 Uso de materias primas renovables	<i>Materias primas renovables</i>	Referencia literal al título del principio 7, es decir, materias primas renovables
	<i>Características de Recursos y materias primas renovables</i>	Referencia que permite comprender las características de recursos y/o materias primas renovables
	<i>Uso de recursos y materias primas renovables</i>	Referencia que describe y/o ejemplifica los posibles usos de recursos y/o materias primas renovables
Principio 8 Reducir el uso de derivados	<i>Reducir el uso de derivados</i>	Referencia literal al título del principio 8, es decir, Reducir el uso de derivados
	<i>Pasos o fases de un proceso químico</i>	Referencia que describe las fases de un proceso químico y su impacto ambiental y/o a la salud humana
	<i>Reducción de las fases de un proceso</i>	Referencia a la reducción de etapas en un proceso para mitigar su impacto ambiental y/o a la salud humana
Principio 9 Catálisis	<i>Catálisis</i>	Referencia literal al título del principio 9, es decir, catálisis
	<i>Función de catalizadores</i>	Referencia que describe el uso y/o funcionamiento de catalizadores

	<i>Importancia de los catalizadores</i>	Referencia que describe la importancia de los catalizadores en los procesos químicos
Principio 10 Diseño para la degradación	<i>Diseño para la degradación</i>	Referencia literal al título del principio 10, es decir, diseño para la degradación
	<i>Persistencia de sustancias</i>	Referencia que describe que la persistencia de sustancias tiene un impacto en el ambiente y/o la salud humana
Principio 11 Análisis en tiempo real	<i>Análisis en tiempo real</i>	Referencia literal al título del principio 11, es decir, Prevención
	<i>Monitoreo de procesos químicos</i>	Referencia a la evaluación de los impactos inmediatos en el ambiente y la salud humana de sustancias químicas
Principio 12 Seguridad en procesos químicos	<i>Seguridad en procesos químicos</i>	Referencia literal al título del principio 12, es decir, seguridad en procesos químicos
	<i>Protocolos de seguridad</i>	Referencia que proponen medidas y acciones que disminuyan los riesgos físicos y ambientales asociados al uso de sustancias químicas
	<i>Minimizar los accidentes</i>	Referencia que plantean medidas y acciones que disminuyan accidentes al manipular sustancias químicas

Tabla 8. Libro de códigos para el análisis literal e inferencial de la presencia de la QV en las respuestas de los/as maestros/as.

A partir de este libro de códigos, se identificaron aquellos OA que contenían literalmente alguno de los principios de la QV, extrayendo desde los títulos de los principios de la QV palabras literales como: prevención, economía atómica, diseño para la degradación entre otras. Este análisis también identificó aquellos OA que permiten la integración de la QV, aun cuando estos no consideraran palabras textuales explícitas asociadas a los principios de la QV.

3° Análisis: identificación de contenidos presentes en los OA que permiten la integración de la QV.

Una vez identificados los OA a partir de las respuestas de los/as maestros/as y los principios que se observan en ellos, se realizó el tercer análisis que consistió en la aplicación de un tercer libro de códigos (Tabla 9). Este, fue construido en base al libro de códigos del análisis teórico del currículo, descrito en el capítulo 3 de esta tesis, poniéndose al servicio del análisis de las respuestas de los/as maestros. De manera deductiva se utilizaron los 21 códigos ya existentes y se complementaron con 3 códigos que emergieron del análisis inductivo de los OA vinculados en las respuestas de los/as maestros/as. Estos tres códigos son: *Energía Nuclear, Cinética Química y Tipos de Energía*.

El propósito de este proceso fue codificar los OA identificados previamente, a partir de contenidos curriculares de las asignaturas científicas (que son las categorías de este proceso),

permitiendo describir la cantidad de vinculaciones por asignatura, a la vez que la cantidad de cada contenido codificado dentro de las asignaturas. Como estos contenidos curriculares han codificado los OA identificados en los análisis previos, se pudieron contabilizar las vinculaciones en cada uno de los principios de la QV.

La Tabla 9 muestra el libro de códigos utilizado en el análisis de las respuestas de maestros/as, en orden alfabético de las disciplinas escolares presentes (Biología, Física, Geología, Química y Transversales); en la segunda columna, los códigos generados ordenados por orden alfabético y, en la tercera columna, la descripción de cada código.

Categoría	Código	Descripción
Biología (B)	<i>Cuerpo Humano y Salud</i>	Referencia a la relación e interrelación de los sistemas del cuerpo humano y factores que puedan afectar al funcionamiento del cuerpo
	<i>Ecosistemas Actividad Humana</i>	Referencia a los efectos de la actividad humana en ecosistemas y medidas para su protección
	<i>Energía y Ecosistemas</i>	Referencia al flujo y procesamiento de energía en los sistemas biológicos y los efectos de sustancias externas
	<i>Organización de los seres vivos</i>	Referencia a las estructuras, jerarquías y sistemas biológicos: características, propiedades e interacciones y los efectos que pueden sufrir por la acción humana
Física (F)	<i>Energía</i>	Referencia al modelo de energía; Uso responsable de la Energía, Energías renovables; Termodinámica y Eficiencia Energética
	Tipos de Energía	Referencia a los tipos de energía para comprender sus transformaciones y sus usos responsables
	<i>Recursos</i>	Referencia a los recursos naturales renovables y no renovables y recursos energéticos que no tengan efectos en el ambiente
Geología (G)	<i>Capas de la tierra</i>	Referencia a las características de las capas de la tierra y desarrollo de la vida para comprender dónde actúan las sustancias químicas producto de la acción humana
	<i>Capas de la tierra Actividad humana</i>	Referencia a los efectos de las actividad humana y acciones de protección en las capas de la tierra
	<i>Ciclos Biogeoquímicos</i>	Referencia a la/s interacción/es cíclicas de distintos elementos químicos y sus reservorios en el planeta y los efectos y consecuencias de la acción humana en ellos
Química (Q)	<i>Bioquímica</i>	Referencia a la química de procesos biológicos y biomoléculas útiles para los seres vivos y el entorno

	<i>Cambios fisicoquímicos</i>	Referencia a los cambios físicos y químicos de la materia; incluidas reacciones químicas y estequiometría; propiedades y características; y; Reacciones que incluyan catálisis, vinculadas con acciones de prevención sintética.
	<i>Cinética Química</i>	Referencia a los factores que afectan la cinética de las reacciones químicas
	<i>Energía Nuclear</i>	Referencia a la Energía Nuclear; características y uso responsable de ella
	<i>Estados de la materia</i>	Referencia a las propiedades y estados de la materia; cambios de estado necesarios para comprender los principios de la QV
	<i>Industria química</i>	Referencia a los procesos y efectos en la sociedad y el ambiente de la industria química
	<i>Materiales</i>	Referencia a las propiedades y tipos de materiales y la selección para la prevención de efectos en el ambiente
	<i>Modelo atómico-molecular</i>	Referencia al modelo atómico-molecular; Enlace químico y fuerzas intermoleculares, necesarios para comprender los principios de la QV
	<i>Química Orgánica</i>	Referencia a la Química Orgánica y reactividad; Propiedades y formación de polímeros para el diseño y aplicación de proceso que no tengan efecto en el entorno
	<i>Sustancias</i>	Referencia a las propiedades y características de las sustancias puras, mezclas y disoluciones químicas, que no tengan efecto en el ambiente
Transversales (Tr)	<i>Ambiente y sostenibilidad</i>	Referencia a la relación entre el desarrollo sostenible y la gestión ambiental
	<i>Controversias</i>	Referencia al desarrollo y controversias Científico-tecnológica relacionadas con el uso y consumo de sustancias químicas y acciones de prevención de impactos ambientales
	<i>Seguridad y prevención</i>	Referencia a la seguridad del trabajo experimental en la escuela y prevención de accidentes asociados a actividades experimentales o prácticas
	<i>Sostenibilidad</i>	Referencia al consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas

Tabla 9. Libro de códigos utilizado en la codificación de las respuestas de maestros/as.

La Figura 2, aporta un resumen del proceso de análisis de las respuestas de los/as maestros/as participantes respecto a las vinculaciones con la QV. Este proceso estuvo constituido por tres análisis diferentes. El primer análisis hizo referencia a la clasificación de las respuestas de los/as maestro/as, de acuerdo con el tipo de presencia identificada, es decir, OA identificados literalmente y otros de manera inferencial. El segundo análisis, estudió los OA identificados en el primer análisis, en relación con la presencia literal o inferencial de los principios de la QV en ellos. Finalmente, el tercer análisis

permitió identificar contenidos curriculares de ciencias que emergen de los OA y cómo estos se observan en los principios de la QV, respondiendo de esta forma a todas las preguntas que concretan el primer objetivo específico de este estudio.

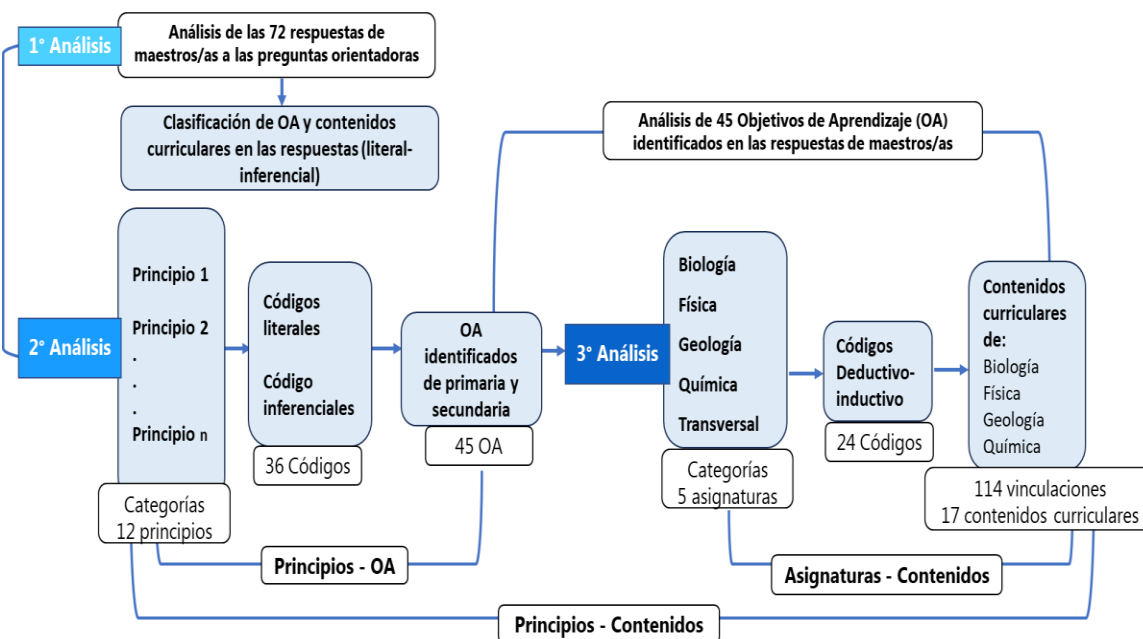


Figura 2. Esquema que describe los procesos de análisis a las respuestas de maestros/as y los propósitos de cada uno de ellos.

4.2.1.5 Criterios de credibilidad

En coherencia con la selección del paradigma de corte cualitativo, los criterios de credibilidad responden al enfoque seleccionado. Para el primer objetivo específico de este estudio, es decir, el análisis a las respuestas de los/as maestros/as, se recurrió a la saturación teórica y la triangulación de investigadores, ya que estas estrategias responden a criterios consistentes con el enfoque comprensivo interpretativo de este apartado de la tesis. Las estrategias seleccionadas tienen como propósito colaborar con la validez de esta investigación (Cohen et al., 2018), pues los criterios de credibilidad seleccionados aportaron en la comprensión, desde distintos puntos de vista, de la percepción de los maestros sobre la Química Verde y su vinculación a nivel curricular escolar.

La saturación teórica permitió identificar un punto en el que tanto los códigos del 2° como del 3° análisis, no agregaron ninguna “nueva” información a la recopilada (Harreveld et al., 2016). En este sentido, todos los códigos fueron utilizados en los procesos de análisis, pero no todos fueron identificados como resultados. De acuerdo con Ortega-Bastidas, (2020), “el punto de saturación

debía orientar al investigador a: ‘buscar grupos que amplíen la diversidad de datos tanto como sea posible, solo para asegurarse de que la saturación se base en la gama más amplia posible de datos’” (p.294). Esto valida el uso de libros de códigos que tuvieron una gama amplia de códigos para el proceso de análisis, colaborando con la validez de la investigación.

El segundo criterio de credibilidad fue la triangulación de investigadores (Cohen et al., 2018; Sandelowski, 1995). Esto significó la consulta a diferentes investigadores/as pertenecientes al Departamento de Didáctica de la Matemática y las Ciencias Experimentales de la Universidad Autónoma de Barcelona y otros investigadores/as que realizaron estancias académicas en la misma universidad. Cada investigador/a, de acuerdo con su propio enfoque metodológico, teórico o disciplinario, permitió un análisis más riguroso y una interpretación más completa de las respuestas de los/as maestros. Esto significó concretamente que los hallazgos de este estudio fueron evaluados por otros/as investigadores/as que permitieron presentar los resultados que se describen en el siguiente apartado.

4.2.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis realizado a partir de los datos obtenidos con la muestra del grupo A, ha permitido dar respuesta al objetivo específico 1 de este capítulo, es decir, *caracterizar las percepciones de maestros/as en ejercicio con respecto a la Química Verde y el currículum escolar*. Los resultados se presentan organizados de acuerdo con cada una de las cuatro preguntas asociadas a este objetivo específico.

4.2.2.1 ¿Cuáles son los Objetivos de Aprendizaje del currículum chileno de ciencias que los/as maestros/as vinculan con los principios de la Química Verde?

En relación con el análisis realizado de las 72 respuestas de los/as maestros, se encontraron 45 OA vinculados a la QV, de los cuales 21 correspondieron a educación primaria y 25 a educación secundaria. La Tabla 10 muestra un ejemplo de los resultados de este primer análisis en el que se incluye extractos con diferente tipos de presencia de los OA identificados.

Tipo de identificación	Extracto de la respuesta	Objetivo de Aprendizaje vinculado
LITERAL	<i>Experimentalmente se puede explicar el comportamiento de gases ideales en</i>	OA 13 (E.P7.CV): Investigar experimentalmente y explicar el

	<i>situaciones cotidianas con el apoyo del OA 13 Química, para séptimo año básico, es interesante el experimento a realizarse con materiales concretos y de fácil acceso, además es algo sencillo y no se corre ningún riesgo para los estudiantes (Extracto respuesta a la pregunta Principio 2)</i>	comportamiento de gases ideales en situaciones cotidianas, considerando: Factores como presión, volumen y temperatura. Las leyes que los modelan. La teoría cinético-molecular
INFERENCIAL	<i>Cada vez que estas sustancias llegan a masas de agua continentales u oceánicas, crea una película superficial que impide la entrada de la luz, provocando la alteración del desarrollo de la vida, en dicho ecosistema (5to básico unidad I “El agua” (Extracto respuesta a la pregunta Principio 1)</i>	OA 14 (E.P5.CTU): Investigar y explicar efectos positivos y negativos de la actividad humana en los océanos, lagos, ríos, glaciares, entre otros, proponiendo acciones de protección de las reservas hídricas en Chile y comunicando sus resultados
	<i>Por ejemplo, todo tipo de residuos orgánicos que puede ser utilizado como biomasa susceptible de ser transformada en otro material como compost, fertilizante e incluso biocidas naturales, esto se trabaja puntualmente en la unidad 4 de cuidado del medioambiente y tratamiento de residuos (Extracto repuesta a la pregunta Principio 7)</i>	OA 5 (E.TP3.QI): Realizar el manejo de residuos industriales, sólidos y líquidos, previniendo incidentes o derrames, aplicando procedimientos de emergencia en caso de accidente, resguardando el cumplimiento de exigencias de identificación, la normativa ambiental y/o sanidad vigente, almacenamiento y disposición final de esos residuos

Tabla 10. Ejemplo de la clasificación de las respuestas y los OA identificados según el tipo de identificación .

Una vez identificados los 45 OA, se analizó qué principios estaban vinculados en cada uno de ellos. Tal y como se describió en el análisis, para esto se utilizaron los códigos construidos en el capítulo 3 de esta tesis. En la Tabla 11 se muestra un ejemplo de este proceso. En ella se mantienen los colores utilizados en libro de códigos: amarillo para los códigos literales y rosa para los principios identificados a partir de su interpretación.

Categoría	Códigos	Descripción	OA vinculados

Principio 6 Eficiencia Energética	Eficiencia Energética	Referencia literal al título del principio 6, es decir, eficiencia energética	OA10 (EP.8.F): Analizar un circuito eléctrico domiciliario y comparar experimentalmente los circuitos eléctricos, en serie y en paralelo, en relación con la: • Energía eléctrica. • Diferencia de potencial. • Intensidad de corriente. • Potencia eléctrica. • Resistencia eléctrica. • Eficiencia energética.
	Uso responsable de la energía	Referencia que describe la relación entre el consumo energético de diferentes procesos y su impacto en el ambiente y la salud humana	OA11 (EP.6.CFQ): Clasificar los recursos naturales energéticos en no renovables y renovables y proponer medidas para el uso responsable de la energía.
	Disminuir los combustibles fósiles	Referencia que describe que se deben buscar estrategias energéticas que no utilicen combustibles fósiles	OA17 (ES.1.Q): Investigar experimentalmente y explicar, usando evidencias, que, la combustión provocada por un motor y un calefactor, y la oxidación de metales, entre otras, son reacciones químicas presentes en la vida diaria, considerando Su impacto en los seres vivos y el entorno.

Tabla 11. Ejemplo de los resultados del 1° y 2° análisis realizado a las respuestas de los/as maestros/as

De acuerdo con este segundo análisis, se identificaron de formar literal 4 principios de la QV en 8 OA de educación primaria y educación secundaria. Mientras que el análisis inferencial permitió la identificación de los 12 principios en 37 OA de ambos ciclos educativos.

Análisis	Principios identificados	OA identificados
1° Análisis literal	• Principio 1 Prevención de residuos • Principio 6 Diseñado para la energía y la eficiencia • Principio 7 Uso de materias primas renovables • Principio 12 Química más segura para la prevención de accidentes	8 OA de educación primaria y educación secundaria

2° Análisis inferencial	• Principio 1 Prevención de residuos • Principio 2 Economía atómica • Principio 3 Síntesis química menos peligrosa • Principio 4 Diseño de productos químicos más seguros • Principio 5 Disolventes y auxiliares seguros • Principio 6 Diseñado para la energía y la eficiencia • Principio 7 Uso de materias primas renovables • Principio 8 Reducir derivados • Principio 9 Catálisis • Principio 10 Diseño para la degradación • Principio 11 Prevención en tiempo real • Principio 12 Química más segura para la prevención de accidentes	37 OA de educación primaria y educación secundaria
Total de OA identificados		45 OA

Tabla 12. Resumen de las vinculaciones de los OA con los principios de la QV a partir del 1° y 2° análisis realizado a las respuestas de maestros/as.

No todos los OA se vincularon con la misma frecuencia, observándose diferencias por principio de la QV. Por ejemplo, para el principio 1 “Prevención” (ver Tabla 13), se identificaron 8 Objetivos de Aprendizaje (diferentes) del currículum chileno correspondientes a educación primaria y educación secundaria, relacionados con los ejes de la asignatura de Ciencias Naturales: Ciencias de la Vida, Ciencias Físicas y Químicas, Ciencias de la Tierra y el Universo y Química. En la tercera columna se observa la frecuencia de cada uno de los OA identificados para este principio, lo que implica 16 vinculaciones en total. A continuación, en la Tabla 13, se detallan las identificaciones encontradas para el principio 1 de la QV y la frecuencia de cada una de ellas. (En anexo 4.2, se puede revisar el detalle del resto de los principios).

Prevención		
<i>Principio 1 “Es mejor prevenir la formación de residuos que limpiarlos una vez formados”</i>		
<u>Pregunta 1:</u> ¿Por qué razón se promueve botar aceite en un recipiente y no en la alcantarilla? ¿Ha calculado cuánta agua ha contaminado o prevenido de posibles contaminaciones en su hogar?		
Nivel de Enseñanza	Objetivos de aprendizaje	Frecuencia observada
Primaria	OA 6 (E.P2.CV): Identificar y comunicar los efectos de la actividad humana sobre los animales y su hábitat.	1
	OA 11 (E.P2.CFQ): Describir el ciclo del agua en la naturaleza, reconociendo que el agua es un recurso preciado y proponiendo acciones cotidianas para su cuidado. (2)	2

	OA 1 (E.P3.CV): Observar y describir, por medio de la investigación experimental, las necesidades de las plantas y su relación con la raíz, el tallo y las hojas.	4
	OA 5 (E.P3.CTU): Explicar la importancia de usar adecuadamente los recursos, proponiendo acciones y construyendo instrumentos tecnológicos para reutilizarlos, reducirlos y reciclarlos en la casa y en la escuela.	1
	OA 14 (E.P5.CTU): Investigar y explicar efectos positivos y negativos de la actividad humana en océanos, lagos, ríos, glaciares, entre otros, proponiendo acciones de protección de las reservas hídricas en Chile y comunicando sus resultados.	3
	OA 3 (E.P6.CV): Analizar los efectos de la actividad humana sobre las redes alimentarias.	1
	OA 14 (E.P7.Q): Investigar experimentalmente y explicar la clasificación de la materia.	2
Secundaria	OA 15 (E.S2.Q): Explicar, por medio de modelos y la experimentación, las propiedades de las soluciones en ejemplos cercanos, considerando: El estado físico (sólido, líquido y gaseoso); sus componentes (soluto y solvente) y la cantidad de soluto disuelto (concentración).	2

Tabla 13. Objetivos de aprendizaje asociados al principio 1 de la Química Verde y la pregunta 1 a partir de las respuestas de los/as maestros.

4.2.2.2 ¿Qué asignaturas científicas escolares se vinculan con la Química Verde a partir de los OA identificados en las respuestas de los/as maestros/as?

Los 45 OA identificados y las respectivas frecuencias encontradas, suman un total de 114 vinculaciones. En la siguiente tabla (Tabla 14), se resumen todas las vinculaciones encontradas en las respuestas de maestros/as, por ciclo educativo y por principio de la QV. Por ejemplo, para el principio 2 de la QV se encontraron 3 vinculaciones para educación primaria, de las cuales 1 corresponde Biología y 1 a Física y 1 a Química. Para educación secundaria, se encontraron 4 vinculaciones y todas corresponden a Química, por lo tanto, en total se observaron 7 vinculaciones.

	Primaria				Secundaria				Total
	B	F	G	Q	B	F	G	Q	
Principio 1	6	1	5		----	----	----	4	16
Principio 2	1	1	----	1	----	----	----	4	7
Principio 3	8	----	----	----	----	----	----	2	10
Principio 4	2	----	----	1	----	----	----	1	4
Principio 5	3	----	4	1	----	----	----	6	14
Principio 6	----	17		----	----	----	----	6	23
Principio 7	2	3	1	----	----	----	----	3	9
Principio 8	5	1	----	----	----	----	----	3	9
Principio 9	1		----	----	----	----	----	5	6

Principio 10	1	2	4	----	----	----	----	1	8
Principio 11	----	2	1	----	1	----	----	----	4
Principio 12	----	1	----	----	----	1	----	2	4
Total	29	28	15	3	1	1	----	37	114

Tabla 14. Desglose de los OA vinculados a la QV por nivel de educación y eje del currículum chileno de ciencias, identificados en las respuestas de los/as maestros/as.

La mayor cantidad de OA vinculados con la QV pertenecen a Química del nivel de secundaria (37 OA). Esto es de relevar, pues en el caso de primaria la Química es la que obtuvo la menor cantidad de vinculaciones. En segundo lugar, se encuentran las vinculaciones asociadas a la Biología, que en su mayoría se encuentran en la educación primaria (29 OA) y, al contrario de lo que ocurre en Química, en secundaria solo se identificó 1 respuesta asociada a la Biología de educación secundaria.

Con respecto a lo que se observa para Física, la mayoría de las vinculaciones se observan asociadas al principio 6 “Diseño para la Eficiencia Energética”, particularmente en primaria, pues en quinto y sexto año de educación primaria, se trabajan los OA asociados al modelo de Energía, lo que responde a la alta cantidad de vinculaciones observadas en este principio para la Física escolar.

Lo que ocurre con la Geología responde a la manera en la que se ha construido el currículum chileno de ciencias, pues se evidencian 2 fenómenos. Por una parte, la gran mayoría de OA asociados a las características de las capas de la Tierra y los efectos de la actividad humana en ellas, se encuentran en primaria, careciendo el currículum de este tipo de contenidos en educación secundaria. Resulta lógico, entonces, la escasez de vinculaciones en educación secundaria, pues es coherente con lo declarado por el currículum. Por otra parte, el currículum chileno de ciencias no contempla la asignatura de Geología explícitamente, aun cuando en educación primaria está presente. En cambio, en educación secundaria, solo es posible encontrar el abordaje entre el ser humano y el medio en la asignatura de Historia, Geografía y Ciencias Sociales: *“Reconocer procesos de adaptación y transformación que se derivan de la relación entre el ser humano y el medio, e identificar factores que inciden en el asentamiento de las sociedades humanas (por ejemplo, disponibilidad de recursos, cercanía a zonas fértiles, fragilidad del medio ante la acción humana, o la vulnerabilidad de la población ante las amenazas del entorno)”* (Mineduc, 2015 p.193).

De manera general, se encontraron 75 vinculaciones en educación primaria y 39 en educación secundaria. Además, las vinculaciones identificadas en educación primaria abarcan la

Biología, la Física, la Geología y la Química escolar. Sin embargo, en el caso de secundaria, hay solo 2 vinculaciones que no corresponden a Química.

Finalmente, se muestra un cuadro general de las vinculaciones identificadas para cada disciplina, independiente del ciclo educativo. En ella se observa que, a pesar de la baja cantidad de vinculaciones de Química en primaria, en secundaria presenta una gran cantidad de vinculaciones y en conjunto se observa un 35,1%, lo que implica que ocupa el primer lugar de las vinculaciones encontradas. De manera inversa, la Geología escolar es la asignatura que menos vinculaciones recibió con un 13,2%. Es importante mencionar que, independiente de las cantidades asociadas a cada disciplina, se encontraron vinculaciones con todas las asignaturas del currículum, aportando a la discusión del carácter interdisciplinar que se ha descrito de la QV (Eilks & Zuin, 2018; J. Chem. Educ., 2018; Machado, 2015; Marcelino et al., 2020). La Tabla 15, muestra el resumen de vinculaciones encontradas a partir de las respuestas de maestros/as.

	QUÍMICA (%)	BIOLOGÍA (%)	FÍSICA (%)	GEOLOGÍA (%)	Total
Profesores/as	40 (35,1%)	30 (26,3%)	29 (25,4%)	15 (13,2%)	114 (100%)

Tabla 15. Cantidad y Porcentaje de vinculaciones de la QV con las disciplinas científicas escolares a partir de las respuestas de maestros/as.

A continuación, se consideraron las vinculaciones al interior de cada asignatura de la ciencia escolar con la QV. De esta forma, se buscó identificar y, por tanto, contabilizar los códigos vinculados a cada OA. (categorías para proceso de análisis) con la QV. En esta fase de resultados, es relevante recordar que los códigos, permitieron reconocer contenidos disciplinares básicos o grupos de contenidos y por tanto permiten identificar un cuerpo de contenidos necesarios para la educación de la QV a nivel escolar, a través de las asignaturas científicas escolares.

4.2.2.3 ¿Qué contenidos de la ciencia escolar vinculan los/as maestros/as con la Química Verde?

Además de agrupar las vinculaciones de acuerdo con las asignaturas científicas escolares a las que estas pertenecen, las respuestas de maestros/as en ejercicio permitieron identificar contenidos curriculares por disciplina científica y su vinculación con la QV, a partir de los códigos asignados a cada OA. De acuerdo con los datos analizados, se consideró que un vínculo entre un contenido específico y la QV es fuerte cuando se observa más de un 10% de vinculaciones, entendiendo con

esto que se pueden encontrar vinculaciones más débiles con la QV y que serán aquellas que no superen el 10% de vinculaciones.

Para ejemplificar los resultados referidos a la asignación de los contenidos curriculares en cada OA identificado previamente, se utilizará un código del libro (Tabla 9) presentado en la tercera fase del análisis. Esto permite comprender cómo los OA se vincularon con contenidos curriculares particulares y a su vez esto permitió la posterior vinculación con los principios de la QV. Por ejemplo, al “OA 16 (E.P6.CTU): Describir las características de las capas de la Tierra (atmósfera, litósfera e hidrósfera) que posibilitan el desarrollo de la vida y proveen recursos para el ser humano, y proponer medidas de protección de dichas capas” se le asignó el código “Capas de la Tierra y actividad humana” perteneciente a la categoría de Geología.

En la **Tabla 16** se muestran ejemplos de la asignación de códigos por OA identificado en las respuestas de los/as maestros.

Categoría	Código (Contenido curricular)	OA vinculado
Geología	Capas de la Tierra y actividad humana	OA 16 (E.P6.CTU): Describir las características de las capas de la Tierra (atmósfera, litósfera e hidrósfera) que posibilitan el desarrollo de la vida y proveen recursos para el ser humano, y proponer medidas de protección de dichas capas
		OA 14 (E.P5.CTU): Investigar y explicar efectos positivos y negativos de la actividad humana en los océanos, lagos, ríos, glaciares, entre otros, proponiendo acciones de protección de las reservas hídricas en Chile y comunicando sus resultados

Tabla 16. Ejemplos de la asignación de códigos por OA identificado en las respuestas de los/as maestros.

Es necesario reportar que, de los 24 códigos contemplados para este análisis, se identificaron 17 de ellos y se observó la ausencia de 7. Particularmente, no se observó la presencia del grupo de códigos de la categoría transversal, es decir, Ambiente y sostenibilidad; Controversias; Seguridad y prevención y; Sostenibilidad. Además de: Bioquímica; Industria Química y; Ciclos Biogeoquímicos.

A. Química Escolar

A partir del análisis a las respuestas de los/as maestros/as, de las 114 vinculaciones totales identificadas, 40 corresponden a Química que, para la presentación de estos resultados, se

considera el 100%. Estas vinculaciones permitieron identificar un total de 8 contenidos curriculares de Química escolar vinculados con la QV (ver Tabla 17).

Contenidos curriculares de Química escolar vinculados con la QV		Vinculaciones (%)
Q ₁	Energía nuclear y reactividad	1 (2,5%)
Q ₂	Cinética química	3 (7,5%)
Q ₃	Modelo atómico - molecular; enlace químico y fuerzas intermoleculares	4 (10%)
Q ₄	Propiedades y tipos de materiales	4 (10%)
Q ₅	Propiedades de estados de la materia; cambios de estado	5 (12,5%)
Q ₆	Química Orgánica y reactividad; propiedades y formación de polímeros	6 (15%)
Q ₇	Cambios físicos y químicos de la materia; reacciones químicas y estequiometría: propiedades y características	8 (20%)
Q ₈	Propiedades y características de las sustancias puras, mezclas y disoluciones químicas	9 (22,5%)
Vinculaciones totales		40 (100%)

Tabla 17. Contenidos de la Química escolar vinculados a la QV a partir de las respuestas de maestros/as.

De acuerdo con el criterio que identifica un contenido como estrechamente vinculado a la QV, solo dos contenidos de los ocho quedan fuera de esta clasificación, estos son: Q₁ *Energía nuclear y reactividad con un 2,5%* y el Q₂ *Cinética química con un 7,5%*, quedando en la clasificación de contenidos débilmente vinculados con la QV. Los restantes 6 contenidos, están en el grupo de los contenidos estrechamente vinculados.

El contenido más fuertemente vinculado es el Q₈ *Propiedades y características de las sustancias puras, mezclas y disoluciones químicas*, seguido del contenido Q₇ *Cambios físicos y químicos de la materia; reacciones químicas y estequiometría: propiedades y características*. Esto posiciona a contenidos tradicionales de la Química escolar, como la base para el trabajo de la QV en el aula. Según Nahlik et al. (2023), esto responde a una de las principales críticas o dudas sobre los enfoques ecológicos o sostenibles de la química, que es el sacrificio del conocimiento de contenido tradicional.

Dentro de estos 8 contenidos no se identificaron contenidos asociados a la prevención de la acción humana en el ambiente, particularmente desde la mirada de las sustancias químicas o la sostenibilidad. Una primera discusión sobre esto emana de la posibilidad que presenta el propio currículum chileno de ciencias, específicamente el de química, carente de contenidos de naturaleza ambiental y/o sostenible. Esto influye en las conexiones que realizan los/as maestros, que ven en el currículum oficial una orientación explícita a su práctica docente.

B. Biología Escolar

Los contenidos asociados a la Biología escolar implicaron 30 vinculaciones que equivalen al 100% de las vinculaciones identificadas para la Biología. En este grupo, se identificaron 4 contenidos curriculares vinculados con la QV (ver Tabla 18).

Contenidos curriculares de Biología escolar vinculados con la QV		Vinculaciones (%)
B ₁	Cuerpo humano: salud y alimentación	6 (20,0%)
B ₂	Organización de los seres vivos	7 (23,3%)
B ₃	Energía y ecosistemas	8 (26,7%)
B ₄	Efectos de la actividad humana en ecosistemas y medidas para su protección	9 (30,0%)
Vinculaciones totales		30 (100%)

Tabla 18. Contenidos de la Biología escolar vinculados a la QV a partir de las respuestas de maestros/as.

El caso de las vinculaciones observadas para la Biología, los 4 contenidos curriculares responden al criterio propuesto para tipificar un contenido como estrechamente vinculado con la QV, pues todos ellos superan el 10% de vinculaciones. En este grupo destaca como el contenido con mayor cantidad de vinculaciones son los Efectos de la actividad humana en ecosistemas y medidas para su protección [B₄], lo que resulta interesante para este estudio, pues es el primer contenido estrechamente vinculado con la QV que aborda aspectos de índole ambiental y de prevención de daños al ambiente a partir de la acción humana. Los otros contenidos, de acuerdo con las voces de los/as maestros, facilitarían la integración de la QV, pero responden a aspectos tradicionales de la Biología escolar.

Con respecto a la naturaleza de estos contenidos, solo “Cuerpo Humano: salud y alimentación” [B₁], no tiene relación con la ecología y, más allá de salir de esta subcategoría, amplía las posibilidades para el tránsito de la QV a la escuela, pues permite discutir la acción de las sustancias químicas, en su amplio espectro de aplicación, en aspectos relacionados con el Cuerpo Humano.

C. Física Escolar

En relación con las vinculaciones identificadas para la Física escolar de acuerdo con las respuestas de maestros/as, se encontró un total de 29 vinculaciones, que equivalen al 100%. De acuerdo con ellas, se identificaron 3 contenidos curriculares (Tabla 19).

Contenidos curriculares de Física escolar vinculados con la QV		Vinculaciones (%)
F ₁	Recursos naturales energéticos	7 (24.1%)
F ₂	Modelo de Energía; uso responsable de la Energía y eficiencia energética	9 (31.0%)
F ₃	Tipos y transformaciones de la Energía	13 (44.8%)
Vinculaciones totales		29 (100%)

Tabla 19. Contenidos de la Física escolar vinculados a la QV a partir de las respuestas de maestros/as.

Al igual que lo que se observó en el caso de la Biología, los 3 contenidos que fueron identificados superan ampliamente el 10% de vinculaciones, lo que implica que los *Recursos naturales y energéticos* [F₁], el *Modelo de Energía* [F₂] y los *Tipos y transformaciones de la Energía* [F₃], son contenidos estrechamente vinculados con la QV. Este grupo de contenidos comparten la centralidad del concepto de Energía, abordado desde diferentes miradas o enfoques en cada caso.

Se hace necesario discutir la presencia del contenido F₃ Tipos de energía. Las respuestas de los/as maestros hicieron necesario diferenciar aquellas respuestas que hacían referencia particularmente a los Tipos de Energía y sus transformaciones y aquellas respuestas en las que se identificaron vinculaciones asociadas a la Energía de manera más amplia. De cierta manera, esto responde al trabajo en el aula, particularmente en primaria, donde se observaron la mayor cantidad de las vinculaciones observadas para la Física escolar.

D. Geología Escolar

Finalmente, en las respuestas de maestros/as se identificaron 2 contenidos curriculares de Geología escolar (Ver Tabla 20), ambos estrechamente vinculados, pues superan ampliamente el 10% estipulado para esta clasificación.

Contenidos curriculares de Geología escolar vinculados con la QV		Vinculaciones (%)
G ₁	Características de las capas de la Tierra y desarrollo de la vida	3 (20%)
G ₂	Efectos de la actividad humana y acciones de protección en las capas de la Tierra	12 (80%)
Vinculaciones totales		15 (100%)

Tabla 20. Contenidos de la Geología escolar vinculados a la QV a partir de las respuestas de maestros/as.

Si bien los dos contenidos presentaron altas vinculaciones, es necesario destacar el contenido referido a los *Efectos de la actividad humana y las acciones de protección en las capas de la Tierra* [G₂], pues el 80% de las vinculaciones fueron asociados a este contenido, presentándolo

como fundamental para el trabajo de la QV en el aula. Las vinculaciones emergen, en su mayoría, desde la educación primaria, esto implica la reflexión en el marco del diseño curricular y las posibilidades que ofrece el propio currículum para el trabajo de estos contenidos en el aula, con estudiantes de secundaria.

4.2.2.4 ¿Cuáles son los principios de la QV con más vinculaciones curriculares establecidas por los maestros/as?

La última pregunta que concreta este objetivo específico plantea conocer cuáles son los principios de la QV con más vinculaciones curriculares. El análisis realizado a las respuestas de maestros/as además de identificar un cuerpo de contenidos de diferente naturaleza, también permitió reconocer qué principios de la QV encuentran mayores o menores vinculaciones con el currículum escolar.

En relación con lo descrito, esta pregunta se responde a partir de los 3 análisis realizados. La siguiente tabla (Tabla 21), muestra ejemplos de la sistematización de los resultados para 2 OA, con el propósito de exponer de manera particular las vinculaciones entre los principios de la QV y los contenidos curriculares.

Principios QV	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
OA 11 (E.P2.CFQ): Describir el ciclo del agua en la naturaleza, reconociendo que el agua es un recurso preciado y proponiendo acciones cotidianas para su cuidado.												
Capas de la Tierra y actividad humana	X				X							
OA 17 (E.S2.Q): Crear modelos del carbono y explicar sus propiedades como base para la formación de moléculas útiles para los seres vivos (biomoléculas presentes en la célula) y el entorno (hidrocarburos como petróleo y sus derivados)												
Química Orgánica			X	X			X	X				

Tabla 21. Ejemplos de resultados asociados a la vinculación de los principios de la QV con los contenidos curriculares.

De acuerdo con estos ejemplos, se presentan los resultados para todos los contenidos curriculares vinculados con cada uno de los principios de la QV (Tabla 22). En la primera columna se encuentran los contenidos curriculares, que han sido ordenados de acuerdo con las asignaturas a las que pertenecen (Biología, Física, Geología, Química y Transversal), razón por la que las celdas han mantenido los colores que se han utilizado a lo largo de este apartado de la tesis.

Principios de la Química Verde												
Contenidos Curriculares	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
1. Cuerpo Humano y Salud			3		1			1	1			
2. Ecosistemas Actividad Humana	2	1	2				2			1	1	

3.Energía y Ecosistemas				2	2			4				
4.Organización de los seres vivos	4		3									
5.Energía						6	1				1	1
6.Tipos de Energía						13						
7.Recursos	1	1				1	2	1			1	
8.Capas de la tierra					3							
9.Capas de la tierra y Actividad humana	5				1		1			4	1	
10.Cambios fisicoquímicos		3						1	2	1		1
11.Energía Nuclear								1				
12.Estados de la materia		2		1	2							
13.Cinética									3			
14.Materiales							1			2		1
15.Modelo atómico-molecular					1	3						
16.Química Orgánica			2	1			2	1				
17.Sustancias	4				4							1
TOTAL	16	7	10	4	14	23	9	9	6	8	4	4

Tabla 22. Número de vinculaciones entre los contenidos curriculares y los principios de la QV a partir de las respuestas de los/as maestros/as.

En estos resultados los 3 principios que obtuvieron más de un 10% de las vinculaciones, se identificaron como los principios fundamentales en las respuestas de los/as maestros/as. Estos son: Diseño para la eficiencia energética (Principio 6); Prevención (Principio 1) y; el Uso de disolventes auxiliares más seguros (Principio 5).

El principio con mayor cantidad de vinculaciones es el referido a la Eficiencia Energética (6), que obtuvo el 20,2% de las vinculaciones. Esto es coherente con lo presentado a lo largo de los resultados del estudio en relación con la percepción de los/as maestros/as, pues coloca en el centro del tránsito de la QV a la escuela al concepto de Energía y los diferentes enfoques que se abordan en el currículum.

En el segundo lugar se ubica el Principio 1, que hace referencia a la Prevención y plantea la oportunidad de trabajar una diversidad de OA asociados a las disciplinas del currículum chileno de ciencias, pues este principio implica evitar los residuos, particularmente los referidos a la síntesis química, pero que en las respuestas de los/as maestros se asocia a la prevención de la actividad humana en el ambiente.

El Principio 5 referido al uso de disolventes auxiliares más seguros, se encuentra en el tercer lugar con 14 vinculaciones. En este caso se observa que el contenido referido a sustancias químicas

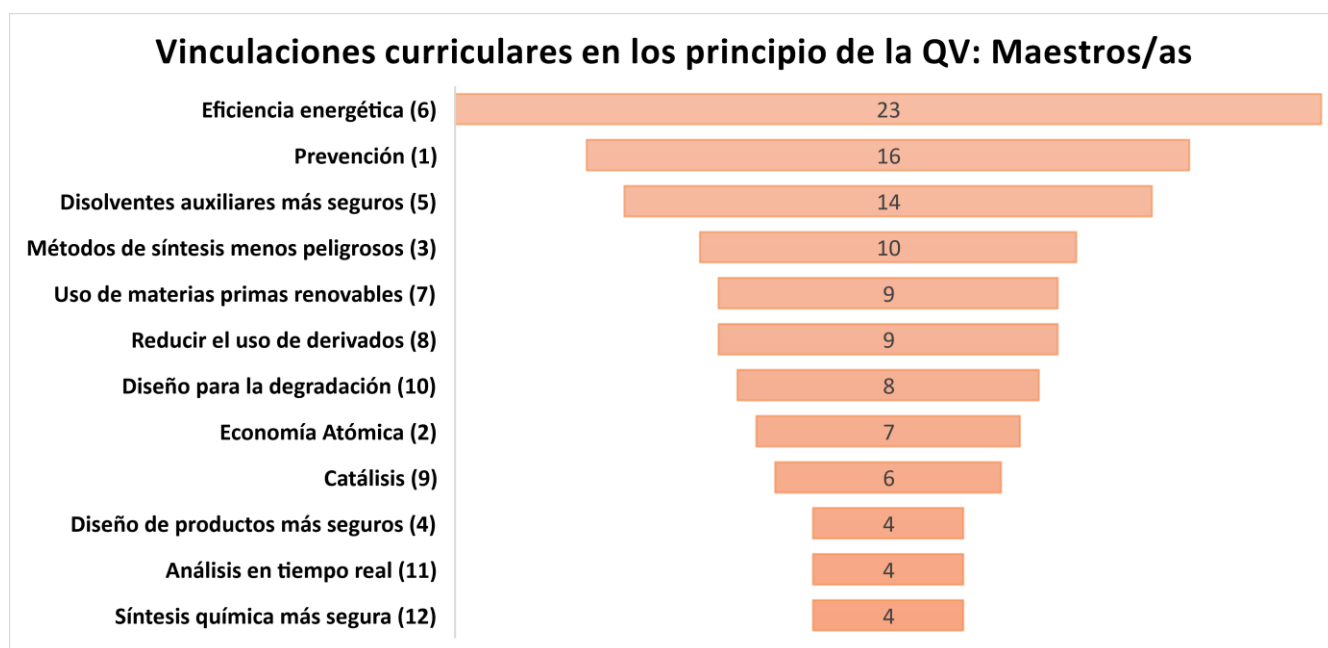
es el con mayor cantidad de vinculaciones. A la vez, de las 14 vinculaciones 7 corresponden a la Química lo que es coherente con la naturaleza de este principio que hace referencia explícita al uso de disolventes, particularmente a la comprensión de que estos son sustancias que pueden tener impacto en el ambiente y/o la salud humana.

En la siguiente Tabla (Tabla 23) se describen las vinculaciones de cada principio y los porcentajes de cada uno de ellos, de acuerdo con la totalidad de vinculaciones encontradas (114, 100%).

	Principio de la QV	Vinculaciones Totales (%)
1	Prevención	16 (14,0%)
2	Economía Atómica	7 (6,1%)
3	Métodos de síntesis menos peligrosos	10 (8,8%)
4	Diseño de productos más seguros	4 (3,5%)
5	Disolventes auxiliares más seguros	14 (12,3%)
6	Diseño para la eficiencia energética	23 (20,2%)
7	Uso de materias primas renovables	9 (7,9%)
8	Reducir el uso de derivados	9 (7,9%)
9	Catálisis	6 (5,3%)
10	Diseño para la degradación	8 (7,0%)
11	Análisis en tiempo real	4 (3,5%)
12	Síntesis química más segura	4 (3,5%)
	Total	114 (100%)

Tabla 23. Vinculaciones totales identificadas en las respuestas de maestros/as por principio de la QV.

Se ha diseñado una gráfica que permite describir las cantidades de vinculaciones (en porcentajes) que obtuvieron cada uno de los principios y que permite observar en conjunto los principios con mayores y menores vinculaciones, en paréntesis se observa el número del principio “original”, tal y como se describe en la literatura (Ver Grafica 1).



Gráfica 1. . Principios de la QV ordenados de acuerdo con las vinculaciones encontradas a partir del análisis de las respuestas de maestros/as.

4.3 Estudio de las percepciones de investigadores/as de educación científica (Grupo B) con respecto a la Química Verde y el currículum escolar

4.3.1 METODOLOGÍA

El análisis de las percepciones de investigadores/as del campo de la educación científica, identificados como el “grupo B” de este estudio, se desarrolló a través del enfoque de análisis de contenido cualitativo (ACC) (Krippendorff, 2019; Krippendorff & Bock, 2009). Este tipo de análisis procura comprender los datos que se analizan, no como un conjunto de acontecimientos físicos, sino como fenómenos simbólicos que implican abordar su análisis de manera directa (Krippendorff, 1990). De acuerdo con esto, es que estudiar las percepciones de investigadores/as se concibe como un aporte a otro punto de vista con respecto de las posibilidades que ofrece el currículum de ciencias para la integración de la QV y en la que la experiencia y pericia de este grupo de investigadores/a se ha puesto al servicio de esta investigación.

La selección de este enfoque para este grupo se fundamenta, en palabras de Díaz Herrera (2018), en cómo este proceso de análisis permite indagar en la información expresa y latente, en las dimensiones ocultas y en las inferencias a partir de las percepciones emanadas por los sujetos participantes.

4.3.1.1 La muestra: Investigadore/as del campo de la educación científica (Grupo B)

Este segundo grupo estuvo integrado por 20 investigadores/as en educación científica que, al momento de participar de esta investigación, tenían entre 5 y 15 años de experiencia en investigación científica y, además, contaban con experiencia laboral en el sistema escolar y/o en la formación inicial y continua del profesorado de ciencias.

El grupo B estuvo formado por: 5 investigadores con formación inicial en química (1 con doctorado en educación científica, 1 con un doctorado en química y 3 con maestrías en educación científica); 5 investigadores con formación inicial en física (2 con doctorados en educación científica y 3 con maestrías en educación científica); 5 investigadores con formación inicial en biología (2 con doctorados en educación científica y 3 con maestrías en educación científica); y 5 investigadores

con formación inicial en geología (1 con doctorado en educación científica, 2 con maestría en educación científica y 2 con maestría en geología).

La siguiente tabla (Tabla 24), resume las características de los/as investigadores/as participantes:

Disciplina de origen de los/as investigadores/as	Descripción	Cantidad
Biología	• 2 con doctorados en educación científica • 3 con maestrías en educación científica	5
Física	• 2 con doctorados en educación científica • 3 con maestrías en educación científica	5
Geología	• 1 con doctorado en educación científica • 2 con maestría en educación científica • 2 con maestría en geología	5
Química	• 2 con doctorado en educación científica • 1 con doctorado en química • 2 con maestría en educación científica	5

Tabla 24. Resumen de las características de los/as investigadore/as participantes del estudio.

Los/as participantes del grupo B, se desempeñan laboralmente en diferentes países, lo que no tiene necesariamente relación con la nacionalidad de cada uno/a de ellos/a. Se contó con investigadores que trabajaban principalmente en Chile (10), pero también hubo participación desde España (3), Colombia (2), Argentina (2) y Estados Unidos (2), lo que se realizó gracias a que la participación fue de manera remota y asincrónica. Los/as investigadores, fueron contactados e informados del objetivo de la investigación, mediante correo electrónico y se mantuvieron reuniones por la plataforma *Zoom* para entregarles toda la información que creyeran necesaria para participar de la investigación.

4.3.1.2. Contexto de recogida de datos

La colección de datos del grupo B se llevó a cabo posteriormente a la realizada con el grupo A. El contexto de la participación de los/as investigadores/as está mediado por la necesidad de contar con percepciones de quienes se dedican a investigar temáticas asociadas a la didáctica y responder a criterios de credibilidad, enriqueciendo esta investigación y el proceso de reconstrucción educativa de la QV.

Se decidió contar con profesionales cuya formación inicial estuviera vinculada a las asignaturas del currículum escolar, es decir, Biología, Física, Geología y Química y que contaran con

experiencia en la formación inicial y/o permanente del profesorado, así como con experiencia en investigaciones relacionadas con la didáctica de las Ciencias. Esto se desarrolló en coherencia con el modelo de reconstrucción educativa que orienta esta investigación, particularmente a la segunda fase, en la que se manifiesta el estudio sobre las percepciones del estudiantado y que, como parte del aporte de este trabajo de investigación, se ha optado por la incorporación de maestros/as e investigadores/as para esta fase del proceso de reconstrucción.

Para contactar a los investigadores/as, se envió una solicitud de participación al Departamento de Didáctica de la Matemática y las Ciencias Experimentales de la Universitat Autònoma Barcelona, la Sociedad Chilena de Educación Científica, la Red Latinoamericana de Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales, el Departamento de Estudios Pedagógicos de la Universidad de Chile y la Facultad de Ciencias básicas de la Universidad Metropolitana Ciencias de la Educación, Chile. En esta solicitud se describió el contexto de la investigación, los objetivos de la participación solicitada y el tiempo estimado para la participación. Se recibieron 20 respuestas positivas y durante 3 meses se estuvo en contacto con el grupo para poder recoger su participación, en forma de respuestas en una plantilla en *Google Form*.

Los/as investigadores que respondieron a esta convocatoria, fueron contactados por correo electrónico y la comunicación con este grupo fue totalmente en línea, debido al contexto mundial de la pandemia Covid-19, lo que permitió la participación desde diversas partes del mundo.

La siguiente es la invitación que se le envió a uno/a de los/as investigadores/as participantes del estudio (Ver Figura 3).



Figura 3. Invitación enviada a uno/a de los/as investigadores/as participantes del estudio.

4.3.1.3 Instrumentos de recogida de datos

Con el grupo de investigadores/as (grupo B), se aplicó un instrumento de manera virtual. A diferencia de lo desarrollado con el profesorado, donde se trabajó cada principio en diferentes sesiones, acompañadas de 1 pregunta y 1 actividad práctica, en el caso de los/as investigadores/as, se trabajó con 1 único instrumento (que consideró las mismas preguntas y actividades prácticas, pero con solo una descripción de cada uno de ellos). El instrumento estuvo conformado entonces por los 12 principios de la QV, una definición de cada uno, 12 preguntas orientadores de la comprensión de los 12 principios de la QV y la descripción de 12 actividades prácticas que tuvieron como fin facilitar el análisis de cada principio.

En cada uno de estos conglomerados, se aplicó la misma pregunta:

A partir del principio, pregunta y actividad que observas, ¿Qué vinculaciones curriculares asocias con este principio de la QV? (se agregó como nota: “describa todas las vinculaciones que les parezcan pertinentes, independiente de su disciplina de origen”).

La Tabla 25 muestra los apartados que consideró el instrumento aplicado a los/as investigadores/as vía *Google Form*.

Principio	Pregunta	Propósito/Actividad práctica
Prevención	¿Por qué se promueve botar el aceite en un recipiente y no en la alcantarilla?	Comprender que los costes de los residuos químicos son una grave responsabilidad económica, medioambiental y social para aplicar la prevención/Verificar experimentalmente las relaciones existentes entre la temperatura y la concentración de soluciones en relación con la contaminación de los océanos y el petróleo como desecho
Economía Atómica	¿Podemos utilizar solo un indicador para analizar cuan verde es un proceso?	Calcular y analizar el factor E, como medida de verdor/Comparar la formación de CO ₂ a partir de fruta y levadura v/s ácido acético y bicarbonato de sodio, en función de la economía atómica y el factor -E
Métodos de síntesis menos peligrosos	¿Debes preocuparte del origen de algunas sustancias como endulzantes?	Comprender el impacto de productos de diferente toxicidad/Comparar diferentes indicadores ácido – base y su utilidad (repollo morado y cúrcuma). Evaluar, cualitativamente, la toxicidad de todos los productos
Diseño de productos más seguros	¿Es todo lo llamado “químico” tóxico para el ser humano y el ambiente?	Identificar sustancias peligrosas y reemplazarlas por otras menos peligrosas/Comparar la utilidad y toxicidad de un biopolímero con un polímero de uso común y sus implicancias ambientales
Disolventes auxiliares más seguros	¿Se puede usar agua para limpiar cualquier tipo de mancha en una tela?	Evaluar el uso del agua como disolvente verde y los impactos de los disolventes tradicionales/Analizar las propiedades de distintos solventes y solventes verdes relacionando sus características con las interacciones intermoleculares y sus efectos en el ambiente
Diseño para la eficiencia energética	¿El horno de microondas es un artefacto calefactor eficiente?	Seleccionar las fuentes de energía más eficientes en una reacción química/Analizar las diferencias empíricas entre energía electromagnética y térmica. Valorar las ventajas de utilizar la radiación electromagnética (horno microondas) en una reacción química.
Uso de materias primas renovables	¿Los residuos domiciliarios pueden ser una materia prima renovable?	Promover el uso de residuos como materia prima/Analizar y replicar el proceso de formación de biodiesel a partir de un compuesto reciclado (aceite usado).
Reducir el uso de derivados	¿En qué actividades de la vida diaria se pueden reducir las etapas de un proceso o el uso de la Energía?	Evaluar las fases y el uso de la energía en las acciones cotidianas, como analogía de la síntesis química/Desarrollar la comprensión de la importancia de evitar el uso y la generación de derivados; comparar rutas sintéticas y evaluarlas (reactivos, productos, etapas, auxiliares, derivados y residuos).

Catálisis	¿Conoces catalizadores diferentes a los que usa un automóvil o coche?	Comprender la relevancia y el funcionamiento de los catalizadores/ A través de simples experimentos de laboratorio, demostrar parámetros que afectan la velocidad de una reacción.
Diseño para la degradación	¿Qué ventajas y desventajas habría si se aplicase en tu ciudad la prohibición del uso de bolsas plásticas?	Diferenciar la concepción de degradabilidad y biodegradabilidad/Predecir y determinar qué materiales son biodegradables y cuáles no, en función de su comportamiento en un periodo determinado.
Análisis en tiempo real	¿Eres consciente de realizar acciones que reduzcan los impactos negativos en el ambiente?	Reflexionar sobre las acciones cotidianas y su impacto inmediato en el medio ambiente / Distinguir y llegar a comprender alteraciones en los ciclos biogeoquímicos debido a cambios en las propiedades de algunas soluciones.
Síntesis química más segura	¿Cuál es el propósito de tener y respetar los protocolos o normas de seguridad ambiental?	Revisar los protocolos de seguridad en el laboratorio/Proponer protocolos de actuación en caso de accidentes durante el trabajo experimental y comprender su importancia.

Tabla 25. Instrumentos aplicados a investigadores/as

Las siguientes Figuras 4 y 5, muestran dos ejemplos del instrumento tal y como fue compartido con los/as investigadores/as, mediante el formulario en línea.

Principio de la Química Verde	Pregunta orientadora	Experimento ejemplificador
6. Diseño para la eficiencia energética: Los requerimientos energéticos deben tomarse en cuenta y ser minimizados, debido a su impacto medioambiental y económico. Los métodos sintéticos deben realizarse a temperatura ambiente cuando sea posible	Uso del horno microondas. ¿Es mito o verdad que no es un buen artefacto calefactor?	Conocer y entender las diferencias empíricas entre algunos tipos de energías como la electromagnética y la calórica. Aprender las ventajas del uso de radiación electromagnética en una reacción química

Experimento ejemplificador: uso del horno microondas como ejemplo de eficiencia energética



Figura 4. Ejemplo del conglomerado Principio-Pregunta-Experimento para recoger las respuestas de los/as investigadores/as para el principio 6.

Principio de la Química Verde	Pregunta orientadora	Experimento ejemplificador
7. Uso de materias primas renovables: las materias primas deben ser renovables, cuando técnica y económicamente sea posible.	¿Los residuos domiciliarios pueden ser una materia prima renovable?	Analizar y replicar el proceso de formación de Biodiesel a partir de un compuesto reciclado (aceite usado), cumpliendo con ello los principios de la Química Verde.

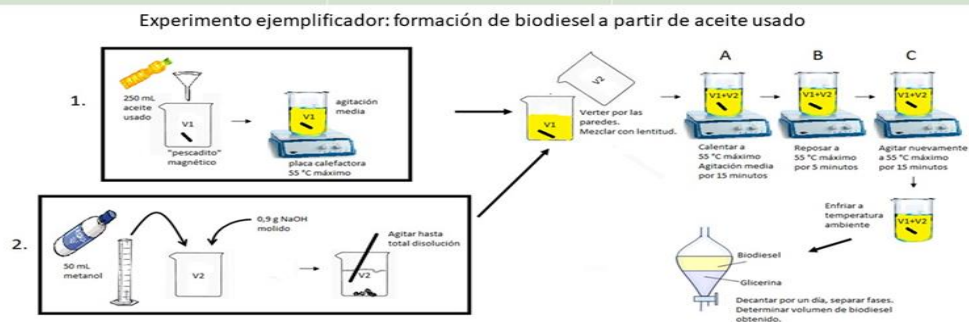


Figura 5. Ejemplo del conglomerado Principio-Pregunta-Experimento para recoger las respuestas de los/as investigadores para el principio 7.

4.3.1.4 Proceso de análisis a las respuestas de los/as investigadores/as

De acuerdo con lo descrito, la recogida de datos se llevó a cabo a partir de los textos producidos por los/a investigadores/as como respuesta a la pregunta “A partir del principio, pregunta y actividad que observas, ¿Qué vinculaciones curriculares asocias con este principio de la QV? (se agregó como nota: “describa todas las vinculaciones que les parezcan pertinentes, independiente de su disciplina de origen”). Esta solicitud se hizo por cada principio de la QV y la participación de los/as investigadores fue individual.

El análisis de las respuestas de investigadores/as se realizó a través de un proceso constituido por 3 análisis. La Figura 6 describe las fases del análisis realizado en este segundo estudio de la tesis.

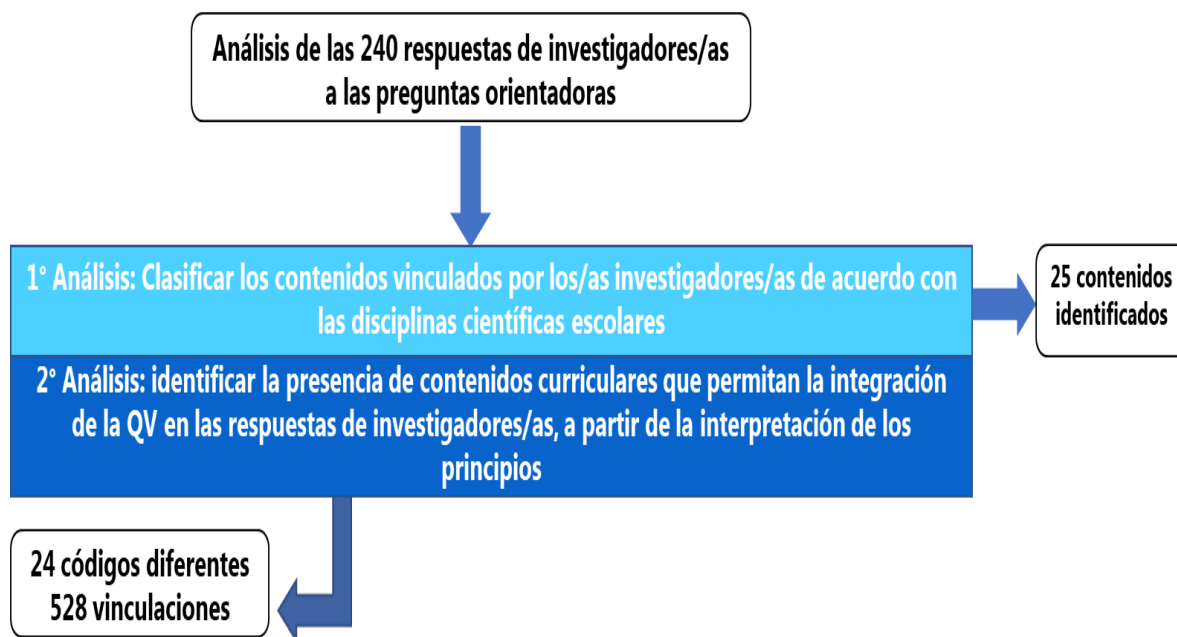


Figura 6. Esquema que resume el proceso de análisis a las respuestas de investigadores/as a las preguntas orientadoras.

El siguiente es un extracto de 1 de las 240 respuestas escritas por un/a investigador/a con formación inicial en Biología, asociado con el principio 10 de la QV:

“En 1° de secundaria se deben explicar y evaluar los efectos de las acciones humanas y los fenómenos naturales, donde la idea de seguridad ambiental me parece muy relevante. Esta misma temática también está presente en el plan de estudios de la asignatura Ciencia Ciudadana, en el módulo de seguridad, prevención y autocuidado, riesgos de origen natural o provocados por la acción humana en su contexto local (como avalanchas, incendios, sismos de gran magnitud, erupciones volcánicas, tsunamis e inundaciones, entre otros) y evaluar las capacidades existentes en la escuela y la comunidad para la prevención, mitigación y adaptación ante sus consecuencias”.

(Extracto de una respuesta a la pregunta asociada al principio 10)

Las 240 respuestas generadas por los 20 investigadores/as a las 12 preguntas asociadas a las vinculaciones curriculares de los 12 principios de la QV se analizaron a través del software *Atlas.ti*, identificando 528 menciones individuales sobre contenidos curriculares. Estas menciones superan el número de respuestas, ya que en todas ellas se encontró más de 1 vinculación curricular. Estas menciones individuales corresponden a las unidades de análisis para el grupo B.

1° Análisis: clasificar los contenidos vinculados por los/as investigadores/as de acuerdo con las disciplinas científicas escolares

Para responder la primera pregunta de investigación referida a las percepciones del grupo de investigadores/a, con respecto a cuáles son las asignaturas científicas escolares que vinculan con los principios de la QV, el primer análisis clasificó los contenidos curriculares (CC) de cada respuesta de acuerdo con las asignaturas científicas a las que pertenecían dichos contenidos. En el caso del grupo B, estos contenidos no necesariamente se refieren a CC del currículum chileno pues, tal y como se detalló en el apartado de descripción de los/as participantes, no todos/as los investigadores/as se desempeñan laboralmente en Chile.

En la siguiente tabla, se muestra un ejemplo para las identificaciones asociadas a Biología, Física, Geología y Química (Tabla 26).

Disciplina científica	Extracto de la respuesta
Biología	1° medio: Ecosistemas, relaciones tróficas, interacción de los seres humanos en los ecosistemas, factores antrópicos, degradación de ecosistemas, II° medio: Efectos específicos de la actividad humana en la biodiversidad y en el equilibrio de los ecosistemas, III° medio: Flujo y procesamiento de energía y materia en los sistemas biológicos. (en ciencias para la ciudadanía: Programa de Estudio Biología de los Ecosistemas 3° o 4° Medio: Biodiversidad amenazada; implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales de problemas relacionados con controversias públicas que involucran ciencia y tecnología.
Física	Modelo corpuscular para interpretar la estructura de la materia y comprender la contaminación atmosférica. El estudio de las implicancias sociales, ambientales, económicas ligadas al desarrollo de la ciencia y tecnología.
Geología	En Ciencias de la Tierra, en Segundo de Bachillerato hay un tema sobre Recursos e impactos y otro sobre Gestión ambiental y Desarrollo Sostenible. En estos temas se trata este primer principio. En tercero de la ESO hay un tema sobre Ecosistemas y actividad humana, donde también se puede tratar, pero este tema no se hace muchas veces porque el temario sobre el cuerpo humano es muy extenso. También porque algunos profesores/as no lo dominan.
Química	Para la ESO: Mezclas de sustancias, sustancias puras, cambios de estado, solubilidad de las sustancias, compuestos orgánicos e inorgánicos. Para química de bachiller: Evidencia experimental de las moléculas polares. Interpretación de la polaridad de moléculas diatómicas a partir del concepto d'electronegatividad. Evidenciación experimental de las fuerzas intermoleculares. Diferenciación entre las fuerzas dipolo-dipolo permanentes i fuerzas de dispersión. Caracterización del comportamiento anómalo del agua y explicación a partir del enlace

de hidrógeno y reconocimiento de su importancia para explicar la estructura espacial de las proteínas. Análisis de las alternativas a la gasolina: los biocombustibles.

Tabla 26. Extractos de las respuestas elaboradas por investigadores/as a las preguntas planteadas, clasificadas por disciplina científica.

A diferencia de lo realizado con el grupo A, en el caso de los/as investigadoras e investigadores, no fue necesario realizar la identificación de los principios de la QV en sus respuestas, pues la solicitud realizada a este grupo fue establecer conexiones para cada uno de los principios, es decir, los contenidos identificados en el primer análisis vienen agrupados de acuerdo con los principios de la QV desde las propias respuestas de los/as investigadores/as

2° Análisis: identificar la presencia de contenidos curriculares que permitan la integración de la QV en las respuestas de investigadores/as

Una vez identificados los CC a partir de las respuestas de los/as investigadores/as, el segundo análisis fue la aplicación de un libro de códigos, construido en base libro de códigos del análisis teórico del currículum, descrito en el capítulo 3 de esta tesis y que se puso al servicio del análisis de las respuestas de los/as maestros. De manera deductiva se utilizaron los 21 códigos ya existentes y se complementaron con 5 códigos que emergieron del análisis inductivo de los OA vinculados en las respuestas de los/as investigadores/as, estos son: Tipos de Energía, Catálisis Química, Cinética Química, Energía nuclear y Termodinámica.

El libro de códigos original contemplaba 5 categorías: Biología, Física, Geología, Química y Transversal. Sin embargo, el libro de códigos generado para el segundo análisis no consideró como categoría los contenidos transversales, sino que fueron considerados dentro de las asignaturas, pues así se observó en las respuestas de este grupo. Esto trajo consigo que se identificaron CC que aparecen en 2 o más disciplinas y se representó asignándoles las letras de las asignaturas donde fueron vinculados.

La siguiente tabla (Tabla 27) muestra el libro de códigos utilizado en el análisis de las respuestas de investigadores/as, en orden alfabético según las asignaturas escolares presentes (Biología, Física, Geología, Química); en la segunda columna, los códigos generados ordenados por orden alfabético y, en la tercera columna, la descripción de cada código.

	Código	Descripción
Biología (B)	<i>Cuerpo humano y Salud</i>	Referencia a la relación e interrelación de los sistemas del cuerpo humano y factores que puedan afectar al funcionamiento del cuerpo
	<i>Ecosistemas Actividad Humana</i>	Referencia a los efectos de la actividad humana en ecosistemas y medidas para su protección
	<i>Energía y Ecosistemas</i>	Referencia al flujo y procesamiento de energía en los sistemas biológicos y los efectos de sustancias externas
	<i>Organización de los seres vivos</i>	Referencia a las estructuras, jerarquías y sistemas biológicos: características, propiedades e interacciones y los efectos que pueden sufrir por la acción humana
B-F	<i>Controversias</i>	Referencia al desarrollo y controversias Científico-tecnológica relacionadas con el uso y consumo de sustancias químicas y acciones de prevención de impactos ambientales
	<i>Sostenibilidad</i>	Referencia al consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas
Física (F)	<i>Recursos</i>	Referencia a los recursos naturales renovables y no renovables y recursos energéticos que no tengan efectos en el ambiente
	<i>Tipos de Energía</i>	Referencia a los tipos de energía para comprender sus transformaciones y sus usos responsables
F -B-Q	<i>Energía</i>	Referencia al modelo de energía; Uso responsable de la Energía, Energías renovables; Termodinámica y Eficiencia Energética
Geología (G)	<i>Ambiente y sostenibilidad</i>	Referencia a la relación entre el desarrollo sostenible y la gestión ambiental
	<i>Capas de la tierra</i>	Referencia a las características de las capas de la tierra y desarrollo de la vida para comprender dónde actúan las sustancias químicas producto de la acción humana
	<i>Capas de la tierra Actividad humana</i>	Referencia a los efectos de las actividad humana y acciones de protección en las capas de la tierra
G-B-Q	<i>Ciclos Biogeoquímicos</i>	Referencia a la/s interacción/es cíclicas de distintos elementos químicos y sus reservorios en el planeta y los efectos y consecuencias de la acción humana en ellos
Química (Q)	<i>Bioquímica</i>	Referencia a la química de procesos biológicos y biomoléculas útiles para los seres vivos y el entorno
	<i>Cambios fisicoquímicos</i>	Referencia a los cambios físicos y químicos de la materia; incluidas reacciones químicas y estequiometría: propiedades y características; y; Reacciones que incluyan catálisis, vinculadas con acciones de prevención sintética.
	<i>Catálisis química</i>	Catalizadores, uso y efectos de catalizadores, diferentes tipos de catalizadores; Reacciones que incluyan catálisis
	<i>Cinética Química</i>	Referencia a los factores que afectan la cinética de las reacciones químicas
	<i>Energía Nuclear</i>	Energía nuclear: usos, características y reactividad
	<i>Estados de la materia</i>	Referencia a las propiedades y estados de la materia; cambios de estado necesarios para comprender los principios de la QV

	<i>Industria química</i>	Procesos y efectos en la sociedad y el ambiente de la industria química
	<i>Materiales</i>	Propiedades y tipos de materiales
	<i>Modelo atómico-molecular</i>	Modelo atómico-molecular; Enlace químico y fuerzas intermoleculares
	<i>Química Orgánica</i>	Química Orgánica y reactividad; Propiedades y formación de polímeros
	<i>Sustancias</i>	Propiedades y características de las sustancias puras, mezclas y disoluciones químicas
	<i>Termodinámica</i>	Interrelación entre el calor y el trabajo con reacciones químicas o con cambios físicos: características y propiedades
Q-B-F	<i>Seguridad y prevención</i>	Seguridad del trabajo experimental en la escuela y prevención de accidentes

Tabla 27. Libro de códigos utilizados en el análisis de las respuestas de investigadores/as.

En resumen (Ver Figura 7), para analizar las respuestas de los/as investigadore/as participantes y las percepciones de este grupo con respecto a las vinculaciones de sus respuestas con la QV, se realizaron 2 procesos de análisis. El primer proceso de análisis se focalizó en la clasificación de sus respuestas, de acuerdo con las asignaturas científicas escolares. El segundo proceso de análisis estudió los contenidos ya identificados en la etapa anterior y su relación con los principios de la QV. Se responde de esta forma a las 4 preguntas que concretan el segundo objetivo específico de este estudio.

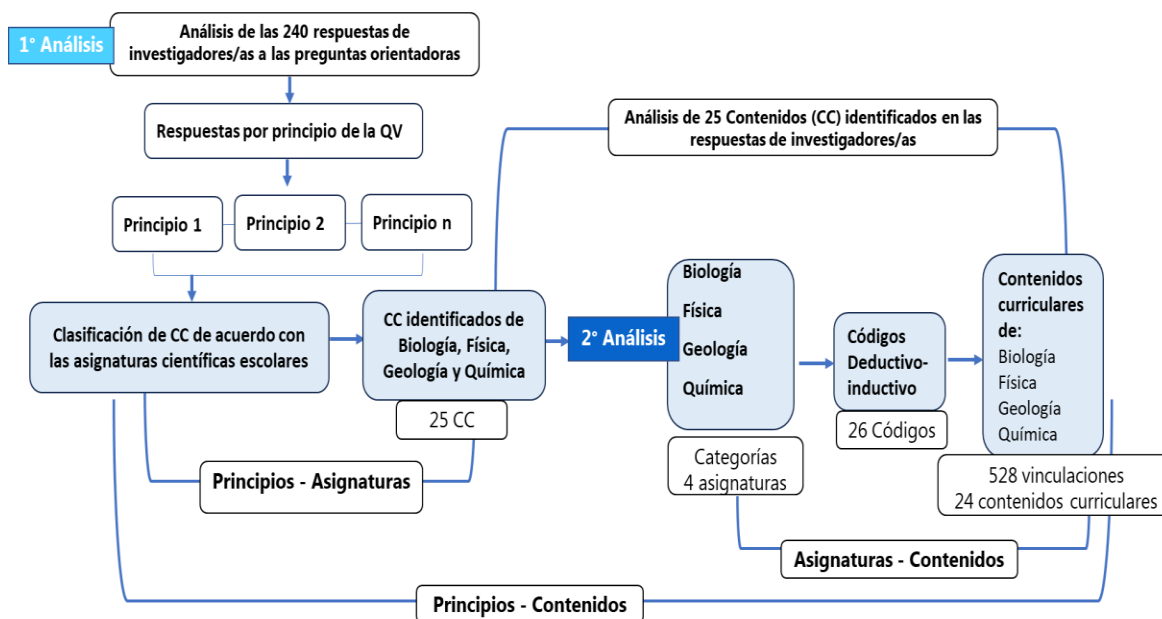


Figura 7. Esquema que describe los procesos de análisis a las respuestas de investigadores/as y los propósitos de cada uno ellos.

4.3.1.5 Criterios de credibilidad

En coherencia con la selección del paradigma de corte cualitativo, los criterios de credibilidad responden al enfoque seleccionado para el segundo objetivo específico de este estudio, es decir, el análisis a las respuestas de los/as investigadores/as. Se recurrió a la saturación teórica y la triangulación de investigadores, ya que estas estrategias responden a criterios consistentes con el enfoque comprensivo interpretativo de este apartado de la tesis. Las estrategias seleccionadas tienen como fin colaborar con la validez de esta investigación (Cohen et al., 2018), pues los criterios de credibilidad seleccionados fueron un aporte para la comprensión, desde distintos puntos de vista, de la percepción de los investigadores sobre la Química Verde y su vinculación a nivel curricular escolar.

La saturación teórica permitió identificar un punto en el que los códigos del 2° análisis no agregaron “nueva” información a la recopilada (Harreveld et al., 2016). En este sentido, se utilizaron todos los códigos para la vinculación de contenidos curriculares, pero no todos ellos fueron identificados como resultados. En ese sentido Ortega-Bastidas, (2020), describe que la saturación teórica es *“un momento de encuentro intersubjetivo entre el investigador y el otro. Este momento de encuentro estará constituido por un acto de reflexividad que articula una combinación de los límites empíricos de los datos, la integración y densidad de la teoría”* (p. 295). Este argumento validó la interpretación del libro de códigos original y el uso en el marco de la codificación que se realizó a partir de él.

El segundo criterio de credibilidad fue la triangulación de investigadores (Cohen et al., 2018; Sandelowski, 1995). Esto significó la consulta a diferentes investigadores/as (pertenecientes al Departamento de didáctica de la matemática y las ciencias experimentales de la Universidad Autónoma de Barcelona y otros investigadores/as que realizaron estancias académicas en la misma universidad). Cada investigador/a, de acuerdo con su propio enfoque metodológico, teórico o disciplinario, permitió un análisis más riguroso y una interpretación más completa de las respuestas de los/as investigadores/as. Esto significó concretamente que los hallazgos de este estudio fueron analizados por otros/as investigadores/as que permitieron presentar los resultados que se describen en el siguiente apartado.

4.3.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con el análisis descrito para el grupo B, que responde al objetivo específico 2 de esta tesis, es decir, *caracterizar las percepciones de investigadores/as de educación científica con respecto a la Química Verde y el currículum escolar*, es que el siguiente apartado da cuenta de los resultados asociados a este componente de la tesis y forma parte de la segunda fase de la reconstrucción educativa de la QV, en el entendido que se plantea su tránsito hacia la educación formal.

4.3.2.1 ¿Cuáles son asignaturas de ciencias que vinculan los/as investigadores/as con los principios de la Química Verde?

De acuerdo con el análisis realizado a las 240 respuestas de los/as investigadores/as, se encontraron 25 contenidos curriculares diferentes asociados a la QV, que corresponden a Biología, Física, Química y Geología.

No todos los CC se vincularon con la misma frecuencia, observándose diferencias por principio de la QV. Por ejemplo, para el principio 1 (ver Tabla 23), se identificaron 18 Contenidos Curriculares (diferentes) de ciencias. En la tercera columna se observa la frecuencia de cada uno de los CC identificados para este principio, lo que implica 64 vinculaciones. Del total de vinculaciones encontradas en las respuestas de los/as investigadores/as, 25 corresponden a Biología, 6 a Física, 10 a Geología y 23 a Química.

A continuación, en la Tabla 28, se detallan las identificaciones encontradas para el principio 1 de la QV y la frecuencia de cada una de ellas (En el anexo 4.3, se puede revisar el detalle del resto de los principios).

Prevención

Principio 1 “Es mejor prevenir la formación de residuos que limpiarlos una vez formados”

Pregunta 1: ¿Por qué razón se promueve botar aceite en un recipiente y no en la alcantarilla? ¿Ha calculado cuánta agua ha contaminado o prevenido de posibles contaminaciones en su hogar?

Actividad 1: Comprender que los costes de los residuos químicos son una grave responsabilidad económica, medioambiental y social para aplicar la prevención, a través de la verificación experimental de las relaciones existentes entre la temperatura y la concentración de soluciones en relación con la contaminación de los océanos y el petróleo como desecho.

Disciplina de origen	Contenidos vinculados	Frecuencia Observada
Biología	CC_B: Controversias Científico-tecnológica	1
	CC_B: Efectos de la actividad humana en ecosistemas y medidas para su protección	15
	CC_B: Flujo y procesamiento de energía en los sistemas biológicos	3
	CC_B: Estructuras, jerarquías y sistemas biológicos: características, propiedades e interacciones	1
	CC_B: Seguridad del trabajo experimental en la escuela y prevención de accidentes	1
	CC_B: Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas	3
	CC_B: Tipos de Energía y Eficiencia Energética y Energías renovables	1
Física	CC_F: Controversias científicas-tecnológicas y calidad de vida de las personas	1
	CC_F: Modelo de energía; Uso responsable de la Energía y Eficiencia Energética	2
	CC_F: Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas	1
	CC_F: Interrelación entre el calor y el trabajo con reacciones químicas o con cambios físicos: características y propiedades	2
Geología	CC_G: Efectos de las actividad humana y acciones de protección en las capas de la tierra	7
	CC_G: Gestión ambiental y desarrollo sostenible	3
Química	CC_Q: Cambios físicos y químicos de la materia, incluidas reacciones químicas y estequiometría: propiedades y características	1
	CC_Q: Propiedades y tipos de materiales	1
	CC_Q: Modelo atómico-molecular; Enlace químico y fuerzas intermoleculares	9
	CC_Q: Química Orgánica y reactividad; Propiedades y formación de polímeros	3
	CC_Q: Propiedades y características de las sustancias puras, mezclas y disoluciones químicas	9

Tabla 28. Contenidos Curriculares asociados al principio 1 de la Química Verde y la pregunta 1 a partir de las respuestas de los/as investigadores/as.

De esta manera se logró identificar 25 CC en las 240 respuestas del grupo B, que a partir de las diferentes frecuencias encontradas, suman un total de 528 vinculaciones, configurándose como el 100% para el segundo objetivo específico de este apartado. En la siguiente tabla (Tabla 29), se resumen todas las vinculaciones encontradas en las respuestas de maestros/as, por disciplina científica y por principio de la QV. Continuando con el ejemplo anterior, para el principio 1 de la QV se encontraron 64 vinculaciones en total, de las cuales 25 son de Biología, 6 de Física, 10 de Geología y 23 de Química.

	Biología	Física	Geología	Química	Total
Principio 1	25	6	10	23	64
Principio 2	12	5	5	34	56
Principio 3	15	3	9	23	50
Principio 4	6	4	5	43	58
Principio 5	7	6	1	28	42
Principio 6	13	8	2	20	43
Principio 7	12	5	4	20	41
Principio 8	7	2	1	17	27
Principio 9	6	5	1	21	33
Principio 10	13	4	9	19	45
Principio 11	11	4	7	16	38
Principio 12	7	5	2	17	31
Total	134	57	56	281	528

Tabla 29. . Desglose de los CC vinculados a la QV por disciplina científica, identificados en las respuestas de los/as investigadores/as.

La mayor cantidad de CC vinculados con la QV, pertenecen a Química (281), lo que resulta coherente con el estudio de la QV, pues a pesar de que plantea una mirada “humanista” de la Química (Armstrong et al., 2018), no deja de ser “Química” y eso también es observado desde las percepciones de los/as investigadores. En segundo lugar, se identifican las vinculaciones asociadas a la Biología (134), que encuentran una gran cantidad de vinculaciones en el principio 1 “Prevención”, pues se relacionó fuertemente a contenidos curriculares que hacen referencias a medidas que apuntan a proteger o cuidar ecosistemas de la acción humana.

Con respecto a lo que se observa para Física, es la disciplina científica que ocupa el tercer lugar de las vinculaciones (57). La mayoría de ellas se observan asociadas al principio 6 “Diseño para la Eficiencia Energética”, particularmente a través de los contenidos asociados al modelo de energía, siendo un contenido que se observa en otros principios y que forman parte de un CC central para la Física escolar.

Finalmente, las respuestas de los/as investigadores/as permiten identificar conexiones con la Geología escolar, que se encuentra en el cuarto lugar de las vinculaciones con 56 identificaciones. La diferencia observada con la Física es marginal, pues solo hay 1 vinculación de diferencia. Lo interesante es observar cómo se distribuyen estas vinculaciones. Mientras que, para la Física, la mayor cantidad se encuentra en el principio 6 “Eficiencia Energética”, en el caso de la Geología esto ocurre para el principio 1 “Prevención” (10), seguido del principio 10 “Diseño para la degradación” (9). En estos casos los CC vinculados, al igual que para la Biología, hacen referencia a contenidos que relevan los cuidados o protección a las capas de la tierra o los ciclos biogeoquímicos.

Finalmente, se muestra un cuadro general de las vinculaciones identificadas para cada disciplina. Se observa que la disciplina con mayor cantidad de vinculaciones es la Química con un 53,2 %, lo que implica que ocupa el primer lugar de las vinculaciones encontradas. De manera inversa, la Geología escolar es la asignatura que menos vinculaciones recibió con un 10,7 %. Es importante mencionar que, independiente de las cantidades asociadas a cada disciplina, se encontraron vinculaciones con todas las asignaturas del currículum a partir de las respuestas de investigadores/as, aportando a la discusión del carácter interdisciplinar que se ha descrito de la QV (Eilks & Zuin, 2018; J. Chem. Educ., 2018; Machado, 2015; Marcelino et al., 2020). La Tabla 30, muestra el resumen de vinculaciones encontradas a partir de las respuestas de investigadores/as.

	QUÍMICA (%)	BIOLOGÍA (%)	FÍSICA (%)	GEOLOGÍA (%)	Total
Investigadores/as	281 (53,2 %)	134 (25,4 %)	57 (10,8 %)	56 (10,7%)	528 (100%)

Tabla 30. Cantidad y Porcentaje de vinculaciones de la QV con las disciplinas científicas escolares a partir de las respuestas de investigadores/as.

A continuación, se consideraron las vinculaciones al interior de cada asignatura con la QV. De esta forma, se buscó identificar y, por tanto, contabilizar los códigos vinculados a cada CC. En esta fase de resultados, es relevante recordar que los códigos corresponden a contenidos disciplinares básicos o grupos de contenidos y, por tanto, permiten identificar un cuerpo de contenidos desde las voces de los/as investigadores/as de educación científica, pertinentes para la educación de la QV a nivel escolar, a través de las disciplinas científicas escolares, que complementa lo presentado en el apartado anterior desde las voces de maestros/as.

4.3.2.2 ¿Qué contenidos de ciencias vinculan los/as investigadores/as con la Química Verde ?

Además de reportar cómo las vinculaciones se agrupan en las asignaturas científicas escolares, las respuestas de los/as investigadores permitieron identificar un grupo de contenidos curriculares dentro de cada una de ellas a partir de los códigos asignados a los contenidos clasificados a partir de las respuestas de los/as investigadores/as. En ese sentido, se consideró que un vínculo entre un contenido específico y la QV es fuerte cuando se observa más de un 10% de vinculaciones, entendiendo con esto que se pueden encontrar vinculaciones más débiles con la QV y que serán aquellas que no superen el 10% de vinculaciones.

Para ejemplificar los resultados de este apartado, se utilizará un extracto del libro de códigos (Tabla 27) presentado en el segundo análisis de este objetivo. Esto permite comprender cómo los contenidos vinculados por los/as investigadores fueron codificados. Por ejemplo, la categoría Geología integra los códigos: Ambiente y sostenibilidad; Capas de la Tierra y actividad humana y; Ciclos Biogeoquímicos y en cada uno de ellos se vincularon 3 contenidos desde las respuestas de los/as investigadores.

En la Tabla 31 se muestran ejemplos de la asignación de códigos por CC identificado en las respuestas de investigadores/as.

Categoría	Código (Contenido curricular)	CC vinculado
Geología	<i>Capas de la Tierra y actividad humana</i>	CC_G: Efectos de las actividad humana y acciones de protección en las capas de la tierra
	<i>Ciclos Biogeoquímicos</i>	CC_G: Interacción/es cíclicas de distintos elementos químicos y sus reservorios en el planeta y los efectos de la acción humana en ellos
	<i>Ambiente y sostenibilidad</i>	CC_G: Gestión ambiental y desarrollo sostenible

Tabla 31. Ejemplos de la asignación de códigos por OA identificado en las respuestas de los/as investigadores/as.

Es necesario reportar que, de los 26 códigos contemplados para este análisis, se identificaron 24 de ellos y se observó la ausencia de 2 de ellos. Particularmente, no se observó la presencia Propiedades y estados de la materia y Capas de la Tierra.

A. Química Escolar

A partir del análisis a las respuestas de los/as investigadores/as, de las 528 vinculaciones totales identificadas, 281 corresponden a Química que, para la presentación de estos resultados, se considera el 100%. Estas vinculaciones permitieron identificar un total de 15 contenidos curriculares de Química escolar vinculados con la QV (ver Tabla 32).

Contenidos curriculares de Química escolar vinculados con la QV		Vinculaciones (%)
Q ₁	Ciclos biogeoquímicos (B ₃ - G ₂)	2 (0,7%)
Q ₂	Recursos naturales renovables y no renovables	2 (0,7%)
Q ₃	Propiedades y tipos de materiales	3 (1,1%)
Q ₄	Energía nuclear y reactividad	4 (1,4%)
Q ₅	Catálisis química	4 (1,4%)
Q ₆	Seguridad en el trabajo experimental (B ₁ – F ₃)	4 (1,4%)
Q ₇	Cinética química	7 (2,5%)
Q ₈	Modelo de Energía; uso responsable de la Energía y eficiencia energética (B ₄ - F ₇)	9 (3,2%)
Q ₉	Termodinámica de procesos químicos	10 (3,6%)
Q ₁₀	Química de procesos biológicos	10 (3,6%)
Q ₁₁	Modelo atómico - molecular; enlace químico y fuerzas intermoleculares	24 (8,5%)
Q ₁₂	Industria química: proceso y efectos en la sociedad y el ambiente	27 (9,6%)
Q ₁₃	Propiedades y características de las sustancias puras, mezclas y disoluciones químicas	30 (10,7%)
Q ₁₄	Química Orgánica y reactividad; propiedades y formación de polímeros	65 (23,1%)
Q ₁₅	Cambios físicos y químicos de la materia; reacciones químicas y estequiometría: propiedades y características	80 (28,5%)
Vinculaciones totales		281 (100%)

Tabla 32. Contenidos de la Química escolar vinculados a la QV a partir de las respuestas de investigadores/as.

De acuerdo con el criterio que identifica un contenido como estrechamente vinculado a la QV, 3 de los 15 contenidos quedan dentro de esta clasificación, estos son: Q₁₃ *Propiedades y características de las sustancias puras, mezclas y disoluciones químicas*; Q₁₄ *Química Orgánica y reactividad; propiedades y formación de polímeros y*; Q₁₅ *Cambios físicos y químicos de la materia; reacciones químicas y estequiometría: propiedades y características*. Vale la pena discutir la integración del contenido Q₁₂ *Industria química: proceso y efectos en la sociedad y el ambiente*, que con un 9,6 % de vinculaciones queda en el límite del criterio definido y podría ser parte del grupo

de contenidos estrechamente vinculados a la QV. El resto de los 11 contenidos no superó el 10% de vinculaciones, por lo que se han clasificados como contenidos débilmente vinculados con la QV.

Los tres contenidos que se clasificaron como estrechamente vinculados con la QV, son tradicionales de la Química escolar, lo que no es sorprendente, pues se está estudiando la Química Verde y se espera que sea posible vincularla a contenidos basales para la Química escolar tradicional. Lo que llama la atención es la baja cantidad de vinculaciones asociadas a temas que aborden cuidados ambientales o protección del ambiente. Por una parte, esto encuentra una posible explicación en que 10 de los 20 investigadores trabajan en Chile, cuyo currículum ha sido estudiado en el capítulo 3 de esta tesis y en el que se describió como éste no aborda, en la asignatura de Química, una gran cantidad de contenidos curriculares asociados a las implicancias de las sustancias químicas y sus efectos en el ambiente, lo que podría incidir en las vinculaciones observadas en las respuestas de una parte del grupo de investigadores/as.

Por otra parte, hay 10 investigadores que no se desempeñan en Chile y, a la vez, tampoco asociaron de manera significativa contenidos sobre medidas de protección o cuidado ambiental. Eso amerita la discusión sobre las características de otros currículums escolares y la asociación que aún se perpetúa de la Química como asignatura lejana a aspectos referidos al ambiente. Esto ha sido tema de estudio de otros autores/as como Aubrecht et al. (2019), quienes proponen que los objetivos de aprendizaje de las ciencias deben abarcar una comprensión más holística de las interconexiones entre la Química y los sistemas humanos ambientales.

Finalmente, en la tabla aparecen 3 contenidos en cuya descripción se han puesto otras vinculaciones entre paréntesis, pues además de aparecer en las respuestas de asociadas a la Química, también se identificaron en las respuestas asociadas a la Biología, la Física y la Geología escolar, estos son: *Ciclos biogeoquímicos* (B₃ - G₂); *Seguridad en el trabajo experimental*; (B₁ - F₃) y; *Modelo de Energía; uso responsable de la Energía y eficiencia energética* (B₄ - F₇). Los que aparecen en las otras asignaturas y se abordarán como contenidos transversales en el siguiente apartado de resultados.

B. Biología Escolar

Los contenidos asociados a la Biología escolar implicaron 134 vinculaciones que equivalen al 100% de las vinculaciones identificadas para la Biología. En este grupo, se identificaron 9 contenidos curriculares vinculados con la QV en las respuestas de los/as investigadores/as (ver Tabla 33).

En las vinculaciones observadas para la Biología, de los 9 contenidos curriculares identificados, 3 de ellos responden al criterio propuesto para tipificar un contenido como estrechamente vinculado con la QV. En este grupo, destaca como el contenido con mayor cantidad de vinculaciones los *Efectos de la actividad humana en ecosistemas y medidas para su protección* [B₉], con un 32,1% de las vinculaciones.

Contenidos curriculares de Biología escolar vinculados con la QV		Vinculaciones (%)
B ₁	Controversias científicas-tecnológicas (F ₄)	3 (2,2%)
B ₂	Seguridad del trabajo experimental (Q ₇ -F ₃)	4 (3,0%)
B ₃	Ciclos biogeoquímicos (Q ₂ -G ₂)	10 (7,5%)
B ₄	Modelo de Energía; uso responsable de la Energía y eficiencia energética (Q ₁₂ -F ₇)	11 (8,2%)
B ₅	Cuerpo humano: salud y alimentación	12 (8,9%)
B ₆	Organización de los seres vivos	12 (8,9%)
B ₇	Energía y ecosistemas	16 (11,9%)
B ₈	Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas (F ₆)	23 (17,2%)
B ₉	Efectos de la actividad humana en ecosistemas y medidas para su protección	43 (32,1%)
Vinculaciones totales		134 (100%)

Tabla 33. Contenidos de la Biología escolar vinculados a la QV a partir de las respuestas de investigadores/as.

El segundo contenido con la más alta cantidad de vinculaciones fue el *Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas* [B₈] y el tercero fue *Energía y ecosistemas* [B₇]. Es interesante observar como para la Biología escolar, 2 de los 3 contenidos con las más altas vinculaciones desarrollan temáticas asociadas explícitamente con los efectos de la actividad humana y medidas para su protección, lo que no ocurrió en el caso de la Química escolar, lo que nuevamente puede encontrar una respuesta en cómo estos contenidos tienen una presencia significativa en el currículum escolar y cómo son asociados a la QV.

Con respecto a la naturaleza de estos contenidos, solo se observa 1 contenido (Cuerpo Humano: salud y alimentación) que no se relaciona con la ecología y que a su vez es clasificado como débilmente vinculado con la QV, pues presenta un 8,9%.

Los contenidos que se observan en la Biología escolar y en otras disciplinas son las *Controversias científicas-tecnológicas* (B₁); *Seguridad del trabajo experimental* (Q₇ - F₃); *Ciclos biogeoquímicos* (Q₂ - G₂) y; *Modelo de Energía; uso responsable de la Energía y eficiencia energética* (Q₁₂ -F₇), todos ellos con menos de un 10% de vinculaciones y *Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas*

(F₆), que obtuvo un 17,2% siendo uno de los contenidos identificado como central en las respuestas de los/as investigadores/as para el tránsito de la QV al aula y presentando por primera vez en este apartado de los resultados, el concepto de sostenibilidad asociado a la QV, una conexión ampliamente estudiada en la literatura de la QV y la educación (Eilks & Linkwitz, 2022; Grieger et al., 2022; Marques et al., 2020; Nahlik et al., 2023; Savec & Mlinarec, 2021).

C. Física Escolar

En relación con las vinculaciones encontradas para la Física escolar de acuerdo con las respuestas de investigadores/as, se encontraron un total de 57 vinculaciones, que equivalen al 100%. De acuerdo con ellas, se identificaron 5 contenidos curriculares (Tabla 34).

Entre estos 5 contenidos se identifican 3 que responden a la clasificación de estrechamente vinculados con la QV. Estos contenidos son: *Modelo de Energía; uso responsable de la Energía y eficiencia energética* (F₇); *Termodinámica* (F₆) y; *Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas* (F₆). Entre ellos, el Modelo de Energía es el contenido con la mayor cantidad de vinculaciones y presenta casi el 51% de ellas (es además el contenido con el mayor porcentaje de vinculaciones al interior de una disciplina). Dentro de estos 3 contenidos, 2 de ellos hacen referencia a la Energía ya que se incluye la Termodinámica. En este sentido, en las respuestas de los/as investigadores/as se identificó explícitamente la termodinámica, lo que dio paso a este código, a diferencia de otras respuestas donde apareció también explícitamente el modelo de energía. De este modo, se discute entonces que ambos contenidos hacen referencia a la Energía, pero desde diferentes miradas que son complementarias y que incluso permitirían describir vinculaciones desde niveles tempranos de enseñanza hasta los últimos niveles.

Contenidos curriculares de Física escolar vinculados con la QV		Vinculaciones (%)
F ₁	Seguridad en el trabajo experimental (Q ₇ -B ₁)	3 (5,3%)
F ₂	Controversias científicas-tecnológicas (B ₂)	5 (8,8%)
F ₃	Termodinámica	9 (15,8%)
F ₄	Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas (B ₈)	11 (19,3%)
F ₅	Modelo de Energía; uso responsable de la Energía y eficiencia energética (Q ₁₂ - B ₄)	29 (50,9%)
Vinculaciones totales		57 (100%)

Tabla 34. Contenidos de la Física escolar vinculados a la QV a partir de las respuestas de investigadores/as.

Con respecto a los contenidos F₁ *Seguridad en el trabajo experimental* (Q₇ -B₁); F₂ *Controversias científicas-tecnológicas* (B₂); F₄ *Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas* (B₈) y; F₅ *Modelo de Energía; uso responsable de la Energía y eficiencia energética* (Q₁₂ - B₄) son los contenidos en los que se observan vinculaciones en otras disciplinas científicas. Es relevante mencionar que esto implica que solo 1 contenido vinculado a la Física escolar –la *Termodinámica*– no fue vinculada a otras disciplinas, lo que se puede responder debido a la naturaleza conceptual de este contenido.

D. Geología Escolar

Finalmente, en las respuestas de maestros/as se identificaron **3 contenidos curriculares** de Geología escolar (Ver Tabla 35), todos estrechamente vinculados con la QV, pues superan ampliamente el 10% estipulado para esta clasificación.

Contenidos curriculares de Geología escolar vinculados con la QV		Vinculaciones (%)
G₁	Ciclos biogeoquímicos (Q ₂ -B ₃)	10 (18%)
G₂	Efectos de la actividad humana y acciones de protección en las capas de la tierra	22 (39,3%)
G₃	Gestión ambiental y desarrollo sostenible	24 (43%)
Vinculaciones totales		56 (100%)

Tabla 35. Contenidos de la Geología escolar vinculados a la QV a partir de las respuestas de investigadores.

Si bien los tres contenidos presentaron altas vinculaciones (la menor es de un 18%), es necesario destacar el referido a *Gestión ambiental y desarrollo sostenible* [G₃], pues presentó el 43% de las vinculaciones identificadas y coloca el foco en la sostenibilidad, aspecto que se ha descrito anteriormente y ha sido ampliamente estudiado como directamente relacionado con la QV (Eilks & Linkwitz, 2022; Grieger et al., 2022; Marques et al., 2020; Nahlik et al., 2023; Savec & Mlinarec, 2021). El contenido que se ubica en el segundo lugar también alcanzó gran cantidad de vinculaciones, con un 39,3 % y hace referencia a los efectos de la acción humana y acciones de protección en las capas de la Tierra. Esto implica que 2 de los 3 contenidos refuerzan las vinculaciones en torno a los cuidados del entorno a través de la integración de la QV a la educación formal.

Finalmente, solo 1 de los 3 contenidos presentó vinculaciones con otras disciplinas científicas, los *Ciclos Biogeoquímicos* (Q₂ -B₃), que con un 18% de vinculaciones para la Geología escolar es la única disciplina que se presenta como estrechamente vinculada, pues en Química

(0,7%) y Biología (7,5%), fue clasificado como débilmente vinculado y gracias a este resultado se integra al grupo de contenidos estrechamente vinculados.

4.3.2.3 ¿ Qué contenidos transversales escolares vinculan los/as investigadores/as con la Química Verde ?

A partir de las vinculaciones identificadas, se puede observar la presencia de 5 contenidos curriculares específicos que se encuentran en más de una asignatura, a partir de las respuestas de investigadores/as (Tabla 36). Estos contenidos representan el 23,5% (124) de todas las conexiones identificadas en las respuestas de los/as investigadores y podrían constituir un conjunto de contenidos transversales para el trabajo de la QV en el aula, que complementará los resultados del estudio teórico del currículum.

La Tabla 36, resume la información sobre los 5 contenidos transversales específicos que se han identificado y las asignaturas asociadas a ellos. Se ha considerado el total de vinculaciones como el 100% para cada disciplina de manera de poder discutir los resultados por disciplina científica. Lo primero que se puede observar es que la Biología es la única asignatura que contiene los 5 contenidos transversales, mientras que la Geología incluye el menor número, solo 1.

Contenidos transversales	QUÍMICA (%)	BIOLOGÍA (%)	FÍSICA (%)	GEOLOGÍA (%)
Modelo de Energía; uso responsable de la Energía y eficiencia energética	9 (60.0%)	11 (21.6%)	29 (60.4%)	0 (0%)
Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas	0 (0%)	23 (45.1%)	11 (23.0%)	0 (0%)
Ciclos biogeoquímicos	2 (13.3%)	10 (19.6%)	0 (0%)	10 (100%)
Seguridad del trabajo experimental	4 (26.7%)	4 (7.8%)	3 (6.3%)	0 (0%)
Controversias científicas-tecnológicas	0 (0%)	3 (5.9%)	5 (10.4%)	0 (0%)
TOTAL	15 (100%)	51 (100%)	48 (100%)	10 (100%)
124 vinculaciones				

Tabla 36. Contenidos vinculados con la QV transversalmente en las respuestas de los/as investigadores/as.

Según el marco curricular de ciencias de los Estados Unidos propuesto por el Consejo Nacional de Investigación (National Research Council [NRC], 2012), un concepto transversal es aquel que cruza los límites disciplinarios y puede proporcionar a los estudiantes un marco organizativo para conectar diferentes campos del conocimiento en diversas asignaturas. Al considerar los resultados de este estudio, nos referiremos a estos conceptos transversales como "ideas estructuradoras" (Izquierdo, 2005) y no como exclusivamente se han descrito los conceptos transversales en la literatura, ya que nuestros resultados abordan este grupo de conceptos como aquellos que se encuentran presentes en las respuestas de 2 o más investigadores.

El concepto transversal con mayor presencia en las 4 disciplinas es el *Modelo de Energía, uso responsable y eficiencia energética*, lo que refuerza lo descrito en la identificación de contenidos disciplinares fundamentales, donde los temas asociados a la Energía fueron centrales.

Resulta particular que el *Uso y consumo sostenible de sustancias químicas y recursos* esté ausente tanto en Química como en Geología. Esto, sin embargo, es consistente con los resultados descritos a lo largo de este apartado, que indican que la única de las 4 asignaturas que presenta conexiones débiles o casi inexistentes con temas relacionados con el cuidado del medio ambiente es la Química.

4.3.2.4 ¿Cuáles son los principios de la QV con más vinculaciones curriculares establecidas por los/las investigadores?

La última pregunta que concreta este objetivo específico plantea conocer cuáles son los principios de la QV con más vinculaciones curriculares. El análisis realizado a partir de las respuestas de investigadores/as además de identificar un cuerpo de contenidos de diferente naturaleza, también permitió reconocer qué principios de la QV encuentran mayores o menores vinculaciones con contenidos curriculares.

Esta pregunta se responde a partir de los 2 análisis realizados a las respuesta del grupo B. La (Tabla 37), muestra ejemplos de la sistematización de los resultados para 3 CC, con el propósito de exponer de manera particular las vinculaciones entre los principios de la QV y los contenidos curriculares .

Principios QV	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
CC_G: Efectos de las actividad humana y acciones de protección en las capas de la tierra												
Capas de la Tierra y actividad humana	X	X	X	X			X			X	X	
CC_G: Interacción/es cíclicas de distintos elementos químicos y sus reservorios en el planeta y los efectos de la acción humana en ellos												
Ciclos Biogeoquímicos		X	X	X					X	X	X	X
CC_G: Gestión ambiental y desarrollo sostenible												
Ambiente y Sostenibilidad	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X

Tabla 37. Ejemplos de resultados asociados a la vinculación de los principios de la QV con los contenidos curriculares.

De acuerdo con estos ejemplos, se presentan los resultados para todos los contenidos curriculares vinculados con cada uno de los principios de la QV (Tabla 38). En la primera columna se encuentran los contenidos curriculares, que han sido ordenados de acuerdo con las asignaturas a las que pertenecen (Biología, Física, Geología y Química), razón por la que las celdas han mantenido los colores que se han utilizado a lo largo de este apartado de la tesis.

Principios de la Química Verde												
Contenidos Curriculares	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
1. Cuerpo Humano y Salud			5			2		3	1			1
2. Ecosistemas Actividad Humana	15	2	2	2	3	2	4	2		5	3	3
3. Energía y Ecosistemas	3	3		1	1	3	1	1	1	1	1	
4. Organización de los seres vivos	1	3	1	2	1	1			2	1		
5. Controversias	2	1	2	1			1				1	
6. Sostenibilidad	4	1	5	3	3	1	5	1	3	5	1	2
7. Recursos		1				1						
8. Tipos de Energía	1	2		1		10	4			1	1	
9. Modelo de Energía	2	2	1	1	4	5	3	2	3	2	2	2
10. Ambiente y sostenibilidad	3	1	2	3	1	2	3	1		4	3	1
11. Capas de la tierra Actividad humana	7	3	5	1			1			3	2	
12. Ciclos Biogeoquímicos		4	3	1					1	3	8	2
13. Bioquímica			2	2	2				2	1		1
14. Cambios fisicoquímicos	1	17	10	18	2	3	1	2	3	8	11	4
15. Catálisis química		1							3			
16. Cinética Química						1			6			

17.Energía Nuclear				1		1				1		1
18.Industria química		4	4	8	2	2	3	3				1
19.Materiales	1				1					1		
20.Modelo atómico-molecular	9				10	1	2		1			1
21.Química Orgánica	3	8	5	12	7	2	8	8	2	8		2
22.Sustancias	9	1	2	1	4		4	3			4	2
23.Termodinámica	2	1			1	6	1	1	5	1	1	
24.Seguridad y prevención	1	1	1									8
TOTAL	64	56	50	58	42	43	41	27	33	45	38	31

Tabla 38. Número de vinculaciones entre los contenidos curriculares y los principios de la QV a partir de las respuestas de los/as investigadores/as.

Los 3 principios que obtuvieron más de un 10% de las vinculaciones, identificándolos como los principios fundamentales de acuerdo con las respuestas de los/as investigadores/as son: Prevención de residuos (Principio 1); Diseño de productos más seguros (Principio 4) y; Economía atómica (Principio 2).

El principio con mayor cantidad de vinculaciones es el referido a la Prevención de residuos (1), que obtuvo el 12,1% de las vinculaciones. Este resultado muestra lo que se observó en los contenidos por disciplina, los que resaltaron la prevención de los efectos de la acción humana las capas de la Tierra, siendo el contenido con mayor cantidad de vinculaciones. A la vez, en este principios se observan 2 contenidos con alta presencia: sustancias químicas y el modelo atómico-molecular, lo que muestra cómo se describe este principio en términos de aunar tanto contenidos referidos al cuidado del ambiente, con aquellos de naturaleza disciplinar química.

El principio que aparece en segundo lugar es el principio 4, que hace referencia al Diseño de productos más seguros, este principio coloca el foco en cómo las sustancias químicas deben resguardar su eficacia al mismo tiempo que se promueve la reducción de la toxicidad de estos, lo que se relaciona con el principio 1, profundizando y especificando su alcance. En este caso, los contenidos con mayor cantidad de vinculaciones son los cambios físicoquímicos, Química Orgánica e Industria Química. Si bien son los cambios físicoquímicos lo que obtuvieron la mayor cantidad de vinculaciones, se observa la conexión con las posibles consecuencias de la industria química en términos de generan productos con la mínima toxicidad posible.

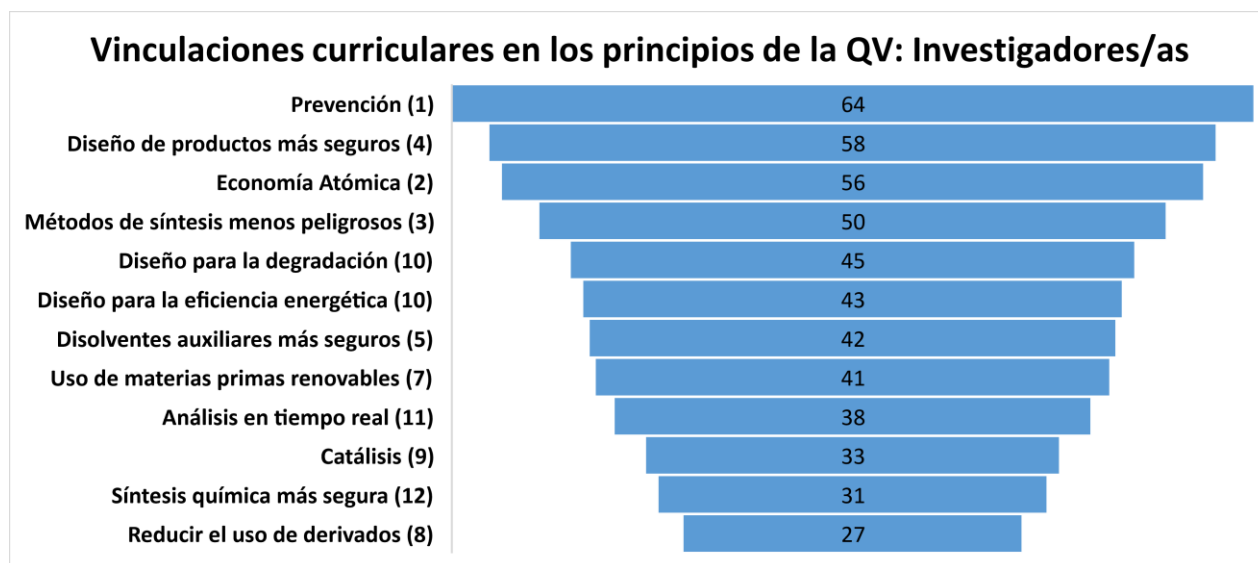
En tercer lugar, aparece la Economía atómica (Principio 2), en el que la incorporación de todo el material utilizado en los reactantes se debe considerar en los productos, se relaciona directamente con contenidos de la Química escolar, particularmente la estequiometría, representado por los cambios fisicoquímicos, lo que podría explicar su presencia en los primeros lugares de la jerarquía identificada a partir de las respuestas de los/as investigadores/as.

En la siguiente Tabla (Tabla 39) se describen las vinculaciones de cada principio y los porcentajes de cada uno de ellos, de acuerdo con la totalidad de vinculaciones encontradas (528, 100%)

	Principio de la QV	Vinculaciones Totales (%)
1	Prevención	64 (12,1 %)
2	Economía Atómica	56 (10,6 %)
3	Métodos de síntesis menos peligrosos	50 (9,5 %)
4	Diseño de productos más seguros	58 (11,0 %)
5	Disolventes auxiliares más seguros	42 (8,0 %)
6	Diseño para la eficiencia energética	43 (8,1 %)
7	Uso de materias primas renovables	41 (7,8%)
8	Reducir el uso de derivados	27 (5,1%)
9	Catálisis	33 (6,3%)
10	Diseño para la degradación	45 (8,5%)
11	Análisis en tiempo real	38 (7,2%)
12	Síntesis química más segura	31 (5,9%)
	Total	528 (100%)

Tabla 39. Vinculaciones totales identificadas en las respuestas de investigadores/as por principio de la QV.

Se ha diseñado una gráfica que permite describir las cantidades de vinculaciones (en porcentajes) que obtuvieron cada uno de los principios y que permite observar en conjunto los principios con mayores y menores vinculaciones, en paréntesis se observa el número del principio “original”, tal y como se describe en la literatura (Ver Grafica 2).



Gráfica 2. Principios de la QV ordenados de acuerdo con las vinculaciones encontradas a partir del análisis de las respuestas de investigadores/as.

4.4 Estudio de la comparación de las percepciones de maestros/as e investigadores/as de educación científica con respecto a la Química verde y el currículum escolar

4.4.1 METODOLOGÍA

El siguiente apartado da cuenta de la comparación realizada a partir del estudio de las percepciones del grupo A y grupo B. Esto responde al tercer objetivo específico de este capítulo de la tesis, es decir, *comparar las percepciones de maestros/as en ejercicio e investigadores/as, con respecto a la Química Verde y el currículum escolar.*

En coherencia con lo presentado en los objetivos específicos 1 y 2, en que se trabajaron las percepciones de maestros/as y de investigadores/as por separado, en este caso el análisis de la comparación de las percepciones de ambos grupos se llevó a cabo a través del enfoque de análisis de contenido cualitativo (Krippendorff, 2019; Krippendorff & Bock, 2009). De acuerdo con Hernández et al. (2014), es una técnica de investigación que permite una descripción objetiva, sistemática y cuantitativa del contenido, que se encuentra en los textos estudiados (las respuestas de maestros/as e investigadores/as), con el propósito de interpretarlo.

4.4.1.1 Proceso de análisis de la comparación de las respuestas de los maestros/as e investigadores/as a las preguntas orientadoras

Una vez realizado el análisis a cada grupo, se inició la comparación de las respuestas de los/as maestros/as e investigadores/as. Para esto, fue necesario realizar un nuevo proceso, que consideró 3 fases según se muestra en la siguiente figura (Figura 8):

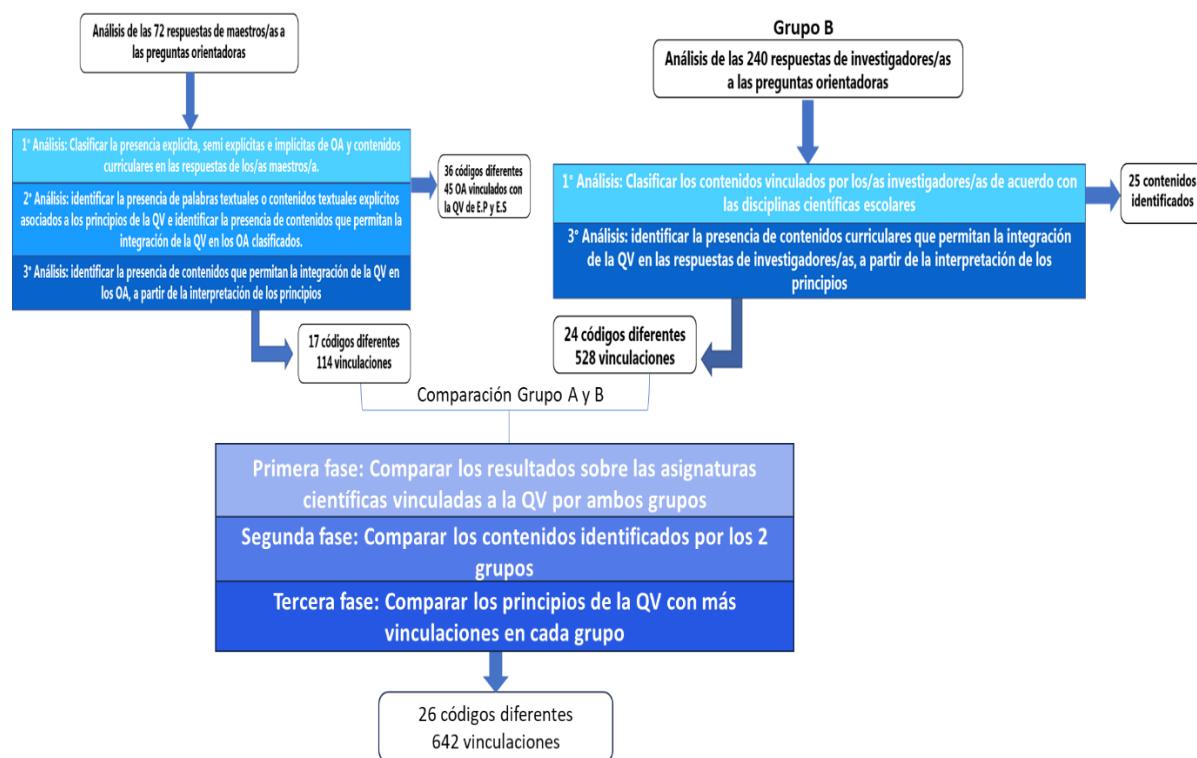


Ilustración 1. Esquema que resume las fases de análisis a las respuestas de maestros/as e investigadores, incorporando las fases del estudio de la comparación de las respuestas de ambos grupos.

4.4.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación con el análisis realizado al grupo de maestros/as e investigadores/as, el siguiente apartado da cuenta de la comparación de las identificaciones realizadas a partir de las respuestas de los 2 grupos, realizada de manera directa entre los resultados individuales.

4.4.2.1 ¿Cuáles son las similitudes y diferencias que ambos grupos presentan sobre las asignaturas de ciencias que se vinculan con los principios de la Química Verde?

De manera general, las vinculaciones encontradas en cada grupo suman 642 vinculaciones. Si bien la cantidad de participantes en cada grupo es la misma, el grupo de maestros/as respondió a las preguntas en grupos y en el caso de los/as investigadores/as fueron respuestas individuales, lo que se refleja en las respuestas recibidas y las vinculaciones identificadas. En la siguiente tabla (**Tabla 40**) se resume la cantidad de participantes, la cantidad de respuestas y vinculaciones.

N de participantes	Datos (Fuentes primarias)	Vinculaciones
20 maestros/as	72 respuestas	114
20 investigadores/as	240 respuestas	528
Total	Total	
40	312	642

Tabla 40. Resumen de la cantidad de respuestas y vinculaciones identificadas en los grupos A y B.

Los resultados del primer y segundo estudio de este capítulo identificaron de forma separada las asignaturas escolares vinculadas con las QV a partir de las respuestas de maestros/as e investigadores/as (Tabla 15 y Tabla 30). Entonces, para describir la comparación entre ambos grupos, la siguiente tabla (Tabla 41) muestra los resultados de ambos grupos en conjunto.

	QUÍMICA (%)	BIOLOGÍA (%)	FÍSICA (%)	GEOLOGÍA (%)	Totales por grupo
Profesores/as	40 (35,1%)	30 (26,3%)	29 (25,4%)	15 (13,2%)	114 (100%)
Investigadores/as	281 (53,2%)	134 (25,4%)	57 (10,8%)	56 (10,7%)	528 (100%)
Totales	321	164	86	71	642

Tabla 41. Cantidad y Porcentaje de vinculaciones de la QV con las disciplinas científicas escolares de maestros/as e investigadores/as en didáctica de las ciencias.

De acuerdo con la relación entre las vinculaciones y las asignaturas representativas del currículum escolar, hubo un alto nivel de concordancia entre los maestros/as e investigadores/as (Tabla 41). Mientras que la Química fue vista como la asignatura más estrechamente vinculada a la QV, la Geología fue vista como la más débilmente vinculada tanto en las respuestas de profesores/as como de investigadores/as.

Si bien el orden del grado de asociación fue el mismo para ambos grupos (de mayor a menor: Química, Biología, Física y Geología), se observan diferencias en cuanto a los porcentajes obtenidos en las respuestas de cada grupo, que no son significativos en términos investigativos. Estas vinculaciones refuerzan los argumentos a favor de continuar trabajando con la QV como un tema de investigación de vanguardia “cutting-edge research topics” (Stavrou et al., 2018), pues genera un espacio de diálogo, relacionado con las diferentes materias que componen el currículo de ciencias escolar.

A continuación, se consideró si este grado de concordancia se mantenía en las respuestas de maestros/as e investigadores/as al identificar los contenidos curriculares que vinculan en cada una de las asignaturas. De esta manera, se buscó identificar contenidos disciplinarios básicos necesarios para la enseñanza de la QV y vincularlos a cada asignatura de ciencias de la escuela.

4.4.2.2 ¿Cuáles son las diferencia que presentan maestros/as e investigadores sobre los contenidos escolares vinculados con la Química Verde?

A continuación, se describen las vinculaciones entre los contenidos curriculares por disciplina científica escolar (Química, Biología, Física y Geología) con la QV, que tanto maestros/as como investigadores/as señalaron en sus respuestas. Se consideraron que los vínculos entre un contenido específico y la QV son fuertes cuando más del 10% de las vinculaciones se refieren a él; en contraste, se consideraron débiles cuando este porcentaje es inferior al 10%. Además, identificamos que un contenido específico de las ciencias escolares es un contenido disciplinario fundamental, cuando hay un acuerdo entre los dos grupos y existe una fuerte vinculación (mayor al 10%) con la QV.

A. Química Escolar

Las respuestas de los/as maestros/as e investigadores/as permitieron identificar un total de 16 contenidos curriculares de Química escolar que se vinculan con la QV, de los cuales 8 emergen de las respuestas del profesorado y 15 de las respuestas de investigadores/as (Tabla 42). Se observa que ambos grupos muestran un elevado grado de acuerdo, al considerar que los contenidos de la Química escolar más fuertemente vinculados con la QV son los relacionados con los *Cambios físicos y químicos de la materia, las reacciones químicas y estequiometría* (Q₁₆), *Química orgánica* (Q₁₅), *Sustancias puras, mezclas y disoluciones* (Q₁₄) y el *Modelo atómico-molecular* (Q₁₂) por lo que

podemos considerar que forman parte de los contenidos disciplinarios fundamentales para la inclusión de la QV en la escuela.

Se observaron diferencias entre las respuestas de los/as maestros/as y las de los/as investigadores/as, debido a que algunos vínculos no fueron identificados por uno u otro de los grupos. En particular, a partir del grupo de maestros/as se identificaron menos vínculos, solo 8 de los 16 contenidos curriculares identificados en total para la QV. Cabe destacar que el único contenido que no se identificó a partir de las respuestas de los/as investigadores fueron los cambios en el estado de la materia (Q_1), mientras que en las respuestas de los/as maestros/as fue uno de los contenidos fuertemente vinculados a la QV.

Contenidos curriculares de Química escolar vinculados con la QV		Investigadores/as	Maestros/as
Q₁	Propiedades de estados de la materia; cambios de estado	0 (0%)	5 (12.5%)
Q₂	Ciclos biogeoquímicos ($B_3 - G_2$)	2 (0.7%)	0 (0 %)
Q₃	Recursos naturales y materias primas renovables y no renovables	2 (0.7%)	0 (0%)
Q₄	Propiedades y tipos de materiales	3 (1.1%)	4 (10%)
Q₅	Energía nuclear y reactividad	4 (1.4%)	1 (2.5%)
Q₆	Catálisis química	4 (1.4%)	0 (0%)
Q₇	Seguridad en el trabajo experimental ($B_1 - F_3$)	4 (1.4%)	0 (0%)
Q₈	Cinética química	7 (2.5%)	3 (7.5%)
Q₉	Modelo de Energía; uso responsable de la Energía y eficiencia energética ($B_4 - F_7$)	9 (3.2%)	0 (0%)
Q₁₀	Termodinámica de procesos químicos	10 (3.6%)	0 (0%)
Q₁₁	Química de procesos biológicos	10 (3.6%)	0 (0%)
Q₁₂	Modelo atómico - molecular; enlace químico y fuerzas intermoleculares	24 (8.5%)	4 (10%)
Q₁₃	Industria química: proceso y efectos en la sociedad y el ambiente	27 (9.6%)	0 (0)
Q₁₄	Propiedades y características de las sustancias puras, mezclas y disoluciones químicas	30 (10.7%)	9 (22.5%)
Q₁₅	Química Orgánica y reactividad; propiedades y formación de polímeros	65 (23.1%)	6 (15%)
Q₁₆	Cambios físicos y químicos de la materia; reacciones químicas y estequiometría: propiedades y características	80 (28.5%)	8 (20%)
Vinculaciones totales		281 (100%)	40 (100%)

Tabla 42. Contenidos de la Química escolar vinculados a la QV a partir de las respuestas de maestros/as e investigadores/as

Los contenidos curriculares que involucran el concepto de Energía fueron vinculados a la QV en las respuestas de ambos grupos, pero con diferentes perspectivas. Mientras en las respuestas de ambos grupos se considera que la *Energía nuclear y la radiactividad* (Q₅) están vinculadas a la QV, sólo en las respuestas del grupo de investigadores/as es posible identificar contenidos relacionados con la *Termodinámica y la energía* (Q₉ y Q₁₀).

Por otra parte, los contenidos con un carácter más transversales (Cooper, 2020), es decir, aquellos que no se limitan a una única asignatura, sino que se integran transversalmente en diferentes disciplinas, promoviendo por ejemplo, la conciencia ambiental, el desarrollo sostenible, la ciudadanía global y la alfabetización mediática e informacional (Durlak et al., 2011; Torney-purta et al., 2001), sólo fueron considerados en las respuestas de los/as investigadores. Estos contenidos son: los *Ciclos biogeoquímicos* (Q₂), la *Seguridad durante el trabajo experimental* (Q₇), la *Energía y su uso responsable* (Q₉), los *Recursos naturales y materias primas renovables y no renovables* (Q₃) y la *Industria química y su impacto social y ambiental* (Q₁₃).

B. Biología Escolar

A partir de las 164 unidades análisis vinculadas con las Biología desde ambos grupos, se identificaron un total de 9 contenidos curriculares de Biología escolar que se vinculan con la QV. En este caso los 9 contenidos se observan en las respuestas de los/as investigadores y solo 4 desde las respuestas de los/as maestros/as (Tabla 43).

Contenidos curriculares de Biología escolar vinculados con la QV		Investigadores/as	Maestros/as
B ₁	Controversias científicas-tecnológicas (F ₄)	3 (2.2%)	0 (0%)
B ₂	Seguridad del trabajo experimental (Q ₇ -F ₃)	4 (3.0%)	0 (0%)
B ₃	Ciclos biogeoquímicos (Q ₂ -G ₂)	10 (7.5%)	0 (0%)
B ₄	Modelo de Energía; uso responsable de la Energía y eficiencia energética (Q ₁₂ -F ₇)	11 (8.2%)	0 (0%)
B ₅	Cuerpo humano: salud y alimentación	12 (8.9%)	6 (23.3%)
B ₆	Organización de los seres vivos	12 (8.9%)	7 (20.0%)
B ₇	Energía y ecosistemas	16 (11.9%)	8 (26.7%)
B ₈	Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas (F ₆)	23 (17.2%)	0 (0%)
B ₉	Efectos de la actividad humana en ecosistemas y medidas para su protección	43 (32.1%)	9 (30.0%)
Vinculaciones totales		134 (100%)	30 (100%)

Tabla 43. Contenidos de la Biología escolar vinculados a la QV a partir de las respuestas de maestros/as e investigadores/as

Se observa un acuerdo entre los dos grupos en cuanto al contenido que está más fuertemente vinculado a la QV, es decir, los *Efectos de la actividad humana en los ecosistemas y las medidas para protegerlos* (B₉), seguido de la *Energía y los ecosistemas* (B₇). En el caso de la *Organización de los seres vivos* (B₆) y el *Cuerpo humano: salud y nutrición* (B₅), se observa un acuerdo parcial, ya que estos contenidos fueron fuertemente vinculados a la QV por los/as maestros/as, pero débilmente vinculados por los/as investigadores/as. Estos 4 contenidos curriculares específicos de la Biología escolar se pueden considerar parte de los contenidos disciplinarios fundamentales para la QV, necesarios para enseñar la QV en la escuela, dado que hubo acuerdo en los vínculos entre ambos grupos.

Al igual que ocurrió con los vínculos entre los contenidos de Química escolar y la QV, en las respuestas de los/as maestros/as no se encontraron vinculaciones para un conjunto de 5 contenidos específicos de naturaleza transversal, que si fueron observados en las respuestas de los/as investigadores/as. Dentro de estos contenidos de carácter transversal, el uso y consumo sostenible de sustancias químicas y recursos (B₄), presentó una fuerte vinculación con la QV en las respuestas de los/as investigadores/as, mientras que la *Seguridad durante el trabajo* experimental (B₁), las *Controversias científico-tecnológicas* (B₂), los *Ciclos biogeoquímicos* (B₃) y el *Modelo de Energía* (B₄) fueron débilmente vinculados en las respuestas de los/as investigadores/as.

C. Física Escolar

Las respuestas de los/as maestros/as e investigadores/as permitieron identificar un total de 7 contenidos curriculares de física escolar que se vinculan con la QV. En este caso solo 3 contenidos se identificaron a partir de las respuestas de los/as maestros/as y 5 a partir de las respuestas generadas por los/as investigadores/as (Tabla 44).

Contenidos curriculares de Física escolar vinculados con la QV		Investigadores/as	Maestros/as
F ₁	Recursos naturales energéticos	0 (0%)	7 (24.1%)
F ₂	Tipos y transformaciones de la Energía	0 (0%)	13 (44.8%)
F ₃	Seguridad en el trabajo experimental (Q ₇ -B ₁)	3 (5.3%)	0 (0%)
F ₄	Controversias científicas-tecnológicas (B ₂)	5 (8.8%)	0 (0%)
F ₅	Termodinámica	9 (15.8%)	0 (0%)
F ₆	Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas (B ₈)	11 (19.3%)	0 (0%)
F ₇	Modelo de Energía; uso responsable de la Energía y eficiencia energética (Q ₁₂ - B ₄)	29 (50.9%)	9 (31.0%)
Vinculaciones totales		57 (100%)	29 (100%)

Tabla 44. Contenidos de la Física escolar vinculados a la QV a partir de las respuestas de maestros/as e investigadores/as

De las 642 unidades de análisis total, se encontraron 86 vinculadas con la física (57 identificadas a partir de las respuestas de los/as investigadores/as y 29 desde las respuestas de los/as maestros/as). Se observa un acuerdo entre las respuestas de ambos grupos en un contenido curricular: el *Modelo energético, uso responsable de la energía y eficiencia energética* (F₇). Este contenido representa el único contenido disciplinario fundamental de la física escolar vinculado a la QV, pues en el caso del grupo de los/as investigadores se observó en el 50,9% de las respuestas y en el grupo de maestros/as, este contenido estuvo presente en un 31%.

Hubo una fuerte discrepancia en relación con los otros 6 contenidos, evidenciada por la ausencia de vínculos tanto en las respuestas de maestros/as como de investigadores/as. Mientras que todos los vínculos identificados en las respuestas de los/as maestros están relacionados de alguna manera con el tema de la energía, los vínculos identificados en las respuestas de los/as investigadores/as, tuvieron diferentes naturalezas, incluyendo contenidos de carácter transversal.

Al igual que lo observado para la Química escolar, el concepto de Energía fue identificado con diferentes énfasis, en las respuestas de ambos grupos. Los 3 contenidos de física escolar vinculados a la QV, que fueron identificados a partir de las respuestas del grupo de maestros/as, son relacionados con la Energía (*Recursos naturales energéticos* (F₁); *Tipos y Transformaciones de la Energía* (F₂); *Modelo de Energía; uso responsable de la Energía y eficiencia energética* (F₇)). En el caso de los investigadores, de los 5 contenidos que fueron identificados en función de sus respuestas, 2 están relacionados con el concepto de Energía (*Modelo de Energía; uso responsable de la Energía y eficiencia energética* (F₇); *Termodinámica* (F₅)) y significan el 66,7% de todas las

vinculaciones de este grupo. Esto implica que independiente de los abordajes de estos contenidos, el concepto de Energía es central en la Física escolar vinculada al trabajo de la QV en la escuela.

D. Geología Escolar

Finalmente, en las respuestas de maestros/as e investigadores/as, se identificaron 4 contenidos curriculares de Geología escolar, todos ellos fuertemente vinculados a la QV, 2 contenidos que emergen de las respuestas del grupo de maestros/as y 3 por parte de las respuestas de los/as investigadores/as (Tabla 45). Los datos nos indican que existe acuerdo en las respuestas de ambos grupos en 1 contenido (*Efectos de la actividad humana y acciones de protección en las capas de la tierra* (G₃), que se presenta como el contenido curricular de Geología escolar más fuertemente vinculado a la QV en las respuestas de los/as maestros/as y en el segundo lugar, de acuerdo con las respuestas de los/as investigadores/as. Este constituye el contenido disciplinar fundamental de la geología con un 80% de vinculaciones de acuerdo con las respuestas de los/as maestros/as y casi un 40% en las respuestas de los/as investigadores/as.

Contenidos curriculares de Física escolar vinculados con la QV		Investigadores/as	Maestros/as
G ₁	Características de las capas de la tierra y desarrollo de la vida	0 (0%)	3 (20%)
G ₂	Ciclos biogeoquímicos (Q ₂ -B ₃)	10 (18%)	0 (0%)
G ₃	Efectos de la actividad humana y acciones de protección en las capas de la tierra	22 (39.3%)	12 (80%)
G ₄	Gestión ambiental y desarrollo sostenible	24 (43%)	0 (0%)
Vinculaciones totales		56 (100%)	15 (100%)

Tabla 45. Contenidos de la Geología escolar vinculados a la QV a partir de las respuestas de maestros/as e investigadores/as

Los otros tres contenidos de Geología escolar muestran importantes desacuerdos, basados en ausencias que emergen de las respuestas de los/as maestros/as en cuanto a contenidos de naturaleza transversal, como los *Ciclos biogeoquímicos* (G₂), ya identificado en otras disciplinas escolares o, el de *Gestión ambiental y desarrollo sostenible* (G₄), que aparece por primera vez vinculado a la QV. Las ausencias en las respuestas de los/as investigadores/as, se refieren a un solo contenido relacionado con las *Características de las capas de la Tierra*, de naturaleza disciplinar.

A partir del acuerdo obtenido en las respuestas de maestros/as e investigadores/as con respecto a la vinculación de un grupo de contenidos disciplinares de la ciencia escolar con la QV, se

han logrado identificar contenidos disciplinares fundamentales para el desarrollo del QV en la escuela desde la perspectiva de maestros/as e investigadores/as.

Mientras que, para la Biología, la Física y la Geología escolar estos contenidos hacen referencia a temáticas asociadas al cuidado y prevención ambiental y/o de sostenibilidad, en el caso de la Química escolar solamente se relacionan con contenidos conceptuales propiamente disciplinares. Se dibuja así una dinámica funcional particular de las disciplinas científicas escolares para la enseñanza de la QV, como un espacio de diálogo disciplinar gracias a la identificación de contenidos disciplinares fundamentales.

4.4.2.3 ¿Cuáles son las similitudes y diferencias que estos grupos manifiestan sobre los principios con más y menos vinculaciones?

El análisis realizado a partir de las respuestas de maestros/as e investigadores/as, además de identificar un cuerpo de contenidos de diferente naturaleza, también permitió reconocer qué principios de la QV encuentran mayores o menores vinculaciones con el currículum escolar.

Utilizando el proceso de análisis, se cuantificaron las vinculaciones identificadas en las respuestas del grupo A y B, para cada principio de la QV. El resultado de esta cuantificación permitió observar el orden de acuerdo con las vinculaciones de cada uno de los principios de la QV por cada grupo y de manera comparativa. En la siguiente tabla (Tabla 46) se observa la cantidad de vinculaciones identificadas en las respuestas de los grupos A y B, por cada principio de la QV.

	Vinculaciones totales por cada principio												
Grupo	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	Total
A: Maestros/as	16	7	10	4	14	23	9	9	6	8	4	4	114
B: Investigadores/as	64	56	50	58	42	43	41	27	33	45	38	31	528

Tabla 46. Vinculaciones identificadas en las respuestas de los grupos A y B por principio de la QV.

Las vinculaciones encontradas relevan algunos principios por sobre otros, planteando la discusión sobre la presencia de los 12 principios de la QV en la reconstrucción educativa de la QV a nivel escolar. En la siguiente tabla (Tabla 47) se observan los porcentajes asociados a cada principio, ordenador de mayor a menor por grupo.

Vinculación de maestros/as		Vinculación de investigadores/as	
20,2 %	Eficiencia energética	Prevención	12,1 %
14,0 %	Prevención	Diseño de productos más seguros	11,0 %
12,3 %	Disolventes auxiliares más seguros	Economía Atómica	10,6 %

8,8 %	Métodos de síntesis menos peligrosos	Métodos de síntesis menos peligrosos	9,5 %
7,9 %	Reducir el uso de derivados	Diseño para la degradación	8,5 %
7,9 %	Uso de materias primas renovables	Eficiencia energética	8,1 %
7,0 %	Diseño para la degradación	Disolventes auxiliares más seguros	8,0 %
6,1 %	Economía Atómica	Uso de materias primas renovables	7,8 %
5,3 %	Catálisis	Análisis en tiempo real	7,2 %
3,5 %	Síntesis química más segura	Catálisis	6,3 %
3,5 %	Análisis en tiempo real	Síntesis química más segura	5,9 %
3,5 %	Diseño de productos más seguros	Reducir el uso de derivados	5,1 %

Tabla 47. Comparación de la jerarquización de los principios a partir de las respuestas de los/as maestros/as e investigadores/as, ordenadas de mayor a menor.

A partir de las respuestas de los/as maestros/as, se observa que el principio con más vinculaciones es el principio 6 “Eficiencia Energética”, mientras que para el grupo de investigadores/as es el principio 1 “Prevención”. A la vez, los principios con menos vinculaciones, para el grupo de maestros/as, son: principio 4 “Diseño de productos más seguros”; principio 11 “Análisis en tiempo real; principio 12 “Reducir el uso de derivados”, todos ellos con la misma cantidad de vinculaciones (4). En contraposición, para el grupo de los/as investigadores/as el principio con menos vinculaciones es el principio 8 “Reducir el uso de derivados”, con 27 vinculaciones y el con más vinculaciones es el Principio 1 “Prevención”.

De acuerdo con el carácter comparativo con el que se han presentado los resultados de este apartado, en el marco de los aportes a la reconstrucción educativa de la QV, es que cobra relevancia presentar ambas propuestas y, observar las diferencias y similitudes entre ambas. Para realizar esta comparación, se utilizaron porcentajes de manera de presentar resultados comparables, ya que la cantidad de vinculaciones presentada por los/as maestros es significativamente menor.

Esta comparación permite situar al principio 3 “Métodos de síntesis menos peligrosos” como el único principio que ocupa el mismo lugar, en esta jerarquía. Es interesante observar que, a pesar de las diferencias evidentes en términos del orden de los principios para cada grupo, es posible identificar ciertas tendencias. El principio de “Prevención” es para ambos grupos una oportunidad para trabajar una gran cantidad de contenidos curriculares, ocupando el primer lugar en el grupo de investigadores/as y el segundo lugar en el grupo de maestros/as.

Otro resultado a destacar tiene que ver con la dispersión de las respuestas. Mientras que en el grupo de investigadores/as se observa una alta dispersión, en el caso de los/as maestros/as el 20% de las vinculaciones fueron asociadas al principio de Eficiencia Energética, lo que se relaciona

con la alta presencia del concepto de energía en las vinculaciones descritas en las repuestas de este grupo. A partir de esto, es posible fijar la atención al aporte porcentual de cada principio y observar que existe una alta similitud entre cada principio. Para describir más claramente lo observado, se presenta la siguiente tabla (Tabla 48) que compara los porcentajes de cada principio, a partir de las respuestas de maestros/as ordenadas de mayor a menor.

Principios de la QV	Maestros/as	Investigadores/as
Eficiencia energética	20,2 %	8,1 %
Prevención	14,0 %	12,1 %
Disolventes auxiliares más seguros	12,3 %	8,0 %
Métodos de síntesis menos peligrosos	8,8 %	9,5 %
Reducir el uso de derivados	7,9 %	5,1 %
Uso de materias primas renovables	7,9 %	7,8 %
Diseño para la degradación	7,0 %	8,5 %
Economía Atómica	6,1 %	10,6 %
Catálisis	5,3 %	6,3 %
Síntesis química más segura	3,5 %	5,9 %
Análisis en tiempo real	3,5 %	7,2 %
Diseño de productos más seguros	3,5 %	11,0 %

Tabla 48. Comparación de las vinculaciones de los principios a partir de las respuestas de los/as maestros/as e investigadores/as

Esta tabla permite observar que los porcentajes asociado a los principios 6 “Eficiencia Energética” y 4 “Diseño de productos más seguros”, son los que tienen mayor diferencia porcentual, en el caso de los/as maestros. En cambio, el resto de los principios tienen una diferencia de menos de un 5% en cuanto a las vinculaciones curriculares identificadas. En cambio, en el caso de los/as investigadores, la mayor diferencia porcentual se observa entre el principio 1 “Prevención” y el principio 8 “Reducir el uso de derivados”. En este caso, las diferencia porcentuales entre cada principio son mucho menos que en el caso de los/as maestros/as.

Esto es significativo, pues permite complementar el trabajo de reconstrucción educativa de la QV, a partir de la reflexión y discusión en torno a las oportunidades que ofrecen ciertos principios de la QV, por sobre otros, para su inclusión en el aula, de acuerdo con las respuestas de ambos grupos.

4.5 CONCLUSIONES

El Modelo de Reconstrucción Educativa (MER) proporciona una perspectiva desde la cual abordar la selección de contenidos de la educación escolar para la integración de la QV en el aula, desde la perspectiva de un proceso analítico y participativo. A partir de las voces de 20 maestros/as en servicio y 20 investigadores/as del campo de la educación, se han podido identificar vínculos entre la QV, asignaturas científicas y contenidos disciplinares centrales y contenidos transversales curriculares escolares. Estos 3 aspectos permiten plantear un modelo de contenidos curriculares de ciencias, particularmente para el currículum chileno que incorpora estos tres aspectos identificados a partir de las respuestas de los/as participantes, y que describe características de una propuesta de Química Verde Escolar (QVE).

El modelo propuesto, complementa la propuesta de principios de la QV para la educación de Saqueto (2015) y Zuin et al. (2019), con un cuerpo de contenidos definidos tanto para la educación primaria como la educación secundaria e identifica las oportunidades que ofrece el contenido del currículo escolar para trabajar la QV en la escuela. Esto responde a una de las principales críticas o dudas sobre los enfoques ecológicos o sostenibles de la Química descrita por Nahlik et al. (2023), que es el sacrificio del conocimiento de contenido tradicional.

Además, este modelo contribuye a una categoría específica del marco propuesto por Jegstad y Sinnes (2015), basado en la investigación de Burmeister et al. (2012). Este marco describe cinco categorías para un modelo de educación química y la educación para el desarrollo sostenible (EDS). Estas categorías incluyen: (1) conocimiento del contenido químico, (2) química en contexto, (3) la naturaleza distintiva y metodológica de la química, (4) competencias de EDS y (5) EDS vivida. Específicamente, el modelo que se presenta en estas conclusiones contribuye a la primera categoría, que se centra en el conocimiento del contenido químico. Esto es significativo porque suele ser el punto de partida para la planificación educativa, donde los/as maestros/as de escuela deciden sobre el tema químico específico para sus lecciones y el primer paso hacia el desarrollo de las otras categorías propuestas por el modelo, como las competencias de EDS.

El modelo de contenido curricular (Tabla 42) propuesto como parte de la reconstrucción educativa de la QV tiene las siguientes dimensiones: (i) dimensión multidisciplinar (asignaturas curriculares de ciencias asociadas a la QV); (ii) dimensión intradisciplinar (contenidos disciplinares

básicos asociados a la QV); y (iii) dimensiones interdisciplinarias (conceptos transversales asociados a la QV).

La siguiente es la propuesta que aúna las tres dimensiones descritas:

Dimensión multidisciplinar: asignaturas científicas	Dimensión intradisciplinar: Contenidos disciplinarios centrales	Dimensión interdisciplinar: Contenidos transversales
QUÍMICA	Propiedades y características de las sustancias puras, mezclas y disoluciones químicas Química Orgánica y reactividad; propiedades y formación de polímeros Cambios físicos y químicos de la materia; reacciones químicas y estequiometría: propiedades y características Modelo atómico - molecular; enlace químico y fuerzas intermoleculares	Modelo de Energía; uso responsable de la Energía y eficiencia energética (Q – B – F) Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas (B – F)
BIOLOGÍA	Efectos de la actividad humana en ecosistemas y medidas para su protección Cuerpo humano: salud y alimentación Organización de los seres vivos Energía y ecosistemas	Ciclos biogeoquímicos (Q – B – G) Seguridad del trabajo experimental (Q – B – F)
FÍSICA	Modelo de Energía; uso responsable de la Energía y eficiencia energética	
GEOLOGÍA	Efectos de la actividad humana y acciones de protección en las capas de la tierra	Controversias científicas-tecnológicas (B – F)

Tabla 42. . Propuesta de modelo del contenidos curriculares para la QVE a partir de las respuesta de ambos grupos.

4.5.1 Dimensión multidisciplinar del contenido curricular de la QV escolar

Esta dimensión surge como respuesta a las preguntas realizadas a ambos grupos sobre ¿Cuáles son asignaturas de ciencias que ambos grupos vinculan con los principios de la Química Verde? Los resultados de este estudio sugieren que hay cuatro. Aunque la Química sigue siendo la asignatura central, otras asignaturas científicas escolares como Biología, Física y Geología también tienen su lugar en la enseñanza y el aprendizaje de la QV. El desafío sigue siendo cómo los/as maestros/as pueden orquestrar la contribución de múltiples asignaturas de ciencias escolares cuando intentan enseñar QV en aulas reales, en el contexto de currículos que no promueven esta integración, como es el caso chileno.

4.5.2 Dimensión intradisciplinar del contenido curricular de la QV escolar

Esta dimensión surge como respuesta a las preguntas que plantean conocer ¿Qué contenidos de ciencias vinculan ambos grupos con la Química Verde? Los resultados de este estudio indican que maestros/as e investigadores/as observan contenidos disciplinares centrales pertenecientes a diferentes asignaturas científicas asociados a la QVE. Si bien este estudio destaca la construcción de diálogos interdisciplinarios, al mismo tiempo reconoce el aporte específico de cada asignatura y ha permitido identificar contenidos disciplinares centrales necesarios para la enseñanza y el aprendizaje de la QV en el contexto chileno.

Es particularmente necesario reflexionar sobre los vínculos con la Química a partir de los resultados de este estudio. Aunque es la materia escolar con mayor cantidad de vínculos con la QV en general, también es la que tiene menos vínculos con cuestiones ambientales, tanto en las respuestas de maestros/as como en las de investigadores/as. De hecho, los contenidos específicos asociados a la protección y cuidado del medio ambiente o temas asociados a la sostenibilidad tienen fuertes vínculos en todas las materias excepto en Química. Esto se puede explicar a través del análisis realizado del currículo chileno en el capítulo 3, que revela que el currículo contempla pocos objetivos de aprendizaje vinculados a las perspectivas sostenibles de la química, destacando así la necesidad de contextualizar y reformular los objetivos de aprendizaje. Esto está en línea con lo que Aubrecht et al. (2019) recomendaron, es decir, proponer que los objetivos de aprendizaje de las ciencias abarquen una comprensión más holística de las interconexiones entre la Química y los sistemas humanos y ambientales.

4.5.3 Dimensión interdisciplinaria del contenido curricular de QV escolar

Esta dimensión surge como respuesta a las preguntas que conocer ¿Qué contenidos transversales escolares se vinculan con la Química Verde? Esta dimensión solo se construyó a partir de las respuestas de investigadores/as, pues no formaron parte de las respuestas de maestros/as.

Las percepciones de los investigadores/as apuntan a varios contenidos curriculares que pueden abordarse a través de la enseñanza de diferentes disciplinas al introducir la QV en la educación primaria y secundaria. Esto refuerza el posicionamiento interdisciplinario de la QV en el ámbito educativo (Eilks & Zuin, 2018; J. Chem. Educ., 2018; Zuin & Mammino, 2015). Esta dimensión ofrece

la posibilidad de interrelacionar los contenidos de cada asignatura de ciencias desde una perspectiva transversal, contribuyendo así a un entramado que represente la reconstrucción educativa de la QV.

En esta dimensión se destaca que la energía es el único concepto transversal que, al mismo tiempo es un contenido curricular central para la QVE. Los resultados de este estudio respaldan la importancia del concepto de energía como una idea clave que conecta el modelo de reconstrucción educativa de la QV y los principios de CG para la educación, lo que también ha sido planteado por otros/as autores (Andrade & Zuin, 2021; Saqueto, 2015; Zuin et al., 2019).

Aunque en este estudio participaron 20 maestros/as en activo, se requiere una mayor participación de maestros/as en activo y en formación inicial, en la que se integre explícitamente la QV, pues tanto la escasez de vínculos con temas ambientales como el actual contexto de emergencia ambiental (Mascarell & Vilches, 2016) requieren una perspectiva desde la cual las asignaturas de ciencias escolares entren en diálogo entre sí para dar respuestas al complejo abordaje que significa la prevención de los daños en el ambiente, en los ecosistemas y en la salud humana provocadas por la actividad humana.

Finalmente, la investigación de las percepciones sobre la QV, en el marco de su reconstrucción educativa, ha sido resultado de un proceso inclusivo posible gracias a los aportes tanto de los/as maestros/as e investigadores/as en educación científica. Esto representa una fortaleza del estudio sobre temas de investigación de vanguardia, ya que es necesario tomar en cuenta todas las voces, con niveles iguales de participación, para construir cuerpos de contenido significativos para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias escolares.



150 años es el tiempo aproximado que tarda una bolsa de plástico común en degradarse. Una botella PET puede tardar 1.000 años en desaparecer.

Luego del planchado de las bolsas, el resultado serán unas láminas gruesas, rugosas y abultadas. Es importante que nunca se planche directamente sobre el plástico, o se derretirá sobre la plancha.

CAPÍTULO 5

CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE SECUENCIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE QUE INCORPORAN LA QUÍMICA VERDE DISEÑADAS POR MAESTROS/AS DE PRIMARIA Y SECUNDARIA

Índice de contenidos Capítulo 5

5. ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE SECUENCIAS DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE, CONSTRUIDAS POR MAESTROS/AS, QUE INCORPORAN LA QUÍMICA VERDE	230
5.1 INTRODUCCIÓN	230
5.1.1 Objetivos del estudio.....	231
5.2 Estudio de las características de secuencias de enseñanza aprendizaje de la química verde construidas por maestros/as de educación primaria y educación secundaria en ejercicio	233
5.2.1 METODOLOGÍA.....	233
5.2.1.1 Contexto del estudio: participación de los/as maestros/as en el diseño de SEA	233
5.2.1.3 Proceso de análisis de los diseños de secuencias de enseñanza aprendizaje que incorporan la Química Verde	241
5.2.1.3 Criterios de Credibilidad.....	252
5.2.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	253
5.2.2.1 Grado de incorporación de la QV en los objetivos de las SEA	254
5.2.2.2 Tipos de contenidos seleccionados para trabajar la QV en el diseño de la SEA	255
5.2.2.3 Autenticidad y relevancia de los contextos para trabajar la QV presentes en las SEA.....	257
5.2.2.4 Presencia de la Química Verde en las estrategias de evaluación de las SEA diseñadas	259
5.2.2.5 Principios de la Química Verde presentes en las SEA diseñadas por los maestros/as	262
5.2.2.6 Transformaciones reflejadas en las SEA de Química Verde diseñadas por los maestros/as.....	265
5.2.2.7 Características de las SEA	269
SEA 1: Inclusión de la Química Verde en la Educación. Una mirada desde el currículo nacional	269
SEA 2: El desecho de aceite doméstico, como materia prima: Al rescate de los océanos	270
SEA 3: Energía y Eficiencia Energética (EE).....	270
SEA 4: Química Orgánica y biodegradabilidad	271

SEA 5: Propuesta didáctica vinculada a la química verde en la unidad de óxido – reducción	271
SEA 6: Vinculación Curricular de la QV con la asignatura de Química	272
5.3 Estudio de las reflexiones que plantean maestros/as de educación primara y educación secundaria en ejercicio, sobre sus diseños de secuencias de enseñanza aprendizaje de la química verde	273
5.3.1 METODOLOGÍA.....	273
5.3.1.1 Obtención de los datos	273
5.3.1.2 Proceso de análisis de las reflexiones de maestros/as sobre sus diseños de SEA	275
5.3.1.4 Criterios de Credibilidad.....	278
5.3.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	279
5.3.2.1 Fortalezas sobre el diseño de SEA que incorporan la QV.....	283
A. Aportes de la Química Verde a la enseñanza de las Ciencias Naturales.....	283
B. Conceptos de la Química Verde viables de implementar en el aula.....	285
5.3.2.2 Debilidades sobre el diseño e implementación de las SEA que incorporan la Química Verde	286
A. Barreras de la implementación derivadas del sistema escolar	286
B. Dominio incipiente de los principios de la Química Verde	288
C. Necesidad de una propuesta didáctica para la Química Verde en el aula.....	288
5.4 CONCLUSIONES	289
5.4.1 Sobre las características de las SEA diseñadas por maestros/as	289
5.4.2 Sobre las reflexiones de los/as maestros/as sobre los diseños de SEA	291

Índice de Tablas Capítulo 5

Tabla 1. Resumen de las características de los/as maestros.	233
Tabla 2. Pauta de elaboración de los trabajo finales del diplomado entregada a los/as maestros/as	235
Tabla 3. Rúbrica para la evaluación de las SEA en el marco del Diplomado.....	237

Tabla 4. Descripción de las SEA: títulos de las SEA; número de: autores/as, actividades y páginas totales en cada SEA.	238
Tabla 5. Extracto de una actividad diseñada para educación primaria en la SEA 2 “Propuesta didáctica Química Verde: El desecho de aceite doméstico, como materia prima: Al rescate de los océanos”	240
Tabla 6. Resumen de los comentarios recibidos en las jornadas doctorales como retroalimentación al diseño de la rúbrica.	246
Tabla 7. Resumen de los comentarios recibidos por parte de los/as maestros/as participantes como retroalimentación al diseño de la rúbrica.	246
Tabla 8. Resumen de los comentarios recibidos por parte de los/as investigadores como retroalimentación al diseño de la rúbrica.	247
Tabla 9. Rúbrica para caracterizar las SEA diseñadas por los/as maestros/as.	249
Tabla 10. Ejemplo del análisis realizado a la SEA “Inclusión de la Química Verde en la Educación” en la Dimensión: Contenidos.	250
Tabla 11. Ejemplo del Libro de códigos para el análisis literal en la SEA 5.	250
Tabla 12. Categorización de los elementos de SEA que fueron objeto de modificaciones de acuerdo con Stavrou et al. (2018).	251
Tabla 13. Libro de códigos para el análisis de los elementos transformados por los/as maestros en el diseño de las SEA.	252
Tabla 14. Extracto de la rúbrica para la dimensión: Finalidades.....	254
Tabla 15. Grado de integración de la QV en los objetivos de la SEA.	254
Tabla 16. Extracto de la rúbrica para la dimensión: Contenidos.	255
Tabla 17. Resultados de la aplicación de rúbrica para la dimensión: Contenidos.....	256
Tabla 17. Extracto de la rúbrica para la dimensión: Contextos	258
Tabla 19. Resultados de la aplicación de la rúbrica para la dimensión: Relevancia y autenticidad de los contextos para trabajar la QV en las SEA.	258
Tabla 20. Extracto de la rúbrica para la dimensión: Evaluación.	260
Tabla 21. Resultados de la aplicación de rúbrica para la dimensión: Evaluación.	261
Tabla 22. Cuadro resumen de la aplicación de todas las dimensiones de la rúbrica a las 6 SEA....	262
Tabla 23. Ejemplo de referencias literales e inferenciales de los principios de la QV en dos SEA diseñadas por maestros/as.	263
Tabla 24. Principios de la QV presentes en las 6 SEA de Química Verde.....	264

Tabla 25. Resultados de la aplicación de las categoría de Stavrou et al. (2018) modificadas a cada SEA diseñadas por maestros/as.	265
Tabla 26. Resumen de los resultados de la aplicación de las categoría de Stavrou et al. (2018) modificadas a las SEA diseñadas por maestros/as.....	268
Tabla 27. Resumen de la cantidad de páginas y palabras que contiene los textos asociados a las reflexiones de los/as maestros/as sobre las SEA.	274
Tabla 28. Libro de códigos para el análisis de las reflexiones de maestros/as sobre sus diseños de SEA.....	278
Tabla 29. Frecuencia absoluta de fortalezas y debilidades sobre las SEA de QV realizadas por maestros/as.....	280

Índice de Figuras Capítulo 5

Figura 1. Esquema que resume las fases de análisis a las SEA diseñadas por los/as maestros/as.	241
Figura 2. Etapas del diseño y validación de la rúbrica para la caracterización de las SEA.	242
Figura 3. Esquema que resume el análisis realizado a las reflexiones de maestros/as sobre sus diseños de SEA	275

Índice de las gráficas Capítulo 5

Gráfica 1. Gráfica de la presencia de los principios de la QV en el conjunto de las 6 SEA.....	265
Gráfica 2. Categorización de los elementos de las SEA, basada en las categorías de Stavrou et al. (2018).	269
Gráfica 3. Resultados sobre las reflexiones en torno al diseño de SEA posterior a la implementación de las SEA.	282

5. ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE SECUENCIAS DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE, CONSTRUIDAS POR MAESTROS/AS, QUE INCORPORAN LA QUÍMICA VERDE

5.1 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo se plantea comprender las características de secuencias de enseñanza-aprendizaje (SEA), diseñadas por maestros/as de primaria y secundaria que integran a la Química Verde (QV) y analizar las reflexiones que estos/as maestros/as identifican, a partir de la construcción de sus diseños. De acuerdo con este propósito es que se ha optado por un enfoque cualitativo a partir un paradigma interpretativo (Cohen et al., 2007, 2018), con la intención de poner al servicio de la interpretación la construcción de SEA por parte de los/as maestros/as.

Flick (2007, 2018), argumenta que el enfoque cualitativo se centra en la exploración de problemas sociales o humanos, mediante el uso de metodologías que capturan la voz de los propios informantes de la investigación. Esto permite obtener una construcción compleja y enriquecedora basada en las experiencias y perspectivas de los/as maestros/as en ejercicio. Así, este análisis se corresponde con el tercer componente del modelo de reconstrucción educativa [MER] (Duit, 2007; Duit et al., 2012; Kattmann et al., 1996), que hace referencia al diseño de materiales didácticos, actividades de aprendizaje y secuencias de enseñanza-aprendizaje (Stavrou et al., 2018), tomando en cuenta las perspectivas de estudiantes, docentes e investigadores (Duit, 2012).

El estudio del tercer componente del MER para la QV se basó en características claves (Stavrou et al., 2018; Duit et al., 2012) del pensamiento de maestros/as sobre el diseño y análisis de la enseñanza: (i) visiones constructivistas de la enseñanza-aprendizaje, que implica que los/as maestros/as son conscientes de que los/as estudiantes interpretan todo lo que se les presenta desde sus perspectivas privadas y deben incorporar nuevos temas científicos en contextos que tengan sentido para ellos/as; (ii) conciencia de la interacción de las variables involucradas en la enseñanza, es decir, ser conscientes de la interacción de las metas, objetivos, el contenido, los métodos y los medios en la instrucción, a fin de brindar oportunidades de aprendizaje que permitan a los/as estudiantes construir por sí mismos el conocimiento previsto; (iii) pensar en términos de la reconstrucción educativa, que implica que los/as maestros/as son conscientes que el conocimiento del contenido científico, en este caso la QV, debe ajustarse a las perspectivas y concepciones preinstruccionales de los/as estudiantes con quienes trabajan.

El análisis de las características de las SEA diseñadas por maestros/as en ejercicio, no busca representatividad numérica ni estadística, sino que espera alcanzar una comprensión profunda del diseño de SEA y su influencia en la reconstrucción educativa de la QV, fundamentada en la valoración de la subjetividad como aspecto clave en el estudio de las representaciones sociales (Sandelowski, 1995; Stake, 1998; Taylor & Bogdan, 2000).

Los/as maestros/as fueron informados sobre el contenido del estudio. En relación con su participación, se les aseguró que podrían abandonar el estudio en cualquier momento. Se obtuvo el consentimiento por escrito de maestros/as, antes de que este comenzara. Los 20 maestros/as participaron de forma voluntaria y se utilizaron seudónimos para resguardar la confidencialidad de sus identidades, a lo largo de toda la investigación.

5.1.1 Objetivos del estudio

Este capítulo aborda un objetivo general y dos objetivos específicos. Para cada uno de los objetivos específicos, se ha desarrollado una estrategia metodológica particular que se presenta en dos secciones separadas de este capítulo, que comparten una conclusión. El objetivo general de este capítulo es:

Caracterizar secuencias de enseñanza aprendizaje, construidas por maestros/as en ejercicio, que incorporan la Química Verde.

A la vez, el objetivo principal se divide en 2 objetivos específicos:

- I. Caracterizar las secuencias de enseñanza aprendizaje de la Química Verde construidas por maestros/as de educación primaria y educación secundaria en ejercicio, que se concreta a través de las siguientes seis preguntas:
 - ¿Cuál es el grado de incorporación de la Química Verde en los objetivos de las SEA diseñadas por los/as maestros/as?
 - ¿Qué tipo de contenidos vinculados con la Química Verde incorporan las SEA diseñadas por los/as maestros/as?
 - ¿Qué tipo de contextos vinculados con la Química Verde incorporan las SEA diseñadas por los/as maestros/as?
 - ¿Qué estrategias de evaluación vinculadas con la Química Verde incorporan las SEA diseñadas por los/as maestros/as?

- ¿Cuáles son los principios de la Química Verde presentes en las SEA diseñadas por los/as maestros/as?
- ¿Qué transformaciones en las SEA de Química Verde realizan los/as maestros/as?

II. Analizar las reflexiones que plantean maestros/as de educación primaria y educación secundaria en ejercicio, sobre sus diseños de secuencias de enseñanza aprendizaje sobre Química Verde, que se concreta a través de la siguiente pregunta:

- ¿Cuáles son las fortalezas que los/as maestros/as identifican en sus diseños de SEA de Química Verde?
- ¿Cuáles son las debilidades que los/as maestros/as identifican en sus diseños de SEA de Química Verde?

5.2 Estudio de las características de secuencias de enseñanza aprendizaje de la química verde construidas por maestros/as de educación primaria y educación secundaria en ejercicio

5.2.1 METODOLOGÍA

El estudio referido a caracterizar las SEA, se desarrolló sobre la base de una comprensión cualitativa de sus diseños. Es por esto por lo que el análisis de las SEA se orientó a partir del enfoque de análisis cualitativo del contenido (ACC) (Krippendorff, 2019; Krippendorff & Bock, 2009). El ACC ofrece una producción de interés descriptivo con énfasis en la objetivación de criterios de análisis, que se traducen, por ejemplo, en índices de frecuencia, de concurrencia, entre otros (Dominguez-Gómez, 2022). A la vez Dominguez-Gómez (2022), plantea que ofrece la posibilidad de una profunda comprensión de los discursos que articulan el contenido, su estructura, su carga simbólica o de significados, facilitando la categorización, clasificación y codificación del contenido estudiado, que este caso, responde a los diseños de SEA por parte de los/as maestros/as.

5.2.1.1 Contexto del estudio: participación de los/as maestros/as en el diseño de SEA

Los/as participantes de este estudio son los mismos/as maestros/as que participaron en el estudio descrito en el Capítulo 4 de esta tesis, por lo que en este apartado sólo se describirá el contexto asociado al diseño de las SEA.

A modo de resumen, este grupo está compuesto por 20 maestros/as en ejercicio de educación primaria y educación secundaria participantes del Diplomado “Enseñanza y aprendizaje de la Química Verde para la enseñanza de la Química y las Ciencias Naturales” (descrito en detalle en Capítulo 4 de la tesis) y en la Tabla 1 se describen las características generales de este grupo.

Maestros/as	Descripción	Cantidad
Educación Primaria	11 maestros/as de Educación Primaria: 9 con especialidad en Ciencias Naturales 2 con especialidad en Matemática	11
Educación Secundaria	9 maestros/as de Química: 1 con Doctorado en Química 3 con Magíster en enseñanza de las Ciencias 3 con especialistas en Educación Técnico-Profesional 2 con especialidad en Evaluación	9

Tabla 1. Resumen de las características de los/as maestros.

Como parte del Diplomado los/as maestros/os desarrollaron un trabajo final, que se fue construyendo a lo largo del programa formativo y que tuvo una versión final al término de este. Este trabajo fue realizado en grupos (6 grupos formados por 3 a 4 participantes), que se organizaron por nivel educativo, es decir, 3 grupos se constituyeron con maestros/as de educación primaria y 3 grupos con maestros/as de educación secundaria. Como parte de la solicitud del trabajo final, se les solicitó a los/as maestros un título que identificara los trabajos finales. Este título se ha utilizado en este estudio para la identificación de las SEA.

El trabajo final recogió y evaluó toda la experiencia acumulada durante los 6 meses que duró el programa y requirió que los/as maestros/as elaboraran los siguientes apartados: introducción, marco teórico, contexto educativo, secuencias de enseñanza-aprendizaje (SEA), resultados de la implementación, y reflexiones y conclusiones sobre el diseño de las implementaciones realizada.

Cada uno de los seis grupos de maestros/as construyó una SEA que debía tener como foco el desarrollo de la QV, para lo cual, contaron con una *Pauta de Elaboración* y una *Rúbrica de Evaluación*. Como parte del proceso de construcción, todos los grupos realizaron prediseños, que fueron presentados a modo de exposiciones orales, recibiendo cada grupo una retroalimentación (*feedforward*) del equipo que desarrolló el programa y de los/as maestros/as participantes.

Al final del último módulo del Diplomado, los/as maestros/as tuvieron un mes para implementar las SEA diseñadas y terminar el trabajo final. Se planificó una última sesión en la que los grupos expusieron el trabajo final, con el fin de socializar con todo el conjunto de participantes, los hallazgos de cada implementación.

5.2.1.2 Instrumentos de recogida de datos

Los instrumentos de recogida de datos para este estudio lo constituyen la *Pauta de Elaboración* y la *Rúbrica de Evaluación*. Estos instrumentos fueron elaborados para apoyar el trabajo de diseño de las SEA. Los textos de las SEA elaborados por los maestros/as participantes constituyen los datos para este estudio. La Tabla 2 muestra la *Pauta de Elaboración* de los trabajos finales entregada a todos los participantes del Diplomado. En la descripción del apartado uno de esta pauta, se describe la solicitud realizada a los/as maestros/as con respecto al diseño de una secuencia didáctica y/o experiencia educativa que forma parte de los datos de este capítulo. Con respecto al apartado dos de esta pauta, este considera la solicitud realizada a los maestros/as, en relación con la

incorporación de una reflexión sobre las debilidades y fortalezas observadas en el diseño de las SEA que es parte del segundo estudio de este capítulo.

Pauta de elaboración	
Apartados del trabajo final	Descripción de los componentes de cada apartado
1. Diseño de la secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA) y/o experiencia educativa	● Seleccionar los elementos curriculares que sustentan el diseño pedagógico: OA, IE, etc. Hacer referencia explícita al referente curricular utilizado (Bases Curriculares o Marco Curricular). ● Planificar una SEA y/o experiencia educativa (descripción de 3 actividades, clases o sesiones, a lo menos) que incorpore elementos disciplinares y principios o concepciones de la Química Verde y el nivel al cual está dirigida. ● Argumentación teórica de la SEA en base a la incorporación de lo referido a la Química Verde y a los aspectos didácticos pedagógicos. ● Decidir y elaborar (si corresponde) el material con el que evidenciarán la implementación de la secuencia didáctica y/o experiencia educativa. ● Adjuntar toda la bibliografía consultada.
2. Implementación y levantamiento de evidencias de implementación	● Implementar la SEA o experiencia educativa diseñada en la primera parte de este diplomado o desarrollar otra propuesta de la misma calidad y requerimientos de la primera entrega para realizar la implementación. ● Levantar y sistematizar evidencia de la implementación de la SEA o experiencia educativa propuesta en la primera parte. Posterior a la implementación, incorporar reflexiones de su secuencia didáctica o experiencia educativa (si corresponde). ● Adjuntar toda la bibliografía consultada.

Tabla 2. Pauta de elaboración de los trabajo finales del diplomado entregada a los/as maestros/as

Los/as maestros y maestras contaron con una rúbrica que les permitió monitorear y guiar el proceso de diseño de las SEA por lo que se consideró como un instrumento de recogida de datos. La Tabla 3 muestra la *Rúbrica de Evaluación* entregada a los maestros/as participantes donde se presentan las dimensiones y niveles de logros que fueron la base para evaluar, calificar y retroalimentar los diseños en el marco del Diplomado.

DIMENSIONES	Coherencia de las Actividades	Evidencias de las actividades	Propuesta para el trabajo de la QV
	Se refiere a la coherencia de las actividades planteadas con la Química Verde y la enseñanza y aprendizaje de la Química y/o las Ciencias Naturales, en el sentido que permite recoger	Se refiere a la capacidad de las actividades para: involucrar a los estudiantes desde la motivación y la cercanía; movilizar conocimientos en los estudiantes; explicitar el	Contempla el diseño de actividades y la justificación didáctica y pedagógica de ellas, su aplicación, la recogida de evidencia de aprendizaje, su análisis y retroalimentación, así

DEFINICIÓN	evidencia de los aprendizajes a evaluar y que sus elementos no contienen aspectos que se desvinculen o excedan los objetivos planteados. También incluye que las diferentes fases o etapas de las actividades tengan una coherencia en términos de un hilo conductor común, es decir, que sus diferentes etapas tengan conexión entre sí.	desempeño de los estudiantes en relación con la Química Verde, a partir de la generación de evidencia por medio de instancias variadas, formales e informales, de recogida de información.	como la toma de decisiones sobre la base de la evidencia recogida, en función de la enseñanza y aprendizaje de las Ciencias Naturales y/o la Química.
NIVELES DE LOGRO			
MUY BUENO	Todos los elementos de las actividades son coherentes con los objetivos de aprendizaje planteados, cubriéndolos cabalmente, dando espacio para trabajar aspectos de la Química Verde. Las etapas se muestran conectadas entre sí y responden a una lógica de organización en torno a un aspecto que les da un hilo conductor.	Las actividades propuestas resultan motivadoras y cercanas para los(as) estudiantes, les presenta un conjunto variado de actividades, que permiten a todos los estudiantes demostrar aprendizajes asociados a Química Verde, considerando diversos estilos de aprendizaje y diversos niveles de desempeño. Para todas las actividades se considera alguna forma de recogida de evidencia que contempla la Química Verde, formal o informal, la cual resulta pertinente en relación con los objetivos de aprendizaje explicitados, contemplando también instancias de auto y coevaluación.	Diseña actividades claras y coherentes, justificando de manera didáctica y pedagógica toda la propuesta. Aplica todas las actividades planteadas, recogiendo y analizando evidencia de aprendizaje pertinente a la Química Verde, la que retroalimenta descriptivamente o mediante otra fuente y a partir de la cual toma decisiones fundamentadas en beneficio del aprendizaje de los estudiantes y de su propia enseñanza, considerando a la Química Verde en este proceso.
SUFICIENTE	Las actividades propuestas se relacionan con los objetivos de aprendizaje planteados, aunque algunos de sus elementos no poseen una conexión clara con ellos o los exceden, dejando en segundo lugar el trabajo desde la perspectiva de la Química Verde, pero se trata de aspectos puntuales fáciles de mejorar. Las actividades se presentan concatenadas desde una lógica coherente, aunque el sentido de algunas de ellas no queda del todo claro en conexión con la	Las actividades contemplan instancias de recogida de información formales e informales, las cuales son pertinentes en relación con los objetivos de aprendizaje planteados y contemplan instancias de auto y coevaluación, aun cuando la propuesta no considera mayormente el interés o motivación de los estudiantes ni presenta oportunidades para que todos puedan demostrar aprendizaje en Química verde, desde variados estilos de	Diseña actividades claras y coherentes, justificando de manera didáctica y pedagógica mostrando algunas inconsistencias fáciles de modificar con retroalimentación. Aplica algunas de las actividades planteadas, recogiendo y analizando evidencia de aprendizaje pertinente a la Química Verde, la que retroalimenta descriptivamente y a partir de la cual toma decisiones, pese a que incorpora algunos elementos que quedan fuera de lo declarado en los

	propuesta general y los objetivos planteados.	aprendizaje y diversos niveles de desempeño (esto es, predomina un mismo tipo de recogida de información y permite solamente a los estudiantes de desempeño más alto o más bajo demostrar aprendizaje en Química Verde).	objetivos planteados. Toma decisiones en beneficio del aprendizaje de la Química Verde de los estudiantes y de su propia enseñanza sobre la base de la evidencia analizada, aunque el fundamento de dichas decisiones no siempre queda claro.
NECESITA MEJORAR	Las actividades presentan una serie de elementos que no se relacionan con los objetivos de aprendizaje planteados y/o no logran cubrirlos adecuadamente, perdiendo el vínculo con la Química Verde, y/o se presentan como una serie de actividades aisladas sin una conexión clara entre las partes.	La propuesta contempla solamente algunas instancias formales de recogida de información, sin que existan instancias de auto y coevaluación con respecto a la Química Verde. Dichas instancias corresponden a un tipo de actividad similar, por lo que no permiten a todos los estudiantes demostrar aprendizaje en Química Verde. No se observa mayor consideración de la motivación o cercanía de la propuesta para los estudiantes, respondiendo exclusivamente a los requerimientos curriculares, es decir, no incorpora explícitamente aspectos de la Química Verde	Diseña actividades, justificadas de manera didáctica y pedagógica, pero sin relación con la justificación didáctica y pedagógica planteada. Aplica algunas de las actividades planteadas, sin recoger y analizando evidencia de aprendizaje pertinente a la Química Verde. La retroalimentación es declarada, pero no se observa en la implementación. La propuesta y aplicación no considera decisiones en beneficio del aprendizaje de la Química Verde de los estudiantes y de su propia enseñanza sobre la base de la evidencia analizada.

Tabla 3. Rúbrica para la evaluación de las SEA en el marco del Diplomado.

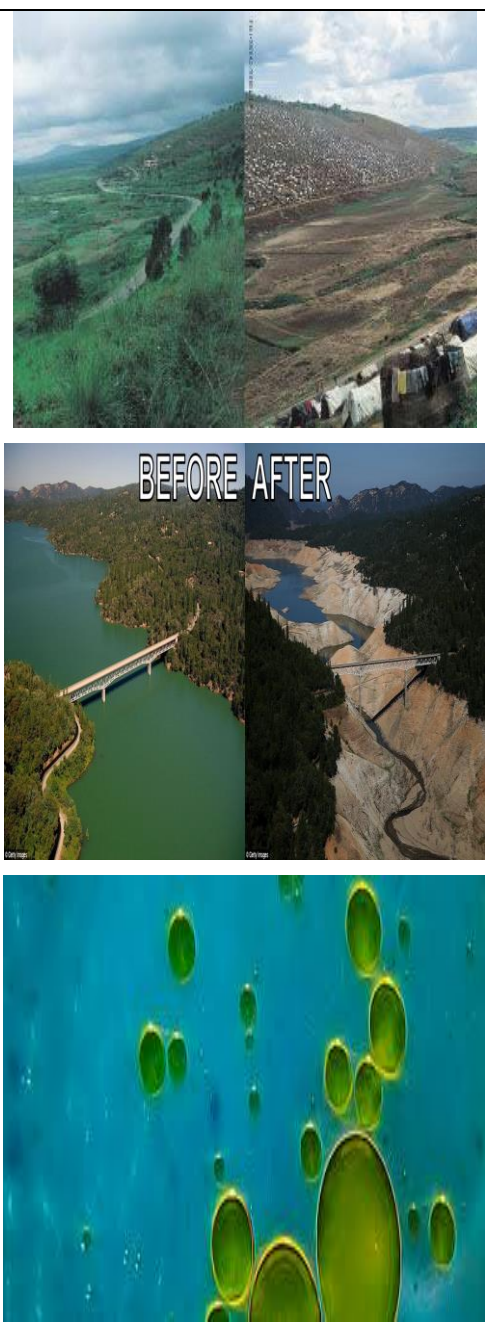
Los textos elaborados por los participantes a partir de los instrumentos anteriormente descritos que constituyen los datos de este estudio corresponden a 6 trabajos finales (los 20 maestros/as se agruparon en 6 grupos de 3 a 4 integrantes), 183 páginas (tamaño carta, letra Arial 12, interlineado 1,15) con un promedio de 30,5 páginas por cada trabajo final. Cada trabajo presentó 1 SEA, lo que implica que en total se identificaron 6 SEA, que incluyeron un total de 23 actividades, que significan un promedio de 3,8 actividades por cada SEA. Las 6 SEA se encuentran en el Anexo 5.1. La Tabla 4 muestra los títulos de las SEA recogidas, el número de actividades y el número de páginas totales asociadas a cada una de ellas.

Títulos de las SEA	N° de autores/as	N° de actividades	N° de páginas
1.Inclusión de la Química Verde en la Educación. Una mirada desde el currículum nacional	4	4	40
2.Propuesta didáctica Química Verde: El desecho de aceite doméstico, como materia prima: Al rescate de los océanos	3	4	26
3.Propuesta didáctica de vinculación curricular en octavo año básico con principios de Química Verde. Energía y Eficiencia Energética	4	5	23
4.Diplomado Química Verde. “Química Orgánica y biodegradabilidad”	3	4	30
5.Propuesta Didáctica Vinculada A La Química Verde En La Unidad De Óxido –Reducción	3	4	39
6.Propuesta Didáctica: Vinculación Curricular de la Química Verde con la Especialidad Técnico Profesional: Química Industrial con mención en Laboratorio Químico.	3	2	25
Total	20	23	183

Tabla 4. Descripción de las SEA: títulos de las SEA; número de: autores/as, actividades y páginas totales en cada SEA.

La Tabla 5 muestra como ejemplo de los datos recogidos, un extracto de la SEA 2 donde se observa 1 actividad diseñada para la segunda clase de una secuencia de enseñanza-aprendizaje de educación primaria “Propuesta didáctica Química Verde: El desecho de aceite doméstico, como materia prima: Al rescate de los océanos”. Dentro de las orientaciones para la construcción de las SEA, no se indicó un formato para el desarrollo de las actividades, por lo que el extracto que se presenta es exactamente de la manera que fue presentado en el trabajo final y no representa, necesariamente, la estructura de las otras 22 actividades.

CLASE N 2	<i>Comprender y describir las consecuencias del impacto de la contaminación del agua con el residuo domestico de aceite, reconociendo su responsabilidad en dichas consecuencias.</i>
Objetivo	
Focalización/ inicio de una clase.	Se iniciará mostrando unas imágenes de lugares sin contaminación y contaminados, producto los efectos de la acción humana sobre ellos y de lugares contaminados por el aceite. Se les pide a los estudiantes que den a conocer sus impresiones respecto de lo que observan, que analicen y comparen propiciando un respecto de las causas y responsabilidades de las personas en ello.

Imagen de motivación	 The first image shows a landscape with a hill that has been deforested, with a road winding through the remaining greenery. The second image is a split-screen comparison labeled 'BEFORE' and 'AFTER', showing a dam and a river. The 'BEFORE' side shows a lush, green landscape with a full river, while the 'AFTER' side shows a dry, rocky riverbed and a deforested hillside. The third image shows a close-up of several green, oval-shaped bubbles or droplets on a blue background.

Desarrollo	Los estudiantes formaran grupos de 5 integrantes considerando a los niños del PIE ¹ , trabajaran en la sala Enlaces e investigarán el tema <i>“Daño que produce el residuo del aceite de comer a los océanos y la lombricultura”</i> , sus aportes y características. Con la información elaboraran un PPT. El PPT será enviado al correo del curso para su evaluación.
Evidencia	PPT: Revisar archivo adjunto. Video: https://www.youtube.com/watch?v=xPxKJ9HcVrE
Cierre	Se hace una síntesis de la clase, recordando el objetivo y se pregunta: De lo que ustedes investigaron ¿Cuál es su opinión considerando todo lo que han averiguado? ¿Qué daños provocan los residuos de aceite usado en casa al ecosistema? ¿Dónde arrojan comúnmente los residuos de aceite en el hogar? ¿Visualizan alguna forma de solución? ¿Qué debemos hacer con el aceite usado? ¿Las lombrices son un real aporte a la contaminación por el residuo de aceite doméstico? ¿El principio N 7 de Química Verde de Materias primas renovables, es una vía de aporte a solucionar estos problemas de contaminación? ¿Cómo se vinculan estos hechos con la Química Verde? Cada grupo presentan sus opiniones a partir de lo que investigaron y lo socializan ante el curso.
Evaluación	Monitoreo directo de la actividad y formativa de proceso, aplicación de Pauta de evaluación. (Revisar anexo 5.1)
Habilidades	Comprender, aplicar y analizar

Tabla 5. Extracto de una actividad diseñada para educación primaria en la SEA 2 “Propuesta didáctica Química Verde: El desecho de aceite doméstico, como materia prima: Al rescate de los océanos”.

¹ PIE: El Programa de Integración Escolar (PIE), es una estrategia inclusiva del sistema educacional chileno, que tiene el propósito de contribuir al mejoramiento continuo de la calidad de la educación, favoreciendo los aprendizajes en la sala de clases y la participación de todos y cada uno de los estudiantes, especialmente de aquellos que presentan Necesidades Educativas Especiales (NEE) (Superintendencia de educación, 2023) <https://www.supereduc.cl/contenidos-de-interes/que-es-el-programa-de-integracion-escolar-pie/>

5.2.1.3 Proceso de análisis de los diseños de secuencias de enseñanza aprendizaje que incorporan la Química Verde

El análisis de las 6 SEA elaboradas por los maestros/maestras del Diplomado se desarrolló a través de un proceso que consideró 3 análisis diferentes mostrados en la Figura 1.

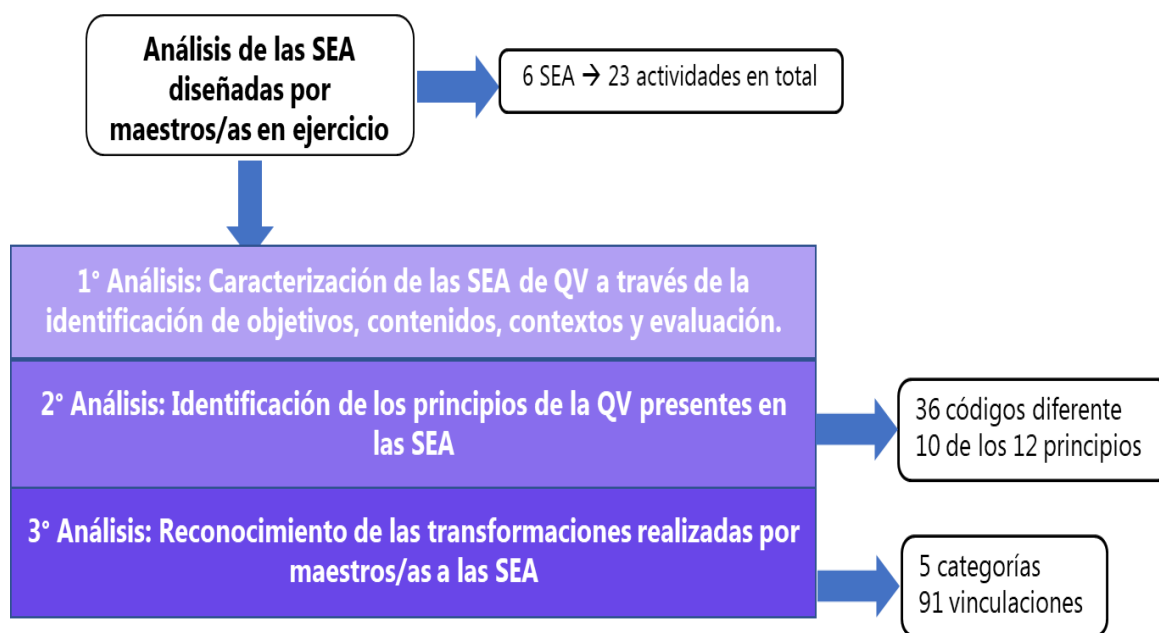


Figura 1. Esquema que resume las fases de análisis a las SEA diseñadas por los/as maestros/as

1° Análisis: caracterización de las SEA de QV a través de la identificación de objetivos, contenidos, contextos y evaluación.

La primera fase de este estudio consistió en el diseño, validación e implementación de una rúbrica para caracterizar las seis SEA de QV diseñadas por los maestros/maestras participantes. La primera fase del proceso de análisis de datos consistió en el diseño de una rúbrica para caracterizar las seis SEA construidas por los/as maestros/as. Para desarrollar este proceso, se plantearon 4 etapas que facilitarían la co-construcción de la rúbrica. En el siguiente esquema (**Figura 2**) se describen estas 4 etapas:



Figura 2. Etapas del diseño y validación de la rúbrica para la caracterización de las SEA.

A. Primer versión de la rúbrica

De acuerdo con una primera revisión de la literatura, se propusieron las primeras dimensiones y criterios de esta rúbrica. Al mismo tiempo, se diseñó una primera propuesta para la generación de las respectivas progresiones de cada una de las dimensiones definidas en la primera versión de este instrumento.

Al respecto de las dimensiones, inicialmente se utilizaron los criterios propuestos por Sanmartí (2000), en los que se destacan: criterios para la definición de finalidades/objetivos; criterios para la selección de contenidos; criterios para organizar y secuenciar los contenidos; criterios para la selección y secuenciación de actividades y criterios para la selección y secuenciación de las actividades de evaluación. Estos criterios le dieron forma al instrumento y permitieron plantear las dimensiones de la rúbrica.

Para profundizar en cada una de las dimensiones, se revisaron otras rúbricas y referencias que aportaron a la construcción de este instrumento:

- 1. Finalidades/objetivos:** de acuerdo con Sanmartí (2000), los objetivos de una unidad didáctica deberían ser pocos y básicos y en coherencia con el tiempo previsto de enseñanza. Debido a que esta rúbrica espera servir de orientación para la construcción de SEA que incorporen la QV a nivel de enseñanza primaria y secundaria, es que se decidió que la integración de la QV fuese la finalidad de la SEA, en el entendido que es un campo que no ha encontrado un lugar en la educación formal (Eilks & Linkwitz, 2022).

- 2. Contenidos:** en relación con la selección contenidos, Sanmartí (2000) argumenta que toda selección de contenidos implica un proceso de transposición didáctica, lo que refuerza el proceso que se desarrolla a lo largo de toda esta tesis que es la reconstrucción educativa de la QV. En este sentido, la autora plantea que otro criterio a tener en cuenta, en la selección de contenidos, se refiere a la significatividad social, que implica una enseñanza de contenidos relevantes para comprender fenómenos y problemas cotidianos y ser capaz de actuar coherentemente.

De acuerdo con Eilks y Linkwitz (2022), los planes de química deben abordar la QV y sostenible para proporcionar a los/as estudiantes una imagen adecuada de la química moderna y la importancia de que los productos químicos, no sólo son manipulados por químicos/as y los/as estudiantes de química, sino que por todos/as los/as ciudadanos/as de la sociedad y desde esta perspectiva, es necesario aprenderlos por dos razones fundamentales: (1) tratar responsablemente los productos químicos para evitar problemas de salud o ambiental por un lado y (2) no promover actitudes quimiofóbicas que puede tener implicaciones negativas para la vida de uno de otro lado.

Es por lo antes mencionado que en la primera versión de la rúbrica se incorporaron como contenidos los 12 principios de la QV (Anastas & Eghbali, 2010; Anastas & Warner, 1998; Zimmerman et al., 2020) y basado en el trabajo de Burmeister et al. (2012), en referencia los 4 modelos que vinculan a la educación en química y la Educación para la sostenibilidad (EDS): 1. Integración de prácticas de QV y sostenible en el trabajo práctico de química escolar; 2. Incluir prácticas de QV y sostenible como contenido en el currículum de química; 3. Uso de temas sociocientíficos relacionados con cuestiones de sostenibilidad y química y la relevancia de la QV y sostenible para el desarrollo sostenible; 4. Hacer de la sostenibilidad un motor para la reforma escolar y cambiar la vida escolar en consecuencia, incluidos aspectos relacionados con la química y sus aplicaciones.

- 3. Prácticas:** para Marchán-Carvajal & Sanmarti (2015) la incorporación de la práctica de la Actividad Científica Escolar requiere de un trabajo experimental de tipo indagativo válido a partir de la resolución de problemas o de la respuesta a preguntas. Bajo este argumento,

se consideró la indagación como la tercera dimensión de la primera versión de la rúbrica, . Como propuesta de progresiones, se utilizó lo propuesto por Moraga et al. (2019), en referencia a los niveles de indagación (ILI, The Inquiry Level Index) con respecto al contexto que presenta la SEA: 1. El contexto no presenta trabajo práctico; 2. El contexto plantea un trabajo práctico con un nivel de indagación 0 y 1 del ILI; 3. El contexto plantea un trabajo práctico con un nivel de indagación 2-3 del ILI.

- 4. Contexto:** Con respecto a la inclusión de la dimensión de contexto, Marchán-Carvajal & Sanmartí (2015), describen que el trabajo en contexto es una estrategia didáctica que, además de motivar al estudiantado y promover actitudes positivas hacia las ciencias, posibilita que el aprendizaje de las ideas científicas sea más significativo.

En esta dimensión se plantearon 2 criterios de realización: autenticidad y relevancia (Moraga et al., 2019; Pérez-Torres et al., 2021). Con respecto a la autenticidad se describió como el nivel más sofisticado, que el contexto que se propone para la/s actividad/es está inserto en un problema real o verosímil y hay un problema a solucionar y con respecto a la relevancia se caracterizó como el nivel más sofisticado que el contexto descrito propone una vinculación de los estudiantes con la actividad a nivel vocacional, personal y social.

- 5. Evaluación:** según Sanmartí (2000) en el diseño de una unidad didáctica es fundamental la toma de decisiones acerca de qué actividades de evaluación introducir, en qué momento y qué aspectos son los importantes de evaluar. La presentación de este criterio de realización se justifica desde un enfoque formativo de la evaluación, es decir, la evaluación para el aprendizaje (Flórez Petour, 2015; Sanmartí, 2010; Stobart, 2018). Desde este enfoque se entiende la evaluación como el proceso de búsqueda e interpretación de evidencia para uso de los/as aprendices y sus maestros/as proponiendo una ruta o guía, que permite identificar en qué fase de su aprendizaje se encuentran los/as aprendices, dónde tienen que llegar y la mejor manera de alcanzar este punto (Stobart, 2010).

El nivel más sofisticado de la rúbrica describió que la SEA incorpora más de 1 estrategia formal de levantamiento de información sobre los aprendizajes de los/as estudiantes sobre la QV, permitiendo la toma de decisiones pedagógicas en conjunto con los/as estudiantes en diferentes momentos del proceso. Esto tuvo como propósito resguardar que la SEA

evaluara la integración de la QV y no se perpetuara la evaluación de contenidos tradicionales, si no que los referidos a la QV.

B. Segunda versión de la rúbrica

De acuerdo con el diseño para la elaboración de la rúbrica, la primera versión fue presentada en las VIII Jornadas Doctorales del Departamento de Didáctica de la Matemáticas y las Ciencias Experimentales de la UAB, en modalidad online (febrero, 2022). Estas jornadas pretenden compartir las investigaciones de los/as doctorandos/as del del departamento, con el fin de recibir comentarios, sugerencias y una retroalimentación sobre la tesis en general y alguna temática en particular que sea de interés de quien expone su investigación. En la sesión participaron 2 mentores y 5 estudiantes del programa doctoral del departamento.

La sesión se desarrolló de acuerdo con lo programado, es decir, 5 minutos de exposición y 40 minutos de comentarios, sugerencias y discusión con respecto al estado en general de la tesis y en particular de la rúbrica, tal y como se solicitó en los documentos enviados previamente a la realización de las Jornadas Doctorales. Se recibieron preguntas sobre el sentido que tendría este instrumento, en el marco de la tesis, y sugerencias, tanto para el análisis que podría emerger de éste, como de los ámbitos presentes en la rúbrica analítica. Ambos mentores valoraron el trabajo de construcción de la rúbrica, así como el de su aplicación para el análisis de SEA. Con respecto a los comentarios y sugerencias, estos se centraron en 3 ámbitos, que se resumen en la Tabla 6.

Foco del comentario	Descripción de los comentarios recibidos
<i>Utilización de la rúbrica para el análisis de las SEA</i>	Se sugiere que NO se trabaje en torno a una análisis de corte cuantitativo, más bien que se caracterice a las SEA, en relación con las dimensiones y descripción de cada una de las progresiones, enriqueciendo con esto el proceso de análisis que se pueda generar a partir del uso de este instrumento. se sugiere realizar una descripción general de cada una de las SEA que forman parte del corpus de datos, a modo de 6 casos, enfocando el análisis en cómo se plasman los principios y las características de las SEA, a partir de la rúbrica, sin caer en jerarquías.
<i>Dimensiones de la rúbrica</i>	Los comentarios se centraron en la primera dimensión, es decir, los objetivos y la necesidad de revisar esta dimensión para proveerla de mayor claridad, pues tal y como se ha presentado es difícil comprender el sentido que tiene para analizar las unidades didácticas. Se recibieron sugerencias en torno a la dimensión de los contenidos, en relación con la incorporación de los principios de la QV. En este sentido se observa redundancia

entre la finalidad y los contenidos y que la incorporación en la selección de los contenidos de los contenidos asociados a la QV es suficiente a la hora de diseñar una SEA que incorpore la QV.

Tabla 6. Resumen de los comentarios recibidos en las jornadas doctorales como retroalimentación al diseño de la rúbrica.

C. Tercera versión de la rúbrica

Como tercera fase del proceso de construcción de la rúbrica, se envió la segunda versión de ella a los 20 maestros/as participantes del Diplomado. Este envío se realizó durante el mes de marzo del año 2022, vía correo electrónico. Se les solicitó revisar la rúbrica y enviar comentarios o sugerencias en la modalidad que les fuese más cómoda (audio/video/escrito). Todas las respuestas se recibieron en el mismo documento enviado, con la opción “control de cambios” activa y contenían inquietudes sobre el instrumento y sus apartados, así como comentarios y sugerencias. Sobre los comentarios y sugerencias recibidas, se resumen en la siguiente tabla (Tabla 7).

Foco del comentario	Descripción de los comentarios recibidos
Mayor claridad en las dimensiones	Los/as maestros/as solicitan mayor claridad en cuanto a las acciones que permitirían evidenciar los desempeños descritos. Esto se manifiesta particularmente en las dimensiones asociadas a la selección de contenidos. Por otra parte, se recibieron comentarios referidos a los contextos, especialmente a la autenticidad. Se sugiere que no se contemple la solución de un problema a través de los principios de la QV, sino que incorporando los principios como parte de la comprensión del contexto.
Simplificación de las dimensiones	Se recibieron comentarios sobre la posibilidad de simplificar la descripción de las dimensiones, para centralizar la información que aparece en el instrumento y de esta manera darle mayor utilidad a la rúbrica.
Dudas sobre las dimensiones	Dudas sobre el uso de algunos conceptos: la sigla “ILI”, utilizada en la rúbrica, no es de conocimiento de los/as maestros/as, así como los niveles de esta.

Tabla 7. Resumen de los comentarios recibidos por parte de los/as maestros/as participantes como retroalimentación al diseño de la rúbrica.

D. Cuarta versión de la rúbrica

La última fase en el proceso de construcción y validación de la rúbrica respondió a la participación de los/as investigadores/as en el área de la didáctica de las ciencias y que fueron parte de este estudio en el marco del objetivo 2 de la tesis, de quienes se recibieron comentarios y sugerencias para la construcción de este instrumento. A la vez se incorporan las sugerencias recibidas durante el último seguimiento doctoral del departamento de didáctica de la

matemática y las ciencias experimentales. Sobre los comentarios y sugerencias recibidas, se sistematizaron y se resumen en la Tabla 8.

Foco del comentario	Descripción de los comentarios recibidos
<i>Presencia del criterio referido a los niveles de indagación</i>	Los/as investigadore/as realizaron comentarios con respecto a la presencia y pertinencia del criterio asociado a los niveles de indagación. Las sugerencias se centraron en acotar la rúbrica, con criterios específicos para el trabajo de la QV en SEA, desde el entendido que hay otras rúbricas u orientaciones para el diseño de SEA, para trabajar las prácticas científicas que no necesariamente contemplan a la indagación, sino que otras prácticas científicas. Desde esta perspectiva, significó, concretamente, que este criterio no fue considerado en la última versión.
<i>Simplificar los criterios</i>	En relación con el primer criterio de la rúbrica, los/as investigadores/as realizaron diversos comentarios con respecto al carácter abstracto que implica la integración explícita y sobre todo implícita de la QV en los objetivos de las actividades. En relación con estas sugerencias, se evaluó la relevancia de la incorporación literal de los principios y contenidos asociados a la QV en el/los objetivos de las actividades que se describen y en esta última versión, se optó por prescindir de esta clasificación, asumiendo que una SEA que incorpore a la QV a lo largo de sus actividades, no estará más o menos lograda porque sus objetivos contemplen a la QV de manera explícita o implícita.

Tabla 8. Resumen de los comentarios recibidos por parte de los/as investigadores como retroalimentación al diseño de la rúbrica.

Versión final de la rúbrica para caracterizar las secuencias de enseñanza-aprendizaje

De acuerdo con la primera fase de este análisis, es decir, la construcción y validación de una rúbrica para caracterizar las SEA diseñadas por los/as maestros/as, es que se presenta la versión final de la rúbrica (Tabla 9).

Criterios	4 (sofisticado)	3	2	1 (inicial)
Objetivo/Finalidad: Se describe el objetivo de la SEA y como esta contempla el trabajo de la QV (Sanmartí, 2000)	Todas las actividades integran a la QV en sus objetivos	Al menos la mitad de las actividades integran a la QV en sus objetivos	Al menos 1 de las actividades integra a la QV en su objetivo	Las actividades carecen de una integración de la QV en sus objetivos

Selección de contenidos de QV incorporados en la SEA (Burmeister et al., 2012; Eilks & Linkwitz, 2022; Marchán-Carvajal & Sanmarti, 2015)	La SEA integra la QV a los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales que plantea	La SEA integra la QV a los contenidos conceptuales y procedimentales que plantea	La SEA integra la QV a los contenidos conceptuales que plantea	La SEA integra la QV en las actividades prácticas y/o experimentos que plantea
Contexto (Autenticidad): situación real o verosímil que genera un problema a solucionar incorporando a la QV (Moraga et al., 2019; Pérez-Torres et al., 2021)	El contexto que se propone para la/s actividad está inserto en un problema real o verosímil y hay un problema a solucionar incorporando a la QV	El contexto donde se desarrolla la actividad está inserto en un problema real o verosímil y hay un problema a solucionar	El contexto donde se desarrolla la actividad es real o verosímil, pero necesita incorporar un problema a solucionar	El contexto donde se desarrolla la actividad necesita reforzar la integración y solución de un problema real o verosímil
Contexto (Relevancia): nivel de conectividad e implicaciones a nivel ambiental, personal o social a partir de la situación planteada (Moraga et al., 2019; Pérez-Torres et al., 2021)	El contexto descrito en la SEA propone una vinculación de los estudiantes con la actividad a nivel ambiental, personal y social	El contexto descrito en la SEA propone una vinculación de los estudiantes con la dimensión ambiental y con la personal o la social	El contexto descrito en la SEA propone una vinculación de los estudiantes con la dimensión personal o social, pero no se observa la ambiental	El contexto descrito en la SEA necesita reforzar la vinculación de los estudiantes con las 3 dimensiones (social, personal y ambiental)
Evaluación: procesos de levantamiento de información que incorporan a la QV y que permiten tomar decisiones	La SEA incorpora 2 o más estrategias formales de levantamiento de información sobre los aprendizajes de los estudiantes con respecto a la QV, que	La SEA incorpora al menos 1 estrategia formal de levantamiento de información sobre los aprendizajes de los estudiantes	La SEA incorpora estrategias informales de levantamiento de información sobre los aprendizajes de los estudiantes	La SEA necesita incorporar estrategias de evaluación que permitan levantar evidencias formales o informales del aprendizaje de los

pedagógicas (Flórez Petour, 2015; Sanmartí, 2000, 2010; Stobart, 2010, 2018)	permite tomar decisiones pedagógicas en conjunto con los estudiantes en diferentes momentos del proceso	con respecto a la QV, que permite la toma de algunas decisiones pedagógicas puntuales.	con respecto a la QV, que dificultan la toma de decisiones pedagógicas a lo largo del proceso.	estudiantes con respecto a la QV, dificultando la toma de decisiones pedagógicas durante todo el proceso

Tabla 9. Rúbrica para caracterizar las SEA diseñadas por los/as maestros/as.

La segunda fase del primer análisis correspondió a fragmentar los textos asociados a las SEA para identificar en las secuencias: los objetivos declarados; la selección de los diferentes contenidos que cada actividad planteaba; la ausencia o presencia de contextos en las SEA y; las estrategias de evaluación descritas de manera general o particular para cada actividad.

A continuación, se muestra un extracto de la rúbrica y luego su aplicación en la SEA “Inclusión de la Química Verde en la Educación” (Tabla 10). Una mirada desde el currículum nacional” para la dimensión: Contenidos.

Dimensión	Criterio de realización	4 (sofisticado)	3	2	1 (inicial)
Contenidos	Selección de contenidos de QV incorporados en la SEA (Burmeister et al., 2012; Eilks & Linkwitz, 2022; Marchán-Carvajal & Sanmarti, 2015)	La SEA integra la QV a los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales que plantea	La SEA integra la QV a los contenidos conceptuales y procedimentales que plantea	La SEA integra la QV a los contenidos conceptuales que plantea	La SEA integra la QV en las actividades prácticas y/o experimentos que plantea
Título: Inclusión de la Química Verde en la Educación” Una mirada desde el currículum nacional					Análisis
Contenidos	Integración del principio 1 “Prevención”: Contenidos conceptuales: Efectos de la actividad humana en las capas de la tierra y prevención de los efectos de la actividad humana (Introducción del principio 1 de la QV) Contenidos procedimentales: Observan un video sobre desastres en un río; comunican sus hallazgos; relacionan el tema planteado con el 1° P de la QV				La SEA integra la QV a los contenidos conceptuales, procedimentales y

	Contenidos actitudinales: reflexionan acerca de los efectos en un río sobre de la actividad humana y la necesidad de desarrollar la conciencia ambiental y la relación de esto con el principio 1 de la QV.	actitudinales que plantea

Tabla 10. Ejemplo del análisis realizado a la SEA “Inclusión de la Química Verde en la Educación” en la Dimensión: Contenidos.

2° Análisis: identificación de los principios de la QV en las SEA

El segundo análisis consistió en identificar qué principios de la QV se encuentran presentes en las 6 SEA. Para esto, se utilizó el libro de códigos (MacQueen et al., 1998; Roberts et al., 2019) construido para el análisis del currículum que se muestra en la Tabla 7 (*capítulo 3 de la tesis*). Esto permitió identificar la presencia de los principios de la QV que aparecen de manera literal en las actividades de las SEA y aquellos que necesitan una identificación inferencial. En la Tabla 11 se presenta un extracto del libro de códigos y de su utilización para la identificación literal de un principio de la QV en una actividad de la SEA 5 “Propuesta Didáctica Vinculada A La Química Verde En La Unidad De Óxido –Reducción”, para el último año de educación secundaria.

Categoría	Código	Descripción	Extracto de una actividad
Principio 10 Diseño para degradación	<i>Prevención</i>	Referencia literal al título del principio 10, es decir, Diseño para la degradación	<i>“Cierre: Se definen los principales conceptos vistos en clases como son degradable, biodegradable, obtención de energía eléctrica. Se hace un enlace con la química verde y el principio 10 “Diseño para la degradación”. Se les recuerda que la próxima clase va a ver una mesa redonda donde se discutirá sobre sus investigaciones”</i> (SEA 5. Extracto del cierre de una actividad de la SEA “Propuesta Didáctica Vinculada A La Química Verde En La Unidad De Óxido – Reducción”, para el último año de educación secundaria)

Tabla 11. Ejemplo del Libro de códigos para el análisis literal en la SEA 5.

3° Análisis: identificación de las transformaciones en las SEA de Química Verde realizadas por los maestros/as

El tercer análisis, en el marco de la caracterización de las SEA, se realizó en base a las categorías de los autores Stavrou et al. (2018), que plantean 3 elementos a considerar para la implementación de SEA en el aula: el contenido, las actividades, y los objetos sean representaciones o bien materiales utilizados en las actividades. De acuerdo con los autores, estos elementos surgen pues para que los/as maestros/as puedan implementar SEA de manera eficiente en sus aulas, se deben adaptar ciertos elementos de las SEA a las necesidades de sus respectivos contextos.

Para este estudio interesa identificar las transformaciones realizadas por los maestros/as participantes en el Diplomado al diseñar sus SEA sobre QV. Los elementos susceptibles de transformación que plantean los Stavrou et al. (2018) se muestran en la Tabla 12.

Categorías: Elementos de una SEA susceptibles a ser transformados	
Contenido	Los maestros agregaron u omitieron elementos de contenido del TLS
Actividades	Los docentes añadieron, omitieron o sustituyeron actividades del TLS por otras alternativas
Objetos	Los maestros usaron representaciones o materiales alternativos para llevar a cabo las actividades.

Tabla 12. Categorización de los elementos de SEA que fueron objeto de modificaciones de acuerdo con Stavrou et al. (2018).

Las categorías originales fueron modificadas permitiendo que emergieran, de forma inductiva, otras categorías en función del contexto de esta investigación. En la Tabla 13 se muestra el libro de códigos utilizado en el análisis de las SEA de este estudio en términos de las transformaciones realizadas por los/as maestros/as desde lo trabajado en el Diplomado y los diseños que cada grupo planteó.

Categoría	Códigos	Descripción
Contenidos	<i>Contenidos del programa</i>	Referencia a la utilización de contenidos que fueron parte del programa del Diplomado
	<i>Nuevos contenidos</i>	Referencia a la inclusión de contenidos que no fueron abordados en el programa del Diplomado
Actividades	<i>Actividades del programa</i>	Referencia a las actividades que aparecen en las SEA que fueron parte del programa del Diplomado
	<i>Nuevas actividades</i>	Referencia a la incorporación de actividades diferentes a las propuestas en el programa del Diplomado

Objetos	<i>Materiales o representaciones alternativas</i>	Referencia a los materiales o representaciones diseñadas por los/as maestros diferentes o alternativas a las presentadas en el programa del Diplomado

Tabla 13. Libro de códigos para el análisis de los elementos transformados por los/as maestros en el diseño de las SEA.

De acuerdo con este libro de códigos (Tabla 13), se contabilizaron las transformaciones realizadas en los diseños de las SEA en relación con lo trabajado en el Diplomado por principio de la QV. A la vez, se contabilizaron aquellas categorías que no sufrieron modificaciones, es decir, contenidos o actividades propuestas en las SEA que fueron parte del Diplomado.

De esta manera, cuando una actividad fue creada por los/as maestros/as se consideró como “nueva actividad” y cuando estas fueron parte del Diplomado, se consideraron “actividades del programa”.

En el caso de los contenidos, cuando las SEA desarrollaba contenidos que no habían sido trabajado en el programa, se consideraron “nuevos contenidos” y en el caso que hubiesen sido parte del Diplomado se consideraron “contenidos del programa”.

5.2.1.3 Criterios de Credibilidad

De acuerdo con la selección del paradigma de corte cualitativo, los criterios de credibilidad responden al enfoque seleccionado. Para esta investigación se recurrió a la triangulación teórica y de investigadores, ya que ambas estrategias responden a una relación coherente con el enfoque comprensivo interpretativo y el objetivo de este apartado de la tesis.

Las estrategias seleccionadas tienen como propósito colaborar con la validez de esta investigación (Cohen et al., 2018), pues tanto los aportes de la literatura como los grupo de investigadores/as que participaron de este proceso, aportaron en la comprensión, desde distintos puntos de vista, de las características de una secuencia de enseñanza-aprendizaje que incorpore a la Química Verde.

Con primer criterio de credibilidad, se ha utilizado la triangulación teórica (Cohen et al., 2007, 2018), fundamental para la formulación de la rúbrica que permitió caracterizar las SEA. Se buscaron investigaciones que desarrollaran rúbricas que permitieran el análisis de secuencias de enseñanza-aprendizaje no necesariamente vinculadas con la QV, sino con procesos de caracterización de SEA. Este criterio se utilizó para todas las dimensiones, es decir, diversas investigaciones y publicaciones que describieran las dimensiones de la rúbrica. En este sentido, en

lugar de confiar en una única fuente bibliográfica, se utilizaron diversas referencias que aportaron en conjunto o individualmente a la elaboración de las dimensiones diseñadas para la rúbrica y así complejizar este instrumento que fue central para el análisis de las SEA.

Como segundo criterio de credibilidad, se utilizó la triangulación de investigadores (Cohen et al., 2018; Sandelowski, 1995). Esto implicó la consulta a diferentes investigadores/as (pertenecientes al Departamento de didáctica de la matemática y las ciencias experimentales de la Universidad Autónoma de Barcelona, investigadores/as participantes de esta investigación agrupados/as como “Grupo B” y los mismos/as maestros/as que pusieron al servicio de esta investigación sus diseños de SEA), con diferentes antecedentes, habilidades y perspectivas. Cada investigador/a, de acuerdo con su propio enfoque metodológico, teórico o disciplinario, permitió un análisis más riguroso y una interpretación más completa de los datos. En el proceso de confección de la rúbrica, se pudo observar en detalle la participación de cada grupo consultado. Con esto, se buscó reducir los sesgos individuales y fortalecer la credibilidad de los hallazgos de este apartado (Sandelowski, 1995), que incluyen tanto la construcción de una rúbrica y la construcción del libro de códigos para en análisis de las transformaciones en las SEA.

5.2.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del primer objetivo específico de este capítulo caracterizan las 6 SEA estudiadas. A partir de los 3 análisis presentados, se han podido responder las 6 preguntas que concretan este objetivo. De esta forma, la versión final de la rúbrica (Tabla 9), el libro de códigos (Tabla 11) y las categorías de Stavrou et al., (2018), estuvieron al servicio del análisis de las SEA diseñadas por los/as maestros.

En el caso de las características asociada a los objetivos, contenidos, contextos y evaluación en las SEA, se utilizó la rúbrica (Tabla 9). Se mantuvieron los colores asociados a cada progresión y en el reporte de cada dimensión se puede observar un extracto de este instrumento para colaborar en la comprensión de este apartado.

En relación con la presencia de los principios de la QV, se muestra un extracto de la aplicación del libro de códigos y finalmente para los resultados asociados a las transformaciones de las SEA, se muestra la frecuencia de las categorías de Stavrou et al. (2018).

5.2.2.1 Grado de incorporación de la QV en los objetivos de las SEA

Para reconocer el grado de incorporación de la QV en los objetivos de la SEA, se aplicó la primera dimensión de la rúbrica. Esta dimensión describe cuántos objetivos de las actividades de las SEA integran la QV. Para el reporte de este resultado, se presenta un extracto de la rúbrica para la dimensión finalidades (Tabla 14).

Dimensión	Criterio de realización	4 (sofisticado)	3	2	1 (inicial)
Finalidad	Objetivo/Finalidad: Se describe el objetivo de la SEA y como esta contempla el trabajo de la QV (Sanmartí, 2000)	Todas las actividades integran a la QV en sus objetivos	Al menos la mitad de las actividades integran a la QV en sus objetivos	Al menos 1 de las actividades integra a la QV en su objetivo	Las actividades carecen de una integración de la QV en sus objetivos

Tabla 14. Extracto de la rúbrica para la dimensión: Finalidades.

A partir de la aplicación de esta dimensión de la rúbrica, se observan los siguientes niveles de realización para los objetivos planteados en las actividades de cada SEA (Tabla 15):

Título de la SEA	Descripción del nivel	Nivel
2.El desecho de aceite doméstico, como materia prima: Al rescate de los océanos	Todas las actividades integran a la QV en sus objetivos	4
3.Propuesta didáctica de vinculación curricular en octavo año básico con principios de Química Verde. Energía y Eficiencia Energética.		
5.Propuesta Didáctica Vinculada A La Química Verde En La Unidad De Óxido –Reducción		
1.Inclusión de la Química Verde en la Educación. Una mirada desde el currículum nacional	Al menos la mitad de las actividades integran a la QV en sus objetivos	3
4.Diplomado Química Verde. “Química Orgánica y biodegradabilidad”	Al menos 1 de las actividades integra a la QV en su objetivo	2
6.Propuesta Didáctica: Vinculación Curricular de la Química Verde con la Especialidad Técnico Profesional: Química Industrial con mención en Laboratorio Químico.		

Tabla 15. Grado de integración de la QV en los objetivos de la SEA.

En relación con los objetivos planteados, se observa que todas las SEA integran a la QV, por lo que el nivel de realización *inicial* no fue identificado en este grupo de SEA. 3 de las 6 SEA integran a la QV en la totalidad de sus actividades, 2 de ellas fueron diseñadas para educación primaria y 1 de ellas para educación secundaria. Sólo 1 de las SEA integra a la QV en el 50% de sus objetivos y

fue diseñada para educación primaria. Finalmente, 2 de las 6 propuestas presenta al menos 1 objetivo que integra a la QV.

5.2.2.2 Tipos de contenidos seleccionados para trabajar la QV en el diseño de la SEA

Para el reporte de los contenidos que se seleccionaron en el diseño de las SEA y la integración de la QV con estos, se analizaron las actividades de cada SEA y se evaluó la presencia de la QV de acuerdo con los niveles de progresión descritos. En el caso de aquellas actividades o SEA que no presentaron la integración de la QV en ninguno de los niveles descritos, estas no fueron incluidos en este reporte de resultados, de manera de relevar la presencia de la QV en la selección de contenidos, por sobre su ausencia.

Al igual que en el caso de los objetivos caracterizados de acuerdo con la rúbrica, en el caso de los contenidos, se utilizaron los nombres de los trabajos finales para identificar cada SEA. En la segunda columna se realiza una descripción del nivel identificado y en la tercera columna el nivel de realización al que corresponde esta descripción.

A continuación, en la Tabla 16 se presenta un extracto de la rúbrica que muestra la dimensión referida a la selección de contenidos incluidos en las SEA analizadas:

Dimensión	Criterio de realización	4 (sofisticado)	3	2	1 (inicial)
Contenidos	Selección de contenidos de QV incorporados en la SEA (Burmeister et al., 2012; Eilks & Linkwitz, 2022; Marchán-Carvajal & Sanmarti, 2015)	La SEA integra la QV a los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales que plantea	La SEA integra la QV a los contenidos conceptuales y procedimentales que plantea	La SEA integra la QV a los contenidos conceptuales que plantea	La SEA integra la QV en las actividades prácticas y/o experimentos que plantea

Tabla 16. Extracto de la rúbrica para la dimensión: Contenidos.

A partir de la aplicación de esta dimensión de la rúbrica, se observan los siguientes niveles de realización para los contenidos seleccionados en cada secuencia (Tabla 17):

Título	Descripción del nivel	Nivel
1. Inclusión de la Química Verde en la Educación Una mirada desde el currículum nacional	La SEA integra la QV a los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales que plantea	4
2. Propuesta didáctica Química Verde: El desecho de aceite doméstico, como materia prima: Al rescate de los océanos		
3. Propuesta didáctica de vinculación curricular en octavo año básico con principios de Química Verde. Energía y Eficiencia Energética		
4. Diplomado Química Verde. “Química Orgánica y biodegradabilidad”	La SEA integra la QV a los contenidos conceptuales y procedimentales que plantea	3
5. Propuesta Didáctica Vinculada A La Química Verde En La Unidad De Óxido –Reducción		
6. Propuesta Didáctica: Vinculación Curricular de la Química Verde con la Especialidad Técnico Profesional: Química Industrial con mención en Laboratorio Químico.	La SEA integra la QV en las actividades prácticas y/o experimentos que plantea	1

Tabla 17. Resultados de la aplicación de rúbrica para la dimensión: Contenidos

En relación con los contenidos seleccionados por los/as maestros/as, se observa que la totalidad de las SEA integran a la QV, pero no de la misma manera. Las 3 secuencias de educación primaria integran a la QV en sus contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, mostrando matices en estas integración, pues se observaron diseños que mantienen a lo largo de toda la SEA la vinculación y otras que focalizan la integración de los 3 tipos de contenidos en algunas fases de la SEA. Esto no fue obstáculo para identificarlas en el nivel de progresión sofisticado.

Con respecto a las SEA diseñadas para educación secundaria, se encontró que 2 de las 3 SEA presentaron una vinculación de la QV en los contenidos conceptuales y procedimentales de las SEA y sólo 1 de ellas como parte de las experiencias prácticas que plantea. Este grupo de SEA, al igual que las de educación primaria muestran diferencias en la integración. Mientras que en el caso de la SEA que sólo presenta la integración a nivel procedimental, la QV se observa a lo largo de toda la SEA, en el caso de las SEA identificadas en el nivel de progresión 3, sólo se observó, en una de ellas, la integración de la QV a lo largo de la SEA, mientras que la otra focalizó el trabajo de la QV en sólo una de las fases de la secuencia. Es relevante para esta investigación la falta de integración de contenidos actitudinales, vinculados a la QV, en todas las SEA de enseñanza secundaria.

5.2.2.3 Autenticidad y relevancia de los contextos para trabajar la QV presentes en las SEA

El análisis realizado a las SEA permitió evaluar la función que cumplen los contextos que aparecen en las secuencias que forman parte de esta investigación.

El diseño de la rúbrica contempló la autenticidad de los contextos de las SEA, es decir, la explicitación real o verosímil que genera un problema a solucionar incorporando a la QV y la relevancia de los contextos, entendido como el nivel de conectividad e implicaciones a nivel ambiental, personal o social a partir de la situación planteada. Se decidió presentar la dimensión completa y no desglosar los resultados de este análisis, para construir una descripción acabada de esta dimensión.

Siguiendo la estructura de presentación de los resultados de este apartado, se mantiene la identificación de las SEA a partir del nombre de los trabajos finales y el análisis realizado en función de la rúbrica y sus niveles de realización. En la Tabla 18, se presenta un extracto de la rúbrica que muestra la dimensión referida a los contextos incluidos en las SEA analizadas.

Dimensión	Criterio de realización	4 (sofisticado)	3	2	1 (inicial)
Contexto	Contexto (Autenticidad): situación real o verosímil que genera un problema a solucionar incorporando a la QV (Moraga et al., 2019; Pérez-Torres et al., 2021)	El contexto que se propone está inserto en un problema real o verosímil y hay un problema a solucionar incorporando a la QV	El contexto que se propone está inserto en un problema real o verosímil y hay un problema a solucionar	El contexto que se propone es real o verosímil, pero necesita incorporar un problema a solucionar	El contexto que se propone necesita reforzar la integración y solución de un problema real o verosímil
	Contexto (Relevancia): nivel de conectividad e implicaciones a nivel ambiental, personal o social a partir de la situación planteada (Moraga et al., 2019; Pérez-Torres et al., 2021)	El contexto descrito en la SEA propone una vinculación de los estudiantes con la actividad a nivel ambiental, personal y social	El contexto descrito en la SEA propone una vinculación de los estudiantes con la dimensión ambiental y con la personal o la social	El contexto descrito en la SEA propone una vinculación de los estudiantes con la dimensión personal o social, pero no se observa la ambiental	El contexto descrito en la SEA necesita reforzar la vinculación de los estudiantes con las 3 dimensiones (social, personal y ambiental)

Tabla 18. Extracto de la rúbrica para la dimensión: Contextos

A partir de la aplicación de esta dimensión de la rúbrica, se observan los siguientes niveles de realización para los contextos planteados en cada secuencia (Tabla 18):

Título	Descripción del nivel	Nivel
1. Inclusión de la Química Verde en la Educación. Una mirada desde el currículum nacional	Autenticidad: El contexto que se propone está inserto en un problema real o verosímil y hay un problema a solucionar incorporando a la QV	4
	Relevancia: El contexto descrito en la SEA propone una vinculación de los estudiantes con la actividad a nivel ambiental, personal y social	4
2.Propuesta didáctica Química Verde: El desecho de aceite doméstico, como materia prima: Al rescate de los océanos	Autenticidad: El contexto que se propone está inserto en un problema real o verosímil y hay un problema a solucionar incorporando a la QV	4
	Relevancia: El contexto descrito en la SEA propone una vinculación de los estudiantes con la actividad a nivel ambiental, personal y social	4
3.Propuesta didáctica de vinculación curricular en octavo año básico con principios de Química Verde. Energía y Eficiencia Energética	Autenticidad: El contexto que se propone está inserto en un problema real o verosímil y hay un problema a solucionar	3
	Relevancia: El contexto descrito en la SEA propone una vinculación de los estudiantes con la actividad a nivel ambiental, personal y social	4
4.Diplomado Química Verde. Química Orgánica y biodegradabilidad	Autenticidad: El contexto que se propone está inserto en un problema real o verosímil y hay un problema a solucionar	3
	Relevancia: El contexto descrito en la SEA propone una vinculación de los estudiantes con la dimensión ambiental y con la personal o la social	3
5.Propuesta Didáctica Vinculada A La Química Verde En La Unidad De Óxido –Reducción	Autenticidad: El contexto que se propone está inserto en un problema real o verosímil y hay un problema a solucionar incorporando a la QV	4
	Relevancia: El contexto descrito en la SEA propone una vinculación de los estudiantes con la actividad a nivel ambiental, personal y social	4
6.Propuesta Didáctica Vinculación Curricular de la Química Verde con la Especialidad Técnico Profesional: Química Industrial con mención en Laboratorio Químico.	Autenticidad: El contexto que se propone está inserto en un problema real o verosímil y hay un problema a solucionar incorporando a la QV	4
	Relevancia: El contexto descrito en la SEA propone una vinculación de los estudiantes con la dimensión ambiental y con la personal o la social	3

Tabla 19. Resultados de la aplicación de la rúbrica para la dimensión: Relevancia y autenticidad de los contextos para trabajar la QV en las SEA.

Los contextos que se proponen en las SEA se ubican en los dos niveles más altos de las progresiones planteadas, es decir, son contextos que en 4 SEA proponen un problema real o verosímil y hay un problema a solucionar incorporando a la QV y en 2 casos es necesario incorporar a la QV para la propuesta de solución ante la problemática planteada.

Con respecto a la vinculación de los estudiantes con la actividad a nivel ambiental, personal y social, en 4 de las 6 SEA es posible identificar estas implicaciones. Mientras que en 2 de las 6 SEA, se observa una vinculación que es ambiental y social o ambiental.

En relación con el nivel de enseñanza, la progresión más sofisticada de ambos criterios se observó con mayor frecuencia en las SEA de enseñanza primaria, donde 5 de los 6 contextos se identificaron como sofisticados en cuanto a la progresión. En el caso de las SEA diseñadas para enseñanza secundaria sólo 1 de ellas presentó el mayor nivel de sofisticación en ambos criterios.

5.2.2.4 . Presencia de la Química Verde en las estrategias de evaluación de las SEA diseñadas

En relación con los resultados obtenidos sobre las estrategias de evaluación que presentan las SEA, se consideraron tanto las propuestas de evaluación descritas de manera general (por ejemplo, al inicio de la SEA) y/o aquellas SEA que contemplan estrategias de evaluación para cada actividad, diferenciándolas como estrategias sumativa (aquellas calificadas) o formativas (sin calificación).

Todas las SEA presentan estrategias de evaluación en su diseño y lo que interesa es conocer si estas consideran el levantamiento de información sobre QV a partir de estrategias formales o informales contempladas en cada diseños.

A continuación, se presenta un extracto de la rúbrica que muestra la dimensión referida a la selección de contenidos incluidos en las SEA analizadas (Tabla 20).

Dimensión	Criterio de realización	4 (sofisticado)	3	2	1 (inicial)
Evaluación	Evaluación: procesos de levantamiento de información que incorporan a la QV y que permiten tomar decisiones pedagógicas (Flórez Petour, 2015; Sanmartí, 2000, 2010; Stobart, 2010, 2018)	La SEA incorpora 2 o más estrategias formales de levantamiento de información sobre los aprendizajes de los/as estudiantes con respecto a la QV, que permite tomar decisiones pedagógicas en conjunto con los estudiantes en diferentes momentos del proceso	La SEA incorpora al menos 1 estrategia formal de levantamiento de información sobre los aprendizajes de los/as estudiantes con respecto a la QV, que permite la toma de algunas decisiones pedagógicas puntuales	La SEA incorpora estrategias informales de levantamiento de información sobre los aprendizajes de los/as estudiantes con respecto a la QV, que dificultan la toma de decisiones pedagógicas a lo largo del proceso	La SEA necesita incorporar estrategias de evaluación que permitan levantar evidencias formales o informales del aprendizaje de los/as estudiantes con respecto a la QV, dificultando la toma de decisiones pedagógicas durante todo el proceso

Tabla 20. Extracto de la rúbrica para la dimensión: Evaluación.

A partir de la aplicación de esta dimensión de la rúbrica, se observan los siguientes niveles de realización para las estrategias de evaluación de cada secuencia (Tabla 21):

Título	Descripción del nivel	Nivel
SEA 1: Inclusión de la Química Verde en la Educación Una mirada desde el currículum nacional	La SEA incorpora 2 o más estrategias formales de levantamiento de información sobre los aprendizajes de los/as estudiantes con respecto a la QV, que permite tomar decisiones pedagógicas en conjunto con los estudiantes en diferentes momentos del proceso	4
Propuesta didáctica Química Verde: El desecho de aceite doméstico, como materia prima: Al rescate de los océanos		
Propuesta didáctica de vinculación curricular en octavo año básico con principios de Química Verde. Energía y Eficiencia Energética		
Diplomado Química Verde. Química Orgánica y biodegradabilidad		
Propuesta Didáctica Vinculada A La Química Verde En La Unidad De Óxido –Reducción		

6.Propuesta Didáctica: Vinculación Curricular de la Química Verde con la Especialidad Técnico Profesional: Química Industrial con mención en Laboratorio Químico.	La SEA necesita incorporar estrategias de evaluación que permitan levantar evidencias formales o informales del aprendizaje de los/as estudiantes con respecto a la QV, dificultando la toma de decisiones pedagógicas durante todo el proceso	1

Tabla 21. Resultados de la aplicación de rúbrica para la dimensión: Evaluación.

Con respecto a las estrategias de evaluación presentes en las SEA, 5 de las 6 secuencias presentan 2 o más estrategias formales de levantamiento de información sobre los aprendizajes de los/as estudiantes con respecto a la QV. En este sentido es relevante observar que la mayoría de las estrategias son de naturaleza formativas y no sumativas.

En el caso de las SEA de enseñanza primaria, todas presentan más de 2 estrategias como parte de la planificación presentada que involucren el levantamiento de información sobre los aprendizajes de la QV por parte del estudiantado. En el caso de las SEA de enseñanza secundaria, 2 de las 3 SEA presentaron 2 o más estrategias de evaluación que involucren a la QV.

Con respecto a la SEA que no consideró a la QV en las estrategias de evaluación presentadas, se observó que las estrategias de evaluación se centraron en la orientación del diseño y desarrollo de las actividades prácticas planteadas, dejando de lado a la QV en este aspecto.

De manera general, el siguiente cuadro (Tabla 22), muestra todos los niveles de realización alcanzados por todas las SEA analizadas, en cada dimensión de la rúbrica.

Título	Finalidades	Contenidos	Contextos (Autenticidad)	Contextos (Relevancia)	Evaluación
1. Inclusión de la Química Verde en la Educación. Una mirada desde el currículum nacional	3	4	4	4	4
2.Propuesta didáctica Química Verde: El desecho de aceite doméstico, como materia prima: Al rescate de los océanos	4	4	4	4	4
3.Propuesta didáctica de vinculación curricular en octavo año básico con principios de Química Verde. Energía y Eficiencia Energética	4	4	4	3	4

4.Diplomado Química Verde. Química Orgánica y biodegradabilidad	2	3	3	3	4
5.Propuesta Didáctica Vinculada A La Química Verde En La Unidad De Óxido –Reducción	4	3	4	4	4
6.Propuesta Didáctica Vinculación Curricular de la Química Verde con la Especialidad Técnico Profesional: Química Industrial con mención en Laboratorio Químico.	2	1	4	3	1

Tabla 22. Cuadro resumen de la aplicación de todas las dimensiones de la rúbrica a las 6 SEA.

5.2.2.5 Principios de la Química Verde presentes en las SEA diseñadas por los maestros/as

De acuerdo con el análisis realizado, en las 6 SEA y las 23 actividades presentes en ellas, se identificaron los principios de la QV presentes en ellas. Para esto, se utilizaron los códigos construidos en el capítulo 3 de esta tesis. Los siguientes son extractos de actividades que muestran la presencia de los principios de la QV (Tabla 23).

El primero es un extracto del cierre de una actividad presente en la SEA “Propuesta Didáctica Vinculada A La Química Verde En La Unidad De Óxido –Reducción” diseñada para el último año de educación secundaria y la identificación literal del principio 10 desarrollado en ella. El segundo es un extracto de una actividad diseñada para educación primaria en la SEA “Propuesta didáctica de vinculación curricular en octavo año básico con principios de Química Verde Energía y Eficiencia Energética” y la identificación inferencial del principio desarrollado en ella.

Tal como se describió en el libro de códigos, se identificaron en amarillo las referencias literales y en rosado aquellas que emanan de un análisis inferencial.

Categoría	Códigos	Descripción	Extractos de actividades
Principio 10 Diseño para la degradación	Diseño para la degradación	<i>Referencia literal al título del principio 10, es decir, diseño para la degradación</i>	<i>“Cierre: Se definen los principales conceptos vistos en clases como son degradable, biodegradable, obtención de energía eléctrica. Se hace un enlace con la química verde y el principio 10. Se les recuerda que la próxima clase va a ver una mesa redonda donde se discutirá sobre sus investigaciones”</i> (SEA 5. Extracto del cierre de una actividad de la SEA “Propuesta Didáctica Vinculada A La Química Verde En La Unidad De Óxido – Reducción”, para el último año de educación secundaria)
Principio 1 Prevención	Costos ambientales y humanos	<i>Referencia inferencial los costos ambientales y humanos que implican los residuos químicos provenientes de la acción humana</i>	<i>“Realizan dos investigaciones:</i> <i>1. Recursos marinos por región a lo largo de Chile</i> <i>2. Contaminación de las aguas a lo largo de Chile.</i> <i>Inicio: Observan videos de actividades humanas que provocaron efectos negativos en las diferentes fuentes hídricas.</i> <i>Desarrollo: Exponen sus trabajos de investigación, en donde comparan y reflexionan en relación con los recursos hídricos disponibles a lo largo de Chile y el daño causado por diversas actividades humanas.</i> <i>Cierre: Se plantea la siguiente pregunta:</i> <i>¿Creen ustedes que estos efectos negativos producto de las diversas actividades humanas pudieron haberse evitado?”</i> (SEA 1. Extracto de la actividad 1 de la SEA “Inclusión de la Química Verde en la Educación. Una mirada desde el currículum nacional” para 5° año de educación primaria)

Tabla 23. Ejemplo de referencias literales e inferenciales de los principios de la QV en dos SEA diseñadas por maestros/as.

La Tabla 24 presenta los principios de la Química Verde inidentificados en cada una de las 6 SEA de este estudio. Así mismo se indica el título de la SEA y el nivel de enseñanza al que va dirigido.

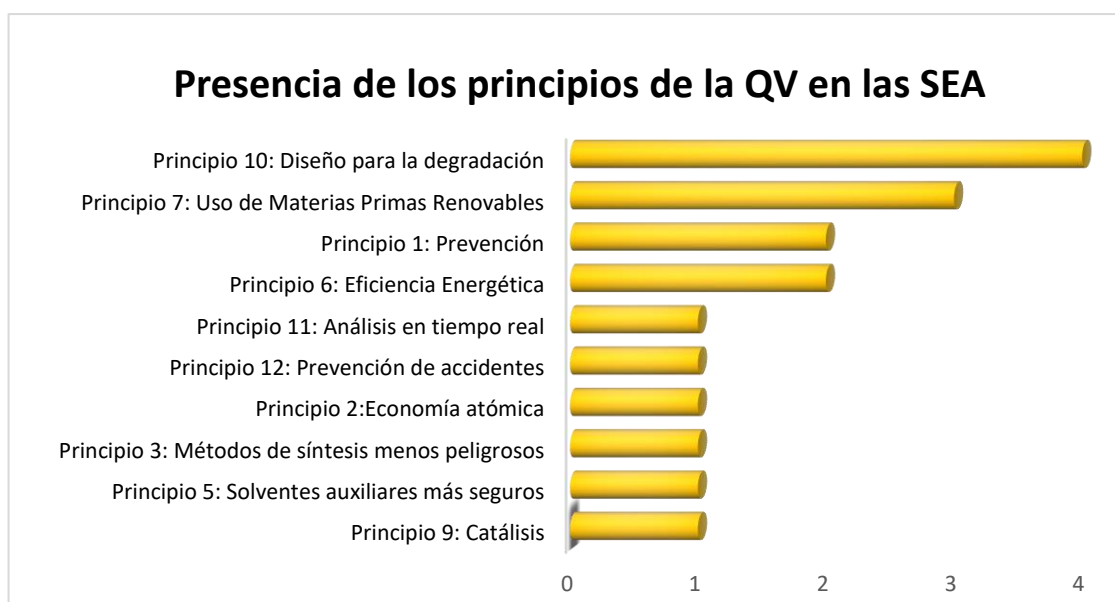
Título de las SEA	Nivel de enseñanza	Principios de la QV utilizados
1. Inclusión de la Química Verde en la Educación. Una mirada desde el currículum nacional	Primaria	(1) Prevención de los residuos
2. El desecho de aceite doméstico, como materia prima: Al rescate de los océanos	Primaria	(7) Uso de materias primas renovables y (10) Diseño para la degradación

3. Energía y Eficiencia Energética (EE)	Primaria	(6) Eficacia energética
4. Química Orgánica y biodegradabilidad	Secundaria	(10) Diseño para la degradación
5. Propuesta didáctica vinculada a la química verde en la unidad de óxido –reducción	Secundaria	(3) Métodos de síntesis menos peligrosos, (6) Eficacia energética, (7) Uso de materias primas renovables y (10) Diseño para la degradación
6. Propuesta Didáctica Vinculación Curricular de la Química Verde con la Especialidad Técnico Profesional: Química Industrial con mención en Laboratorio Químico	Secundaria	(1) Prevención de los residuos (2) Economía atómica, (5) Solventes auxiliares más seguros, (7) Uso de Materias primas renovables, (9) Catálisis, (10) Diseño para la degradación, (11) Análisis en tiempo real y (12) Química inherentemente segura/prevención de accidentes

Tabla 24. Principios de la QV presentes en las 6 SEA de Química Verde.

Se observa la presencia de 10 de los 12 principios de la QV, con diferencias en las frecuencias de su utilización, es decir, algunos principios de la QV no fueron considerados en la construcción de las secuencias de aprendizaje y otros aparecen en más de una SEA. Los principios 4 “Diseño de productos químicos más seguros” y el principio 8 “Reducir derivados” no fueron trabajados en las SEA.

La Gráfica 1 muestra la frecuencia de cada uno de los principios de la QV que aparecen en el conjunto de las seis secuencias de aprendizaje diseñadas por los/as participantes del Diplomado. El principio con mayor presencia es el principio 10 “Diseño para la degradación”, seguido del principio 7 “Uso de materias primas”, del principio 1 “Prevención” y del principio 6 “Eficiencia Energética”. De manera opuesta, los principios: 9 “Catálisis”; 5 “Solventes auxiliares más seguros”; 3 “Métodos de síntesis menos peligrosos”; 2 “Economía atómica”; 12 “Prevención de accidentes”; 11 “Análisis en tiempo real”, se implicaron sólo 1 vez en los diseños.



Gráfica 1. Gráfica de la presencia de los principios de la QV en el conjunto de las 6 SEA.

5.2.2.6 Transformaciones reflejadas en las SEA de Química Verde diseñadas por los maestros/as

De acuerdo con el análisis realizado a las SEA a partir de la categorías propuestas por Stavrou et al. (2018) y modificadas para su uso en esta investigación, fue posible retratar las transformaciones realizadas por los maestros/as en el momento de diseñar las SEA como los contenidos, actividades y objetos. A la vez, también fue posible describir aquellos elementos del programa que fueron utilizados en sus diseños. La Tabla 25 muestra los resultados sobre las transformaciones que han realizado los maestros/as en el diseño de las SEA y los elementos del programa presentes en los diseños.

	SEA 1	SEA 2	SEA 3	SEA 4	SEA 5	SEA 6	Total
Agregarón nuevas actividades	4	4	4	3	4	2	21
Agregarón nuevos contenidos	4	4	2	3	6	2	20
Utilizaron actividades del programa	0	0	1	1	0	0	2
Utilizaron contenidos del programa	4	4	3	1	1	8	20
Usaron materiales o representaciones alternativas en la/s actividad/es	2	2	1	2	2	8	17
Total	14	14	11	10	13	20	

Tabla 25. Resultados de la aplicación de las categorías de Stavrou et al. (2018) modificadas a cada SEA diseñadas por maestros/as.

En la tabla 25 se observa que solo 2 de las SEA, una de primaria y otra de secundaria (SEA 3 y 4), utilizaron actividades del programa. Estas actividades son las referidas a la eficiencia energética y el uso del horno de microondas y al diseño para la degradación donde se observaba el tiempo de degradación de diferentes materiales. Por ejemplo:

***“Inicio:** Se presenta el objetivo de la clase. Los estudiantes activan conocimientos previos. Comparten los etiquetados completando un cuadro resumen. Instrucciones trabajo experimental de Laboratorio. Se definen roles para el trabajo colaborativo.*

***Desarrollo:** En un segundo momento, se les invita a experimentar la cocción de un huevo en: Horno eléctrico, Horno Microonda, Cocinilla.*

En un segundo momento registran la Temperatura en intervalos de tiempo.

***Cierre:** Exponen sus conclusiones (Plenario). Instrucciones de construcción de gráficos. (Actividad transversal asignatura Matemática)”.*

(Extracto de una actividad en la SEA 3 “Energía y Eficiencia Energética (EE)”)

Tanto en las nuevas actividades como en las del programa, se observaron modificaciones en cuanto a los materiales utilizados. Por ejemplo, en la SEA 3, y el uso del horno de microondas, se incorporó un horno eléctrico para observar las diferentes temperaturas que alcanza un huevo a potencia máxima, esto no fue parte del Diplomado, pero se presentó como una manera de contextualizar y aclarar el principio de Eficiencia Energética, tal como se puede observar en el apartado de desarrollo del extracto anterior, referido a la utilización de actividades del programa (Extracto de una actividad en la SEA 3 “Energía y Eficiencia Energética (EE)”). La SEA 6, fue el diseño que mayor cantidad de materiales y representaciones alternativas presentó, pues sus 2 actividades, de naturaleza principalmente procedimental, dieron cuanta de diversos experimentos para trabajar 8 principios de la QV, como se puede observar en el siguiente extracto:

“El proyecto consistió en que los alumnos de la especialidad de Química Industrial trataran un residuo proveniente de la especialidad de electrónica.

Para la fabricación de circuitos electrónicos se utiliza como reactivo $FeCl_3$, que reacciona con el cobre en su estado metálico en una reacción de óxido-reducción. Esto provoca una solución donde se encuentran estos dos metales y que por desgaste del reactivo este es desechado (el desgaste es medido en base al tiempo que el reactivo se demora en reaccionar con el cobre que no se encuentra protegido por la tinta del dibujo del circuito).

La idea del proyecto es poder recuperar el cobre en solución a través de electro gravimetría y poder devolver la función oxidante del reactivo para que no se deseche si no que se vuelva a utilizar”.

(Extracto de una actividad en la SEA 6 “Propuesta Didáctica Vinculación Curricular de la Química Verde con la Especialidad Técnico Profesional: Química Industrial con mención en Laboratorio Químico)

La SEA 5 es la que aporta mayor cantidad de nuevos contenidos. Este es un diseño de educación secundaria, que trabajo el tema de óxido-reducción. Este contenido no fue vinculado en el programa originalmente, por lo tanto, todas las referencias a él, se consideraron nuevos contenidos, como se puede observar en el siguiente extracto. En cambio, la SEA 2, diseño de primaria y, la SEA 6, diseño de secundaria, son las que aportaron menos contenidos nuevos, prevaleciendo los contenidos que presentó el Diplomado para el trabajo de los principios de la QV.

“Eje la materia y sus transformaciones

CMO9. Descripción de reacciones redox, incluyendo su respectivo ajuste por el método del ion-electrón, y fenómenos provocados por la variación en las concentraciones de reactantes y productos, en procesos biológicos y de aplicación industrial, por ejemplo, electrólisis y pilas.

2.4 APRENDIZAJES ESPERADOS (AE)

AE04. Fundamentar las posibles propuestas de protección del medioambiente, considerando los elementos que provienen de los residuos domésticos e industriales.

AE06. Comprender el funcionamiento de las celdas electroquímicas y sus aplicaciones”.

(Extracto de una actividad en la SEA 5 “Propuesta didáctica vinculada a la química verde en la unidad de óxido-reducción”)

Las 6 SEA diseñaron nuevas actividades en sus diseños, estas tuvieron diversas naturalezas, observándose actividades prácticas o experimentales y actividades que convocan a la reflexión de los/as estudiantes a partir de vídeos e imágenes, poniendo en juego los principios de la QV o preguntas que implicaban la comprensión de los principios. Como, por ejemplo:

“Se les presenta a los estudiantes un PPT con imágenes de lugares naturales con abundante agua.

La idea es que los estudiantes puedan describir lo que observan y aportar con sus ideas y experiencias previas relacionadas a lo observado.

Luego, se les realizan preguntas de descripción y de predicción, como por ejemplo ¿Cómo se vería afectado el medio ambiente cuando se contamina con aceite? ¿Qué efectos provoca el aceite en

los océanos? ¿Qué cantidad de aceite utilizan sus mamás y apoderados para freír en sus casas? ¿Dónde lo botan? ¿Qué se podría hacer con él? ¿Qué es la Química Verde? La idea es que los estudiantes reflexionen y generen nuevas preguntas”.

(Extracto de una actividad en la SEA 2 “Propuesta didáctica Química Verde: El desecho de aceite doméstico, como materia prima: Al rescate de los océanos”)

En la siguiente tabla se resumen los resultados de las transformaciones y los elementos presentes del programa en los diseños de las de las SEA (Tabla 26).

Categorías de análisis con respecto a los elementos de las SEA	Frecuencia
Utilizaron actividades del programa	2
Usaron materiales o representaciones alternativas en las actividades	17
Agregaron nuevos contenidos	20
Utilizaron contenidos del programa	20
Agregaron nuevas actividades	21

Tabla 26. Resumen de los resultados de la aplicación de las categoría de Stavrou et al. (2018) modificadas a las SEA diseñadas por maestros/as.

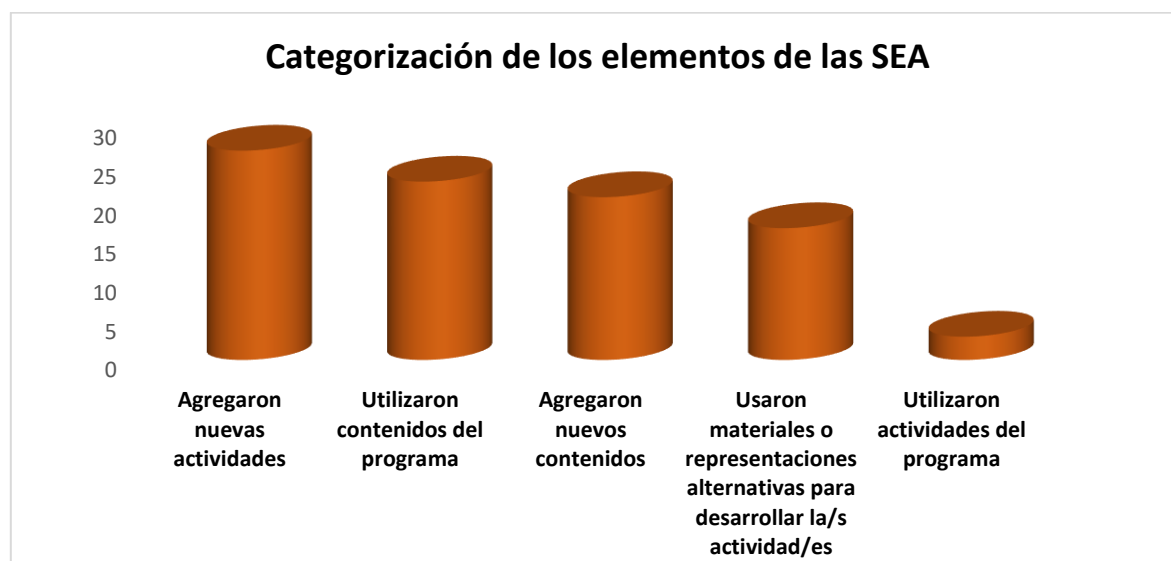
De manera general, el aspecto que mayor presencia tuvo es el referido a las actividades asociadas a cada SEA, es decir, las actividades propuestas son *nuevas propuestas para trabajar* los principios de la QV. Si bien estas actividades pueden encontrar su génesis en lo trabajado durante el diplomado, presentan diferentes propósitos a los presentado durante el DPD.

También es posible observar que todas las SEA utilizaron contenidos trabajados en el desarrollo del diplomado, pero estos experimentaron transformaciones, pues fueron incluidos contenidos diferentes a los tratados durante el trabajo con cada principio de la QV.

Con respecto a los materiales o representaciones alternativas diseñadas para cada SEA, que también representaron uno de los aspectos con mayor frecuencia, se observa el aporte de cada grupo a la diversidad de materiales seleccionados para cada actividad perteneciente a las SEA, lo que incluyen la incorporación de nuevos materiales concretos hasta estrategias experimentales.

El aspecto que menos frecuencia tuvo fue el referido a las actividades planteadas durante el diplomado, es decir, estás fueron base de muchas actividades presentadas, pero transformadas y adecuadas para cada nivel o contexto donde fueron implementadas, lo que muestra la presencia de adaptaciones de ciertos elementos de las SEA a las necesidades de sus estudiantes y los estilos de aprendizaje según fuera necesario.

La siguiente gráfica permite observar el resultado de la categorización realizada para observar las transformaciones realizadas por los/as maestros (Gráfica 2).



Gráfica 2. Categorización de los elementos de las SEA, basada en las categorías de Stavrou et al. (2018).

5.2.2.7 Características de las SEA

A partir de los resultados presentados se describen las características de las SEA analizadas, en relación con los 3 procesos de análisis realizados.

SEA 1: Inclusión de la Química Verde en la Educación. Una mirada desde el currículum nacional

La SEA 1 es un diseño realizado para la educación primaria en la que se identificó el trabajo del principio 1 “Prevención”. Esta secuencia contempló 4 actividades consideradas “nuevas actividades”. Los objetivos que propone esta SEA contemplan la integración de la QV en al menos la mitad de las actividades que la constituyen.

Con respecto a los contenidos, esta secuencia integra la QV a los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales que plantea, lo que la ubica en el nivel de realización más sofisticado para esta dimensión y 4 de ellos se consideraron “nuevos contenidos”. Ocurre lo mismo para las dimensiones asociadas a los contextos que propone, pues se identifica tanto la autenticidad, desde la perspectiva de la presentación de un problema real o verosímil que tiene como vía de solución la inclusión de la QV, representado en el reconocimiento de la causa de la muerte del *cisne del río cruces* y las medidas necesarias para prevenir este tipo de contaminación en recursos

hídricos, a través del principio 1 de la QV (“Prevención”). Esto, a la vez, se identifica como relevante en lo personal, ambiental y social para el estudiantado. Esta SEA considera 4 estrategias de evaluación (formativas y sumativas) que permiten el levantamiento de información con respecto a los aprendizajes del estudiantado en relación con la QV.

SEA 2: El desecho de aceite doméstico, como materia prima: Al rescate de los océanos

La SEA 2 corresponde a un diseño de educación primaria constituido por 5 actividades, en las que se trabajan 2 principios de la QV: Principio 7 “Uso de materias primas renovables” y el Principio 10 “Diseño para la degradación”. Esta SEA es la única de las 6 analizadas que alcanzó el nivel más sofisticado en las 5 dimensiones analizadas. En este sentido se releva que todas las actividades integraron a la QV en sus objetivos y todas ellas fueron consideradas “nuevas actividades”, al igual que en la selección de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, en los que se destaca el reconocer la importancia del entorno natural y sus recursos, planteando el desarrollo de conductas de cuidado y protección del ambiente, asociando los principios de la QV (uso de materias primas y la biodegradación), identificando a 4 de los 8 contenidos trabajados como “nuevos contenidos”.

En relación con la dimensión de contexto, se observa la autenticidad y la relevancia, a través del análisis de las consecuencias de botar aceite doméstico en la alcantarilla y medidas que mitiguen este daño ambiental. A la vez, involucra al estudiantado a nivel personal solicitando acciones cotidianas que impliquen evitar la contaminación con esta sustancia, lo que le agrega una relevancia a nivel ambiental y social, que formó parte de las representaciones alternativas que esta SEA consideró. Finalmente, con respecto a la evaluación, esta SEA describe 4 instancias evaluativas de corte formativo, en todas ellas se observa la integración de la QV.

SEA 3: Energía y Eficiencia Energética (EE)

La SEA 3 es un diseño para la educación primaria, conformado por 4 actividades, de las cuales 3 se consideraron “nuevas actividades”. En ellas se trabaja el principio 6 de la QV “Diseño para la eficiencia energética”. Todos los objetivos que propone en sus actividades integran la QV, particularmente al Principio 6. En relación con los contenidos que plantea, se observan el desarrollo de la eficiencia energética a nivel conceptual; a nivel procedimental, experimentado y analizando diferentes fuentes de calor para evaluar su eficiencia energética y; actitudinal, proponiendo a los/as estudiantes cambios en sus conductas cotidianas con respecto a la aplicación de la eficiencia energética, identificando que 2 “nuevos contenidos” y 3 “contenidos del programa”.

La secuencia de actividades presentó un contexto en el que se describe un problema a solucionar comparando 3 fuentes de energía, sin embargo, no se propuso explícitamente al estudiantado que fuese resuelto a través del principio de la QV trabajado en esta SEA. A pesar de esto, se observó la relevancia del contexto a nivel ambiental, personal y social, pues se trabaja la reflexión en torno a la matriz energética del país y sus implicancias en estos tres niveles. Finalmente, se identificaron 2 estrategia formativas que integran la QV, lo que implica el nivel más sofisticado en términos del diseño de instancias de evaluación.

SEA 4: Química Orgánica y biodegradabilidad

La SEA 4 es un diseño para educación secundaria, compuesto por 4 actividades, de las cuales 3 fueron consideradas como “nuevas actividades”. Estas incorporan un principio de la QV, es decir, el Principio 10 “Diseño para la degradación”. Esta SEA sólo presenta una actividad que incluye en su objetivo la QV y el resto de las ellas tienen objetivos de naturaleza disciplinar. En relación con los contenidos que integran la QV, se identificaron contenidos disciplinares y procedimentales asociados a las diferencias entre a degradabilidad y biodegradabilidad principalmente, que son coherente con el único principio que la SEA desarrolla. En este sentido 3 de los 4 contenidos observados fueron identificados como “nuevos contenidos”.

Con respecto al contexto, este se encuentra inserto en un problema real o verosímil y el estudiantado es llamado a encontrar una solución, pero esta no se realiza a través de la QV y sus principios necesariamente, ya que propone la investigación sobre las características de materiales de uso cotidiano con respecto a su origen orgánico o inorgánico. Respecto de la relevancia de este contexto, se identifica que presenta un involucramiento a nivel ambiental y con la dimensión social, pero no vincula a los/as estudiantes a nivel personal. Finalmente, se identificaron 2 estrategias de evaluación que incluyeron el levantamiento de información sobre los aprendizajes de los/as estudiantes desde la perspectiva formativa.

SEA 5: Propuesta didáctica vinculada a la química verde en la unidad de óxido – reducción

La SEA 5 es un diseño para educación secundaria, en la que se identifican 4 actividades, las que fueron identificadas como “nuevas actividades”. Esta SEA incorpora los principios (3) “Métodos de síntesis menos peligrosos”; (6) “Eficiencia Energética; (7) Uso de materias primas renovables y; (10) Diseño para la degradación. En esta secuencia se observa que todas las actividades incorporan en

sus objetivos a la QV. Los contenidos que se relacionan con la QV son de naturaleza conceptual y procedimental, con foco en productos degradables y biodegradables y su efecto en la tierra, así como el uso de pilas, baterías y paneles solares y su impacto en el ambiente y 6 de ellos fueron identificados como “nuevos contenidos”.

En relación con el contexto, es una SEA con el nivel más sofisticado con respecto a la autenticidad y la relevancia, pues se le propone al estudiantado reflexionar y analizar el uso de pilas y baterías para el medio ambiente y proponer medidas de mitigación de sus efectos a partir de los principios de la QV. A la vez, se plantean actividades que tiene como propósito la concientización de los daños ambientales, instándoles a buscar otras fuentes de energía menos dañinas. Finalmente, se identificaron 3 estrategias de evaluación formativas que integran la QV, lo que implica el nivel más sofisticado en términos del diseño de instancias de evaluación.

SEA 6: Vinculación Curricular de la QV con la asignatura de Química

La SEA 6 es un diseño para educación secundaria y la componen 2 actividades, identificadas como “nuevas actividades”. En ellas se incorporan una gran cantidad de principios de la QV: (1) Prevención de los residuos; (2) Economía atómica; (5) Solventes auxiliares más seguros; (7) Uso de Materias primas renovables; (9) Catálisis; (10) Diseño para la degradación; (11) Análisis en tiempo real y; (12) Química inherentemente/prevención de accidentes. Esto se debe a que la SEA es esencialmente procedimental, por lo que los principios se trabajan en modo experimental. Esta SEA sólo presenta una actividad que integra en su objetivo la QV. El resto de las actividades tienen objetivos asociados a las actividades prácticas, como “Realizar tratamiento de un suelo y agua contaminada con metales pesados”.

Esta SEA sólo integra la QV en contenidos de naturaleza procedimental, que fueron identificado como “nuevos contenidos”. El único nivel de realización sofisticado que presenta es el referido al contexto y su autenticidad, ya que se le propone a los/as estudiantes una actividad en la que se recupere el cobre en solución a través de electro gravimetría y logren devolver la función oxidante del reactivo para que no se deseché si no que se vuelva a utilizar. Lo que en el ámbito de la relevancia sólo implica una vinculación del estudiantado con la dimensión ambiental, a la vez que la SEA con mayor cantidad de uso de materiales y representaciones alternativas. Sobre la evaluación que plantea la SEA, esta consideró 3 estrategias formativas, por no se observa que a partir de ellas se levante información referida a los aprendizajes asociados a la QV, situándola en el nivel inicial con respecto a la evaluación.

5.3 Estudio de las reflexiones que plantean maestros/as de educación primaria y educación secundaria en ejercicio, sobre sus diseños de secuencias de enseñanza aprendizaje de la química verde

5.3.1 METODOLOGÍA

El estudio sobre las reflexiones que los/as maestros/as realizaron a partir de sus diseños SEA que incorporan la QV, se llevó a cabo desde una perspectiva cualitativa. Esto permitió poner al servicio de la interpretación el discurso de los/as maestros/as en relación con las reflexiones que realizaron. En este contexto es que la orientación del análisis fue a través del enfoque de análisis cualitativo del contenido (ACC) (Krippendorff, 2019; Krippendorff & Bock, 2009). De acuerdo con Bardin (2002) el análisis de contenido: *“Es un conjunto de instrumentos metodológicos, cada vez más perfectos y en constante mejora, aplicados a los “discursos” contenidos y continentes extremadamente diversificados...y se mueve entre dos polos: el del rigor de la objetividad y el de la fecundidad de la subjetividad” (p.7).*

5.3.1.1 Obtención de los datos

La colección de datos de este grupo de maestros/as se llevó a cabo en el marco del desarrollo del Diplomado de postítulo denominado “Enseñanza y aprendizaje de la Química Verde para la enseñanza de la Química y las Ciencias Naturales”, en el Campus Juan Gómez Millas de la Universidad de Chile, en dependencias de la Facultad de Filosofía y Humanidades y de la Facultad de Ciencias de dicha Universidad y que ha sido descrito detalladamente en el capítulo 3 y 4 de esta tesis.

Complementado la descripción que se ha desarrollado en este capítulo en relación con la construcción de los diseños de SEA que incorporan la QV, los/as maestros fueron convocados a reflexionar en torno a estos diseños dentro del mismo trabajo en el que se les solicitó diseñar SEA que integraran la QV. De esta manera, una vez diseñadas las SEA e implementadas, los/as maestros/as reflexionaron en torno a los diseños elaborados. Esto fue realizado por escrito como parte del trabajo final del Diplomado de acuerdo con la *Pauta de Elaboración* (Tabla 2).

Los textos recogidos tuvieron una longitud media de 3,5 páginas por cada grupo, lo que representa un total de 21 páginas a analizar (página tamaño carta, letra Arial 12, interlineado 1,15,

equivalente a 7670 palabras) y de acuerdo con la Pauta de Elaboración (Tabla 2), las reflexiones fueron parte de los trabajos finales. La Tabla 27 muestra información sobre los textos reflexivos en cada SEA y la longitud correspondiente a cada uno de ellos.

Títulos de las SEA	N° páginas	N° de palabras
1. Inclusión de la Química Verde en la Educación. Una mirada desde el currículum nacional	3	1155
2. Propuesta didáctica Química Verde: El desecho de aceite doméstico, como materia prima: Al rescate de los océanos	4	1627
3. Propuesta didáctica de vinculación curricular en octavo año básico con principios de Química Verde. Energía y Eficiencia Energética	4	1408
4. Diplomado Química Verde. “Química Orgánica y biodegradabilidad”	5	2158
5. Propuesta Didáctica Vinculada A La Química Verde En La Unidad De Óxido –Reducción	3	853
6. Propuesta Didáctica: Vinculación Curricular de la Química Verde con la Especialidad Técnico Profesional: Química Industrial con mención en Laboratorio Químico.	2	469
Total	21	7670

Tabla 27. Resumen de la cantidad de páginas y palabras que contiene los textos asociados a las reflexiones de los/as maestros/as sobre las SEA.

El siguiente texto, es un extracto de una reflexión escrita por un grupo de maestros/as que diseñó la SEA 2 “Propuesta didáctica Química Verde: El desecho de aceite doméstico, como materia prima: Al rescate de los océanos”:

“...si consideramos los principios de la Química Verde de una forma “purista” perderemos la oportunidad de incorporarlos con mayor fuerza. De hecho, esta misma actividad se ve enriquecida, si tomamos aspectos del principio de Prevención y de Biodegradabilidad; desde este punto de vista la Química Verde puede aportar distintos matices y de forma gradual llegar a entregar mayores conocimientos, ya que la actividad elegida considera la prevención a través de las conductas como por ejemplo al evitar que el aceite llegue al océano cuando se deja de tirar el aceite a las alcantarillas. También la biodegradabilidad, debido a que el trabajo con la Lombriz Californiana es una forma de transformar mediante la Biodegradación una materia prima contaminante como el aceite en un producto que lejos de contaminar es una ayuda importante al medio ambiente...”

(Extracto de una reflexión sobre la SEA 2 “Propuesta didáctica Química Verde: El desecho de aceite doméstico, como materia prima: Al rescate de los océanos”)

5.3.1.2 Proceso de análisis de las reflexiones de maestros/as sobre sus diseños de SEA

El proceso de análisis realizado consistió en la generación de un libro de códigos de naturaleza inductivo-deductiva que permitió identificar las fortalezas y debilidades sobre el diseño de las SEA a partir de las reflexiones de los/as maestros. La Figura 3 describe el proceso.

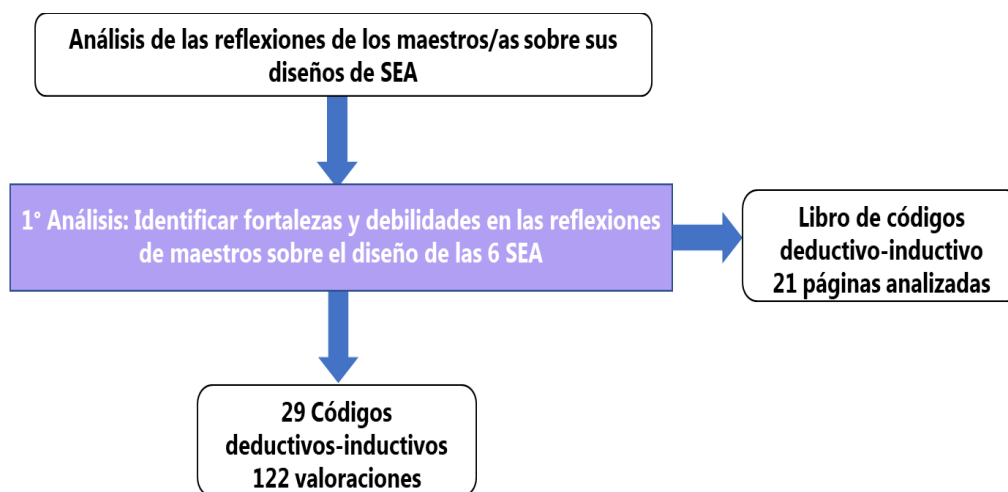


Figura 3. Esquema que resume el análisis realizado a las reflexiones de maestros/as sobre sus diseños de SEA

Las 6 reflexiones relacionadas con las 6 SEA, se analizaron a través del software *Atlas.ti*, utilizando el libro de códigos que se presenta en la Tabla 28.

Para identificar las fortalezas y debilidades sobre el diseño de las SEA, se generó un libro de códigos (MacQueen et al., 1998; Roberts et al., 2019) Este proceso inductivo-deductivo (Mucchielli, 2001) se realizó de acuerdo con tres pasos:

1. Análisis “línea a línea” del corpus de datos, es decir, todas las reflexiones de los/as maestros/as sobre sus diseños de SEA. Luego de este análisis, “línea a línea”, “fragmento a fragmento”, el siguiente paso fue descubrir las dimensiones de los temas que emergen de las reflexiones, complementándolas con literatura revisada en el marco teórico. Estas contenían valoraciones positivas y negativas, que fueron clasificadas en los códigos de este proceso (29 códigos).
2. Luego de una primera lectura de los textos, fue necesario realizar una codificación abierta, es decir, identificar en el corpus de datos, como se relacionaban los 29 códigos. Para desarrollar esta etapa, fue necesario formular preguntas y luego realizar comparaciones. Por ejemplo, ¿Qué diferencias presentan los códigos que hacen referencia a los principios

de la QV? ¿Qué similitudes se observan en los códigos que hacen referencia a los principios de la QV ? Esto permitió agrupar los códigos en 5 subcategorías.

- Una vez realizada la codificación abierta, este permitió levantar las categorías de este proceso, descritas como la mayor expresión de abstracción de este análisis, que correspondió a valoraciones positivas y negativas, como fortalezas y debilidades.

El proceso descrito en los 3 pasos anteriores permitió construir el libro de códigos que se muestra en la Tabla 28.

Categoría	Subcategoría	Código	Descripción
Fortalezas	Aportes de la QV a la enseñanza de las Ciencias	<i>Conciencia del cuidado ambiental</i>	Referencia al aporte de las actividades en el fomento de la conciencia del cuidado ambiental
		<i>Ciudadanos responsables de las problemáticas ambientales</i>	Referencia a la contribución de las actividades en la formación de ciudadanos/as responsables de las problemáticas ambientales
		<i>Vinculación entre la QV y los contenidos curriculares</i>	Referencia a las posibilidades de vinculaciones entre la QV y los contenidos curriculares
		<i>Actividades motivadoras para los estudiantes a través de la QV</i>	Referencia a cómo las actividades son motivadoras para los estudiantes por incorporar la QV
		<i>Educación para la transformación y la QV</i>	Referencia a que las actividades fomentan una Educación para la transformación a través de la QV
		<i>Incorporación de la QV en diferentes asignaturas</i>	Referencia a las actividades pueden ser incorporadas por diferentes asignaturas (no sólo en química)
		<i>Educación para la sostenibilidad y la QV</i>	Referencia a que las actividades fomentan la Educación para la sostenibilidad y la QV
		<i>Estrategias innovadoras para los estudiantes a través de la QV</i>	Referencia a que las actividades son innovadora para los estudiantes por incorporar la QV
		<i>Facilidad para comprender objetivos de Química a través de la QV</i>	Referencia a que las actividades colaboran en facilitar la comprensión de objetivos de Química a través de la QV
		<i>Para aprender otros sentidos de las Ciencias</i>	Referencia a que las actividades permiten ampliar los sentidos clásicos o establecidos en las ciencias

	Conceptos de la QV viables de implementar en el aula	<i>Prevención de daños ambientales</i>	Referencia a que las actividades facilitan la comprensión de la prevención de daños ambientales
		<i>Introducción a la Biodegradabilidad</i>	Referencia a que las actividades facilitan la comprensión de la introducción a la Biodegradabilidad
		<i>Identificación de desechos tóxicos</i>	Referencia a que las actividades facilitan la comprensión de la identificación de desechos tóxicos
		<i>Introducción a la Eficiencia Energética</i>	Referencia a que las actividades facilitan la comprensión de la introducción a la Eficiencia Energética
		<i>Reconocimiento de materias primas renovables</i>	Referencia a que las actividades facilitan la comprensión del reconocimiento de materias primas renovables
		<i>Reutilización de desechos</i>	Referencia a que las actividades facilitan la comprensión de la reutilización de desechos
		<i>Manipulación y eliminación de desechos</i>	Referencia a que las actividades facilitan la comprensión de la manipulación y eliminación de desechos
		<i>Mejorar el vínculo de los objetivos con la QV</i>	Referencia sobre la necesidad de mejorar el vínculo de los objetivos de aprendizaje con la QV
		<i>Repensar los principios de la QV para el aula</i>	Referencia sobre la necesidad de una propuesta para la escuela de los principios de la QV para el aula
	Dominio incipiente de los principios de la QV	<i>Profundizar los principios de la QV</i>	Referencia sobre una profundización de los principios de la QV para la escuela
		<i>Especialización en ciencias de los docentes</i>	Referencia sobre la falta de especialización en ciencias de los docentes de primaria
		<i>Cuidados del trabajo experimental</i>	Referencia sobre la necesidad de cuidados del trabajo experimental y la prevención de posibles accidentes
	Barreras de la implementación derivadas del sistema escolar	<i>Tiempo para desarrollar las actividades</i>	Referencia a la necesidad de más tiempo para desarrollar las actividades
		<i>Evaluación de objetivos que no son parte del Currículum</i>	Referencia sobre el acuerdo necesario para evaluar objetivos que no son parte del Currículum, como los referidos a la QV
		<i>Infraestructura necesaria</i>	Referencia a que las escuelas no tienen la infraestructura necesaria para realizar actividades prácticas o experimentales
		<i>Recursos necesarios para las actividades</i>	Referencia a que las escuelas no tienen los recursos necesarios para las actividades

		<i>Asistencias de los estudiantes</i>	Referencia a que la intermitencia en la asistencia de los estudiantes dificulta la comprensión de la QV
		<i>Materiales necesarios para las actividades</i>	Referencia a que las escuelas no tienen todos los materiales necesarios para realizar las actividades
		<i>Mejorar el vínculo con la comunidad escolar</i>	Referencia que describe que para implementar la QV es necesaria la participación de toda la comunidad

Tabla 28. Libro de códigos para el análisis de las reflexiones de maestros/as sobre sus diseños de SEA.

5.3.1.4 Criterios de Credibilidad

En coherencia con la selección del paradigma de corte cualitativo, los criterios de credibilidad responden al enfoque seleccionado. Para el segundo objetivo específico de este estudio, es decir, el análisis a las reflexiones de los/as maestros/as, se recurrió a la saturación teórica y la triangulación de investigadores, ya que estas estrategias responden a criterios consistentes con el enfoque comprensivo interpretativo de este apartado de la tesis. Las estrategias seleccionadas tienen como propósito colaborar con la validez de esta investigación (Cohen et al., 2018), pues los criterios de credibilidad seleccionados aportaron en la comprensión, desde distintos puntos de vista, de las reflexiones de este grupo sobre sus diseños de SEA.

La saturación teórica permitió identificar un punto en el que tanto los códigos construidos para este análisis, no aportaron “nueva” información a la que ya había sido recopilada (Harreveld et al., 2016). En este sentido, los 29 códigos fueron utilizados en el proceso de análisis de las reflexiones. De acuerdo con Ortega-Bastidas, (2020), *“se intentará reconocer a la saturación teórica como un momento de encuentro intersubjetivo entre el investigador y el otro. Este momento de encuentro estará constituido por un acto de reflexividad que articula una combinación de los límites empíricos de los datos, la integración y densidad de la teoría”* (p.295). Esto valida la forma inductiva-deductiva utilizada para la construcción del libros de códigos, colaborando con la validez de la investigación.

Sobre la triangulación de investigadores/as (Cohen et al., 2018; Sandelowski, 1995), implicó la consulta a diferentes investigadores/as (pertenecientes al Departamento de didáctica de la matemática y las ciencias experimentales de la Universitat Autònoma de Barcelona). Según explica (Flick, 2018) esto tiene que ver con el uso de diferentes observadores y entrevistadores para hacer notar y minimizar los sesgos que se pueden producir de un/a investigador/a individual, lo que se

concretó tanto en la construcción del libro de códigos como en su aplicación en las reflexiones estudiadas.

5.3.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con el modelo de reconstrucción educativa (Duit, 2007), la evaluación de los diseños de SEA, materiales y actividades, debe estar basada en investigaciones empíricas, por tanto, conocer las valoraciones de los/a maestros/as luego de la implementación de las SEA, se presenta como una fase central en el tercer componente del proceso de reconstrucción.

El análisis realizado permitió identificar 2 grandes valoraciones en las reflexiones de los/as maestros/as, que se han conformado como las categorías de este proceso: fortalezas y debilidades sobre los diseños. La cuantificación de las menciones referidas a fortalezas sumó 76 en total y en el caso de las debilidades 46. De acuerdo con esto, la frecuencia total de los códigos de este análisis fue de 122, lo que se observa en la cuarta columna de la siguiente tabla. En la Tabla 29 se detallan las frecuencias absolutas de los códigos utilizados en el análisis de los textos reflexivos de las 6 SEA.

Categoría	Subcategoría	Código	Resultados
Fortalezas	Aportes de la QV a la enseñanza de las Ciencias	<i>Conciencia del cuidado ambiental</i>	16
		<i>Ciudadanos responsables de las problemáticas ambientales</i>	15
		<i>Vinculación entre la QV y los contenidos curriculares</i>	5
		<i>Actividades motivadoras para los estudiantes a través de la QV</i>	5
		<i>Educación para la transformación y la QV</i>	4
		<i>Incorporación de la QV en diferentes asignaturas</i>	3
		<i>Educación para la sostenibilidad y la QV</i>	2
		<i>Estrategias innovadoras para los estudiantes a través de la QV</i>	2
		<i>Facilidad para comprender objetivos de Química a través de la QV</i>	2
		<i>Para aprender otros sentidos de las Ciencias</i>	2
	Conceptos de la QV viables de implementar en el aula	<i>Prevención de daños ambientales</i>	7
		<i>Introducción a la Biodegradabilidad</i>	3
		<i>Identificación de desechos tóxicos</i>	2
		<i>Introducción a la Eficiencia Energética</i>	2
		<i>Reconocimiento de materias primas renovables</i>	2
		<i>Reutilización de desechos</i>	2
		<i>Manipulación y eliminación de desechos</i>	2

Debilidades	Necesidad de una propuesta didáctica para la QV	Mejorar el vínculo de los objetivos con la QV	4
		Repensar los principios de la QV para el aula	3
	Dominio incipiente de los principios de la QV	Profundizar los principios de la QV	3
		Especialización en ciencias de los docentes	2
		Cuidados del trabajo experimental	2
	Barreras de la implementación derivadas del sistema escolar	Mejorar el vínculo con la comunidad escolar	13
		Tiempo para desarrollar las actividades	5
		Evaluación de objetivos que no son parte del Currículum	3
		Materiales necesarios para las actividades	3
		Recursos necesarios para las actividades	3
		Asistencias de los estudiantes	3
		Infraestructura necesaria	2
Total			122

Tabla 29. Frecuencia absoluta de fortalezas y debilidades sobre las SEA de QV realizadas por maestros/as.

La categoría de fortalezas comprende 2 subcategorías: aportes de la QV a la enseñanza de las ciencias y conceptos de la QV viables de implementar en el aula. En conjunto, estas dos subcategorías agrupan a 17 códigos, que implican particularidades de las fortalezas. El primer grupo sobre los aportes de la QV a la enseñanza de las ciencias fue el identificado con mayor frecuencia. Las reflexiones destacaron que la QV colabora en integrar la conciencia del cuidado ambiental y la promoción de ciudadanos/as responsables de las problemáticas ambientales como las mayores fortalezas de este subgrupo.

Por otra parte, el grupo de los conceptos de la QV viables de implementar en el aula obtuvo menor frecuencia que el primer grupo. En este caso las reflexiones destacan que es una fortaleza la posibilidad que ofrecieron sus diseños de trabajar la prevención de daños ambientales, que se relaciona directamente con el principio 1 “Prevención”.

Sobre la categoría referida a las debilidades se identificaron 3 subcategorías: necesidad de una propuesta didáctica para la QV, dominio incipiente de los principios de la QV y barreras de la implementación derivadas del sistema escolar. En conjunto, estas 3 subcategorías agruparon a 12 códigos como descripciones de la debilidades observadas por los/as maestros/as en los diseños, posteriormente a la implementación de las SEA.

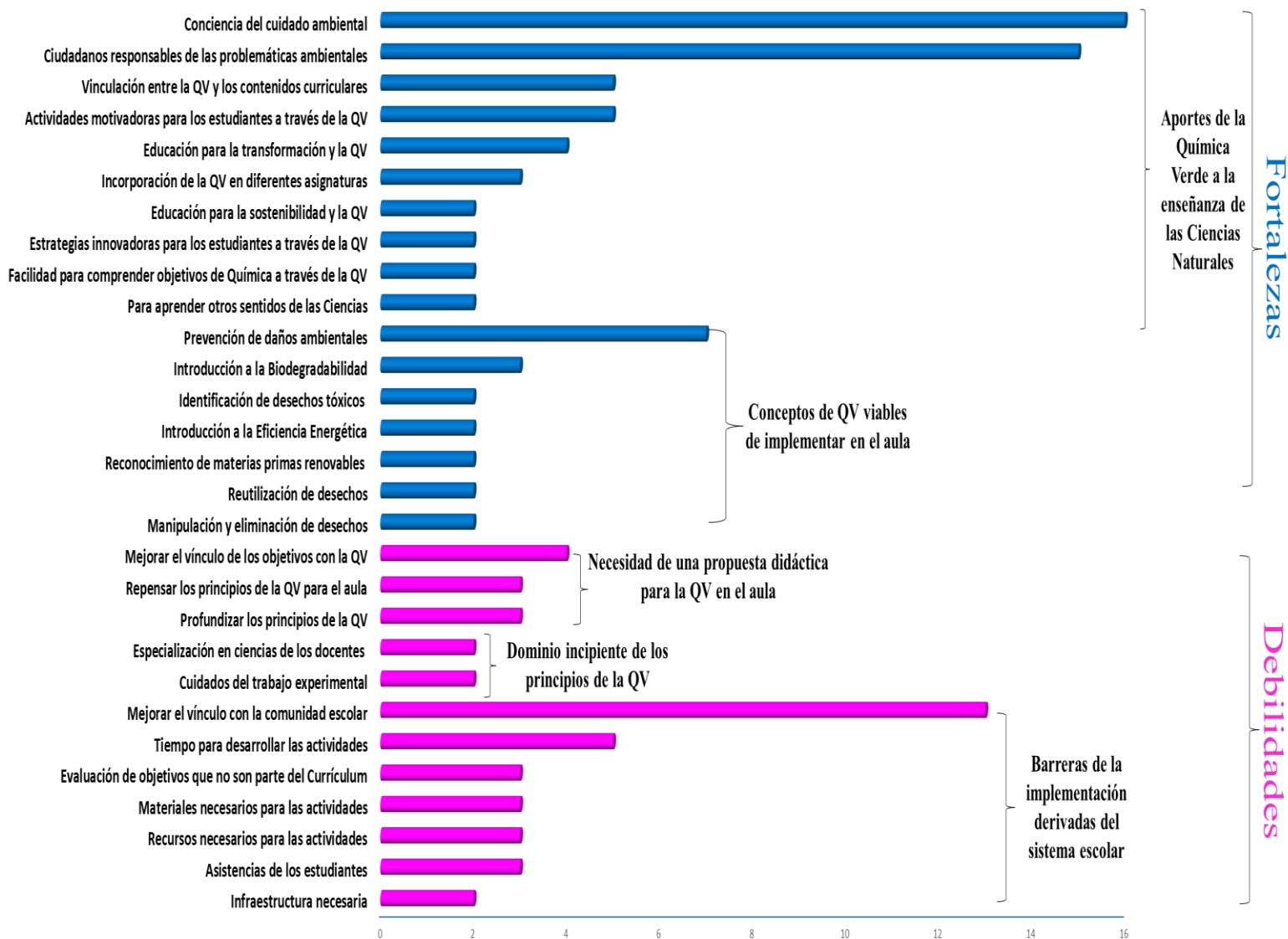
La subcategoría que agrupó la mayor cantidad de debilidades fue la referida a las barreras de la implementación derivadas del sistema escolar. En este grupo las reflexiones destacan que es

necesario mejorar el vínculo con la comunidad escolar, pues se necesita una participación masiva para la incorporación de una innovación como la trabajada. Además, las reflexiones enfatizan que los/as maestros/as no tienen el tiempo suficiente para desarrollar este tipo de actividades.

Las debilidades asociadas a la necesidad de una propuesta didáctica para la QV y un dominio incipiente de los principios de la QV obtuvieron menos menciones que la primera subcategoría. En ellas se destaca que es necesario mejorar el vínculo de los objetivos curriculares con la QV, a la vez, que es necesario repensar los principios de la QV para su trabajo tanto en la educación secundaria como primaria. En el caso de las reflexiones asociadas a la necesidad de profundizar los principios de la QV, se destacó la necesidad de continuar realizando una profundización sobre la apropiación de los principios de la química verde para lograr un mejor trabajo en el aula.

La siguiente gráfica describe las categorías, subcategorías y códigos y las frecuencias encontradas en cada una de ellas (Gráfica 3).

Frecuencia de las reflexiones en torno a los diseños de las SEA



Gráfica 3. Resultados sobre las reflexiones en torno al diseño de SEA posterior a la implementación de las SEA.

5.3.2.1 Fortalezas sobre el diseño de SEA que incorporan la QV

Las fortalezas del diseño, identificadas en las reflexiones de los/as maestros/as posterior a la implementación de las SEA, implicaron 76 valoraciones. Estas, hacen referencia a las oportunidades que ofrece la QV a la enseñanza de las ciencias naturales y a la posibilidad de trabajar algunos contenidos de la QV en las aulas de educación primaria y secundaria.

De manera general, en ellas se identificaron 2 grupos: los aportes de la QV a procesos de enseñanza de las ciencias naturales (56 valoraciones) y las mayores oportunidades de implementar ciertos conceptos de la QV en el aula por sobre otros (20 valoraciones). En los siguientes apartados se profundizará en las 2 subcategorías que forman parte de las fortalezas identificadas.

A. Aportes de la Química Verde a la enseñanza de las Ciencias Naturales

Con respecto a los aportes de la QV en el marco de la enseñanza de las Ciencias Naturales, las reflexiones de los/as maestros permiten identificar diferentes aportes. El siguiente es un extracto donde se puede observar uno de estos aportes identificados referido a la conciencia del cuidado ambiental y la formación de ciudadanos responsables de las problemáticas ambientales, pues estos dos aspectos fueron los más considerados en las reflexiones.

“La vinculación curricular propuesta pretende ser un espacio de mediación planificada para que niños y niñas puedan tomar conciencia frente a problemáticas medioambientales, y como desde una mirada de las ciencias son capaces de proponer e implementar cambios para una mejora de planeta”.

(Extracto reflexión SEA 3 “Energía y Eficiencia Energética (EE))

Los/as maestros/as identifican en los principios de la QV una fuerte vinculación con contenidos curriculares, colocando a la QV como facilitadora de la enseñanza de los contenidos propuestos. Lo anterior, se conecta con que las actividades propuestas para trabajar la Química Verde fueron consideradas motivadoras, evidenciado en las reflexiones a partir de las referencias a la participación activa de los estudiantes en las clases, lo que se refleja en los siguientes extractos:

“La fortaleza que presenta nuestra implementación es que contamos con un grupo de alumnos participativos y motivados”.

(Extracto reflexión SEA 5 “Propuesta didáctica vinculada a la química verde en la unidad de óxido –reducción)

“La propuesta didáctica resultó atractiva y motivante para los y las estudiantes. Se realizaron todas las actividades planificadas en la secuencia. Los estudiantes participaron activamente de las clases”.

(Extracto reflexión SEA 3 “Energía y Eficiencia Energética (EE))

De acuerdo con las reflexiones analizadas otra de las fortalezas que se identifica en este grupo es que la QV facilita la comprensión de los objetivos que plantea la asignatura de Química a nivel curricular. Se describe que la educación secundaria plantea dificultades asociadas a la edad de los/as estudiantes y al abordaje de los contenidos que esta contempla. En este sentido, las reflexiones revelan que la QV es una “buena” perspectiva para introducir en la enseñanza de la Química y vincularla con otros ámbitos de las ciencias y por lo tanto, con otras asignaturas. Los siguientes extractos describen lo planteado:

“La química, vista con los ojos de la química verde, se les hace más comprensible a los estudiantes, y esto es muy positivo pensando en la edad del grupo, que es un período complejo para la asignatura y para la generación de actividades”.

(Extracto reflexión SEA 4 “Química Orgánica y biodegradabilidad”)

“La elaboración y aplicación de una secuencia didáctica que vincule los aspectos del currículum escolar con los elementos de la química verde parece ser una buena perspectiva para introducir la enseñanza de la química y desde ahí poder dar un salto hacia cualquier ámbito de las ciencias, particularmente dado que las ciencias y la tecnología, en general, continuamente son modificadas por nuevos descubrimientos o aplicaciones de la química a partir de las investigaciones que se desarrollan en todo el mundo”.

(Extracto reflexión SEA 6 “Propuesta Didáctica Vinculación Curricular de la Química Verde con la Especialidad Técnico Profesional: Química Industrial con mención en Laboratorio Químico”)

Las reflexiones abordan la conexión entre la química verde y la educación para la sostenibilidad a través de los principios de la QV, como una fortaleza. A lo largo de esta tesis se ha observado como el currículum chileno aborda débilmente las temáticas asociadas a la sostenibilidad, por lo que observar esta vinculación en las reflexiones se hace necesario de destacar y se evidencia en el siguiente extracto:

“Permite dar espacio a la educación para la sostenibilidad proponiendo la eficiencia energética como perspectiva a abordar, vinculando la química verde, específicamente su principio número 6 con el aprendizaje propuesto”.

(Extracto reflexión SEA 3 “Energía y Eficiencia Energética (EE))

B. Conceptos de la Química Verde viables de implementar en el aula

El segundo grupo de aportes identificados es el referido a que ciertos conceptos de la QV son valorados con mayores posibilidades de implementación en el aula que otros. El siguiente es un extracto de una reflexión sobre el principio 7 “Uso de materias primas renovables” y permite comprender cómo los/as maestros/as trabajaron, comprendieron, vincularon e implementaron este principio. A la vez, describe cómo los/as estudiantes concibieron el trabajo de este principio.

“También se les logró enseñar el cómo algunos desechos que pueden ser peligrosos para el medioambiente, como lo es el aceite, pueden ser reutilizados y darles una nueva vida útil a través del principio 7 de la Química Verde de Materias primas renovables. De manera transversal se les enseñó sobre Biodegradabilidad, y de la prevención y la responsabilidad que tenemos como individuos en la directa contaminación y que muchas veces las acciones parecen inofensivas, pero que al informarnos nos damos cuenta de que se transforman en grandes desastres. Algunos estudiantes indicaron, que es una buena manera para que ellos mismos ayuden a prevenir la contaminación que se producen en sus hogares, no necesariamente con las lombrices, también previniendo desechar el aceite directamente en las aguas o en la tierra, ya que aprendieron los efectos dañinos que puede tener este cuando no se es precavido en el lugar donde se tiran los desechos de éste”.

(Extracto reflexión SEA 2” El desecho de aceite doméstico, como materia prima: Al rescate de los océanos”)

Fueron siete los principios de la QV que los/as maestros/as identifican con mayores posibilidades de implementación en el aula. Las reflexiones al respecto no hacen referencia “literal” a los principios”, observándose una interpretación en sus reflexiones. Se han considerado los principios con mayor presencia en las reflexiones para profundizar en esta fortaleza.

Al hacer referencia al principio 1, se describe la prevención, pero con respecto a los daños ambientales y su relación con la necesidad de fomentar las decisiones informadas de los/as estudiantes. Otro de los principios que aparece en las reflexiones es el principio 10 “Diseño para la

degradación”, en el que se plantea la posibilidad que a plantear la diferencia entre biodegradabilidad y degradabilidad para su trabajo en el aula. Los siguientes extractos retratan estas reflexiones:

“Permitió concientizar a los estudiantes sobre la prevención de eliminar los desechos irresponsablemente. Fomenta el respeto y cuidado del medioambiente. Logra que el estudiante identifique acciones propias, o de su entorno, que perjudican al medioambiente”.

(Extracto reflexión SEA 2” El desecho de aceite doméstico, como materia prima: Al rescate de los océanos”)

“Se logró concientizar sobre el uso de productos de los cuales obtenemos energía y que no son biodegradables a un grupo de estudiantes de dos colegios particulares subvencionados. - Después de la implementación el 85% de los alumnos prefieren optar por productos biodegradables”

(Extracto reflexión SEA 5 “Propuesta didáctica vinculada a la química verde en la unidad de óxido-reducción”)

5.3.2.2 Debilidades sobre el diseño e implementación de las SEA que incorporan la Química Verde

Las reflexiones también evidenciaron debilidades. Estas, hacen referencia a ámbitos de mejora para el logro de la instalación de la QV en el aula, así como obstáculos propios del sistema escolar y de cuestiones disciplinares relacionadas a los diseños que los/as maestros/as desarrollaron.

Las debilidades de la implementación implicaron 46 valoraciones por parte de los/as maestros. De manera general, en ellas se identificaron 3 grupos: barreras para la implementación, propias del sistema escolar, dominio incipiente de los principios de la QV y la necesidad de contar con una propuesta didáctica para la QV en el aula.

En los siguientes apartados se profundizará en las 3 subcategorías que forman parte de las debilidades identificadas.

A. Barreras de la implementación derivadas del sistema escolar

En las reflexiones de los maestros/as la mayor cantidad de debilidades, son las asociadas a las barreras que el propio sistema escolar manifiesta a la hora de implementar innovaciones o modificaciones en el aula. Una de ellas son los procesos de evaluación. En el siguiente extracto se manifiesta cómo la institucionalidad de las escuelas y sus respectivos reglamentos de evaluación no

permiten modificaciones y, por lo tanto, presentan obstáculos a la hora de evaluar objetivos que no formen parte del currículum establecido y de las planificaciones de las unidades didácticas. Es necesario mencionar que, en el sistema educativo chileno, las pruebas estandarizadas (nacionales e internacionales) tienen altas consecuencias en los procesos de enseñanza (Flórez & Oyarzún, 2016) y en muchas instituciones educativas públicas y privadas determinar los contenidos conceptuales y procedimentales que se trabajan en el aula.

Otro factor que jugó en contra de la implementación de la secuencia, fue el reglamento de evaluación de la institución en donde se realizó y un error en la formalidad al momento de presentar la planificación en coordinación académica. La secuencia didáctica estaba pensada en ser evaluada de forma formativa y calificada con el registro directo en el libro de clases, sin embargo, al momento de presentar la planificación al coordinador académico, se hizo en base a la planificación de la unidad anterior, la cual fue evaluada por medio de una prueba de selección única, este antecedente se mantuvo en la presente planificación y cuando se estaba en la mitad de la implementación se solicitó la prueba mencionada en la planificación, se explicó el error cometido y se dieron a conocer los antecedentes para realizar la calificación de forma distinta a lo que estaba estimulado en la planificación, sin tener respuesta positiva, debido a que el reglamento de evaluación impide modificar la forma de calificar los contenidos que se ven en una unidad determinada.

(Extracto reflexión SEA 4 “Química Orgánica y biodegradabilidad”)

Por otra parte, se expresa la necesidad de contar con el apoyo de la comunidad educativa, representada en los equipos directivos principalmente, pues a través de ellos se facilita la integración de innovaciones en el aula y al no contar con este apoyo, las posibilidades de poder trabajar la QV en el aula se dificultan. Esto se vincula con la barrera descrita en el extracto anterior, pues se observan resistencias a modificar las planificaciones que los/as maestros/as deben entregar a principio de año y que, de acuerdo con las reflexiones analizadas, los equipos directivos son resistentes a cualquier modificación de estos instrumentos durante el año.

“Finalmente al no ser parte del currículum es difícil incorporar innovaciones a la planificación entregada al inicio del año y a pesar del buen recibimiento de los estudiantes, no es del todo buena en el caso de los directivos”.

(Extracto reflexión SEA 5 “Propuesta didáctica vinculada a la química verde en la unidad de óxido-reducción”)

B. Dominio incipiente de los principios de la Química Verde

Otro grupo de debilidades son los referidos al dominio de los principios de la QV. A pesar de que los/as maestros/as participaron en un programa de formación de 6 meses y en el que se trabajaron los 12 principios de la QV, los/as maestros/as manifiestan que, para poder trabajar los 12 principios, necesitan apropiarse con mayor profundidad del alcance de todos ellos. De esta manera describen que, con una mayor profundización de los principios, se amplían las posibilidades de generar mejores actividades para los/as estudiantes. En el siguiente extracto se puede observar esta debilidad:

“En necesario seguir estudiando la química verde y sus alcances para entregar mejores actividades a nuestros estudiantes”

(Extracto reflexión SEA 6 “Propuesta Didáctica Vinculación Curricular de la Química Verde con la Especialidad Técnico Profesional: Química Industrial con mención en Laboratorio Químico”)

C. Necesidad de una propuesta didáctica para la Química Verde en el aula

Finalmente, el último grupo de debilidades identificadas en las reflexiones de maestros/as, se asocian a la necesidad de contar con una propuesta didáctica para el trabajo de la QV en el aula. En este sentido, es posible identificar que es necesario mejorar y repensar las vinculaciones de la QV con los objetivo de aprendizaje y el currículum escolar, desde la perspectiva de una interpretación de los principios, que responda a las necesidades del aula escolar.

A pesar de haber identificado la necesidad de una propuesta didáctica para la QV como una debilidad, también es una oportunidad para esta tesis que plantea la reconstrucción educativa de la QV. El siguiente es un extracto que muestra lo descrito:

“La vinculación de los principios tal y como aparecen en el listado es dificultosa en función del currículum, por lo que trabajarlos de manera pura no es bueno, sino tomando aspectos de uno y de otro”.

(Extracto reflexión SEA 2” El desecho de aceite doméstico, como materia prima: Al rescate de los océanos”)

5.4 CONCLUSIONES

El estudio del tercer componente del Modelo de Reconstrucción Educativa (MER) para la QV permite analizar el diseño y evaluación de SEA que incorporaron a la QV en ambientes de aprendizaje reales. A partir de los diseños de los 20 maestros/as en servicio, se han podido caracterizar las SEA diseñadas por este grupo y analizar las reflexiones sobre sus diseños luego de implementar las secuencias de aprendizaje.

Los diseños de las SEA fueron analizados para estudiar los principios que desarrollan, los objetivos que plantean, los contenidos que seleccionaron, las características de los contextos que incorporaron, las estrategias de evaluación que integran y las transformaciones que se observan en comparación a lo que se desarrolló en el programa de Diplomado.

En este apartado se plantearán las conclusiones de acuerdo con los dos estudios que se desarrollaron en este capítulo.

5.4.1 Sobre las características de las SEA diseñadas por maestros/as

Las 6 diseñadas por maestros de educación primaria y educación secundaria integran principios de la QV. En este sentido esta integración se observó en las actividades que estas SEA plantean, lo que evidencia que es posible el diseño de actividades que integren la QV y que sean parte de procesos de educación formal, lo que fortalece el vínculo con la educación escolar, que se ha planteado en los otros capítulos de esta tesis.

Como parte del análisis de las características de las SEA se co-construyó una rúbrica que facilitó la caracterización, validada por expertos y por los/as participantes de este estudio y que espera orientar el diseño de futuras SEA para educación primaria y educación secundaria. No obstante, la rúbrica por sí sola no puede ser el único insumo que oriente la construcción de secuencias de enseñanza-aprendizaje que integren la QV. Es necesario que tanto los/as maestros/as en formación y en servicio, deben conocer y apropiarse los principios de la QV de manera global y particular y los alcances de cada uno de ellos para construir actividades que la incorporen.

Los resultados permiten describir 3 tipos de SEA:

1. SEA con alta presencia de la QV: se consideraron en esta clasificación aquellos diseños en los que la QV es el eje central para el diseño (SEA 2). Las secuencias consideran a la QV de

manera transversal en todas las actividades y se observa cómo la QV se va articulando a lo largo de toda la secuencia, desarrollando sus principios y propósitos en actividades que la consideran de forma progresiva.

2. SEA con mediana presencia de la QV: se consideraron en esta clasificación aquellos diseños en los que la QV se observa en casi todas las actividades de la secuencia (SEA 1, 3, 4 y 5), permitiendo describir un hilo conductor basado en aspectos asociados a la QV, pero no una articulación en función de ella, como en el caso de las SEA con alta presencia de la QV, pues se identifican actividades en las que no se observa la QV.
3. SEA con baja presencia de la QV: se consideraron en esta clasificación los diseños en los que se observa la QV en actividades puntuales (SEA 6). Presentan actividades o materiales relacionados con la QV, para ejemplificar o contextualizar otros contenidos. Son secuencias que desarrollan principios de la QV, pero desde una perspectiva procedimental.

Como se ha dicho, todas las SEA integran principios de la QV en la mayoría de los elementos considerados para este análisis, pero no todos los principios fueron considerados en los diseños. La ausencia del principio 4 "Diseño de productos más seguros y el principio 8 "Reducir el uso de derivados", plantea la necesidad de evaluar la presencia de todos los principios de la QV, aun cuando esta evaluación, en miras de su reconstrucción educativa, debe tomar en cuenta los otros 2 componentes del MER para plantear una propuesta sobre la presencia de todos los principios.

Finalmente, las características de las SEA estuvieron mediadas por la creación de los/as maestros/as. En los diseños se reflejan las transformaciones que cada grupo realizó en respuesta a los contextos donde trabajan, y, por lo tanto, de acuerdo con las características de sus estudiantes, ajustándose a las perspectivas y concepciones preinstruccionales de los/as estudiantes con quienes trabajan. Las competencias asociadas con la generación de material didáctico y las competencias instructivas (Rechey et al., 2001), se relacionan directamente con su propia experiencia y el programa de Diplomado sólo aporta con respecto a los contenidos asociados a la QV, por lo tanto sería una contribución profundizar en estos diseños y continuar estudiando las SEA, para conocer las razones de las decisiones que se van observando en los diseños, como oportunidad para el desarrollo de competencias en el diseño de materiales didácticos para la QV.

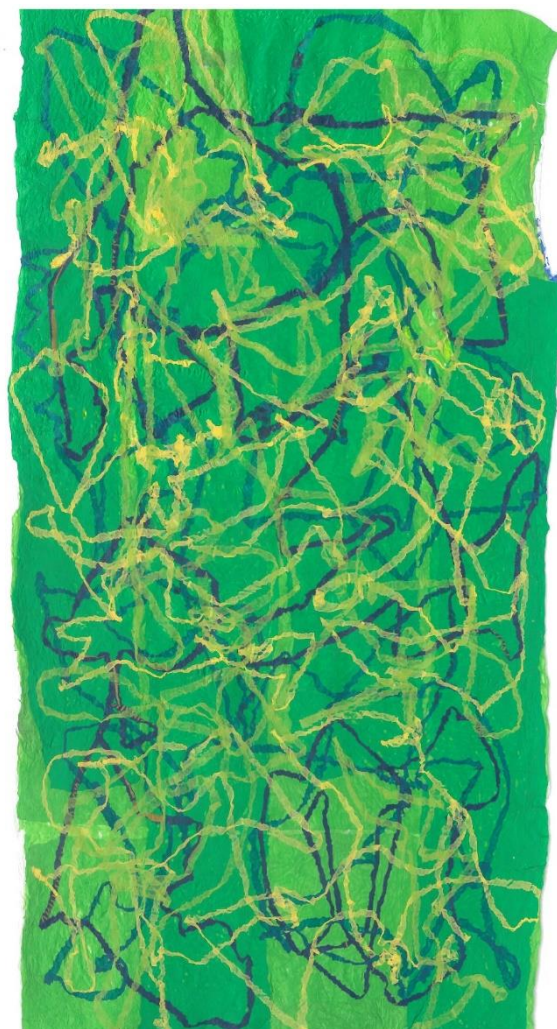
5.4.2 Sobre las reflexiones de los/as maestros/as sobre los diseños de SEA

Las reflexiones de los/as maestros con respecto a sus diseños, fueron una solicitud del proceso de formación donde este grupo de maestros/as participó. La riqueza de sus textos, permiten identificar aspectos que no fueron tomados en cuenta al momento de caracterizar las SEA.

Los/as maestros identifican 2 grupos de valoraciones, es decir, fortalezas y debilidades. En el caso de las fortalezas, se destacan los aportes que identifican en la QV para promover la conciencia ambiental y la formación de ciudadanos responsables con el medio ambiente. Si bien estos con aspectos que la mayoría de los currículos del mundo consideran, parece ser un ámbito que continúa presentando tensiones al momento de integrarlos con los contenidos tradicionales que proponen las asignaturas científicas. De acuerdo con Marcelino et al. (2023), *introducir a los estudiantes en los conceptos y prácticas de la QV desde la perspectiva de la sostenibilidad apunta a estrategias de enseñanza que toman en cuenta la necesidad de articulación entre el conocimiento teórico y práctico de la Química, por un lado, y el medio ambiente, por el otro, conformando así un cuerpo de conocimientos interdependiente, complejo e integral, cuya articulación debe ser vista como un sistema, lo cual constituye un gran desafío formativo, considerando la cultura reduccionista y cartesiana predominante en la educación científica actual (p.2536).*

Por otra parte, las debilidades se centraron en cómo el sistema educativo es resistente a la incorporación de innovaciones, pues hasta ahora, la QV en el ámbito escolar es novedosa, lo que implica que los/as maestros/as deben realizar gestiones para poder realizar actividades que la incluyan. En este sentido, el tiempo no es un aliado, pues como en muchos otros sistemas educativos, los/as maestros/as sienten agobio por la gran demanda de actividades que se les realiza y el hecho de tener que revisar y rediseñar las planificaciones con las que cuentan para todo el año, implica una gran cantidad de tiempo.

Finalmente, y en acuerdo con Stavrou et al. (2018), la participación activa de los/as maestros/as en servicio en el proceso de diseño y reflexión de las SEA se considera beneficiosa y, como tal, debe ser evaluada por la investigación en educación científica.



Prevención

Es mejor evitar la formación de residuos que tratarlos o limpiarlos después de que se hayan formado.

Cuando el material está listo y su “reconstrucción” ha terminado, estará preparado para usarse. Así como la reconstrucción educativa de la Química Verde, luego de todo su proceso de transposición .

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES GENERALES

Índice de contenidos del Capítulo 6

6. CONCLUSIONES GENERALES.....	295
6.1 Oportunidades y desafíos que ofrece el currículum chileno para la integración de la Química Verde	296
6.2 Selección de contenidos de la educación escolar para la integración de la Química Verde en el aula	298
6.3 Orientaciones sobre el diseño de Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje que integran a la QV.....	300
6.4 Presencia de los principios de la Química Verde en la educación escolar.....	302
6.5 Implicaciones y continuidad de la investigación: limitaciones y retos.....	304

Índice de las Tablas del Capítulo 6

Tabla 1. Propuesta de modelo del contenidos curriculares para la QVE a partir de los estudios presentados en los Capítulos 3 y 4 de la tesis.....	300

Índice de las Figuras del Capítulo 6

Figura 1. Esquema que resume el modelo de reconstrucción educativa para la QV, basada en la propuesta de Duit et al. (2012).	296
Figura 2. Contenidos del currículum chileno escolar de educación primaria y educación secundaria que muestran una mayor vinculación con la QV.	297

6. CONCLUSIONES GENERALES

En los tres capítulos que anteceden a las conclusiones generales se ha presentado una revisión de la literatura sobre Química Verde, el análisis de la relación de la Química Verde con el currículum chileno, las percepciones de maestros/as e investigadores/as de educación científica y las características de secuencias de enseñanza y aprendizaje que la integran. En este sentido, cada uno de estos procesos de análisis significaron la presentación de conclusiones particulares para cada estudio. Esto, no significa que sean resultados aislados uno del otro, sino que se encuentran interconectados, por lo tanto, en este apartado el propósito es proponer un diálogo entre las conclusiones de cada estudio y la discusión de ellas, desde la perspectiva de la propuesta de reconstrucción educativa para la Química Verde.

Esta investigación se orientó a través de un marco teórico-metodológico de naturaleza fundamentalmente comprensiva-interpretativa, por medio de metodologías de corte cualitativo que estuvieron al servicio de capturar la complejidad y riqueza de los discursos y diseños de los/as participantes de la investigación y de la literatura analizada, develando las dimensiones que permitieron construir los hallazgos relativos a la Química Verde y su transposición didáctica.

El Modelo de Reconstrucción Educativa (MER) constituyó el marco metodológico que orientó el estudio de la pertinencia de enseñar Química Verde en la escuela. Además, ofició de macro esqueleto para el escrito, pues la organización de la tesis contempló al MER desde la formulación del marco teórico, como parte de la clarificación y análisis del contenido científico para la QV (primer componente del MER), hasta la presentación y desarrollo de cada uno de los objetivos de la tesis, que responden a los componentes del modelo. A modo de conclusión, la siguiente imagen muestra la propuesta de reconstrucción educativa para la Química Verde, basa en el MER (Figura 1):

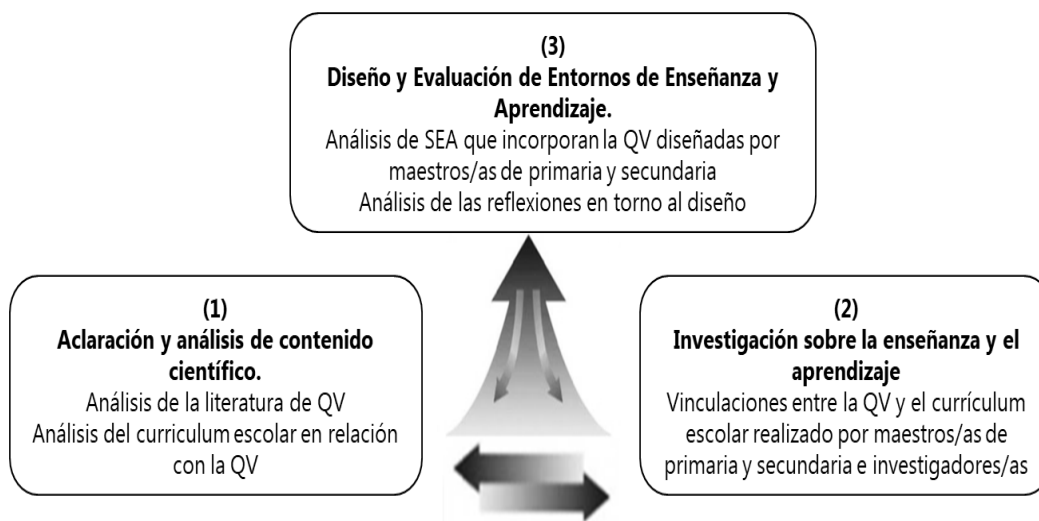


Figura 1. Esquema que resume el modelo de reconstrucción educativa para la QV, basada en la propuesta de Duit et al. (2012).

El propósito general de esta tesis fue caracterizar la Química Verde escolar, a partir de un proceso de reconstrucción. Cada uno de los objetivos y preguntas presentadas, develan características, tensiones, desafíos y oportunidades para la integración a nivel escolar de la QV, que se describen a continuación.

6.1 Oportunidades y desafíos que ofrece el currículum chileno para la integración de la Química Verde

El primer objetivo de la tesis planteó el estudio del currículum chileno, particularmente sobre los Objetivos de Aprendizaje (OA) que lo componen y las posibilidades que presentan par la integración de la QV y sus doce principios. El análisis realizado permitió identificar un grupo de OA de educación primaria y otro grupo de OA de educación secundaria vinculados con la QV. A la vez, estos grupos de OA, fueron asociados a las asignaturas científicas escolares y fue posible reconocer cuáles de ellas presentaban mayor o menor vínculo con la QV.

Desde la perspectiva que los OA chilenos han sido contruidos desde un marco competencial, es decir, en ellos se observan habilidades, contenidos y actitudes, además fue posible identificar un cuerpo de contenidos conceptuales y otros contenidos de carácter transversal para el trabajo de la QV en la escuela.

El currículum chileno ofrece oportunidades para la integración de la Química Verde. De manera general, los hallazgos de estas tesis sitúan a la Química como la asignatura que presenta mayor cantidad de vínculos con la QV o como diría Anastas y Zimmerman (2018): “la Química Verde

es Química”. Igualmente se observa la presencia de la Biología, la Física y la Geología, aportan con contenidos que son de mucha riqueza para el trabajo de la QV en la escuela.

Profundizando en la relación de los contenidos por cada una de las asignaturas científicas escolares, en base al estudio del currículum, dentro de los contenidos que encuentran mayores vinculaciones, hay un grupo que hace referencia explícita a alguna medida que implica el cuidado del ambiente, pertenecientes a Biología, Física y Geología. Mientras que se observa otro grupo relacionados con la Química de naturaleza conceptual (Figura 2).

Por otra parte, hubo un tercer grupo de contenidos, de naturaleza transversal (Figura 2), que mostraron alta vinculación con la QV. En ellos es posible identificar la oportunidad que ofrece el currículum con respecto a la integración de la sostenibilidad y, por lo tanto, a la educación para la sostenibilidad (Kitchens et al., 2006).

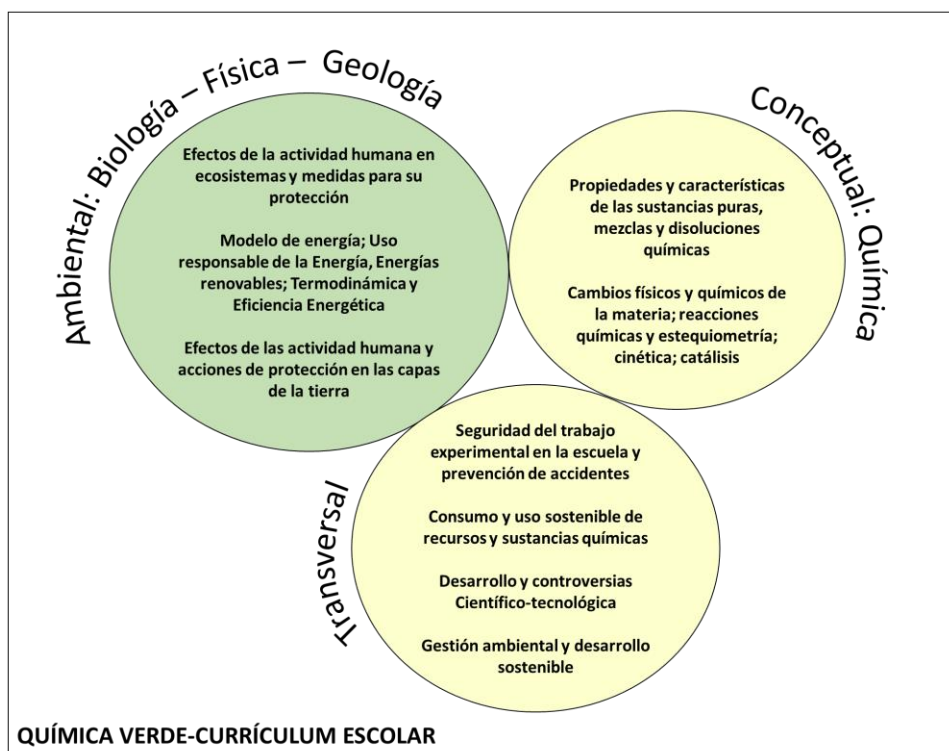


Figura 2. Contenidos del currículum chileno escolar de educación primaria y educación secundaria que muestran una mayor vinculación con la QV.

La literatura ha descrito la relación entre la QV y la Educación para la Sostenibilidad (Burmeister & Eilks, 2012, 2013; Chen et al., 2020; Zuin et al., 2021), particularmente a partir de la relación entre los contenidos teóricos y prácticos vinculados a la química. Además, se ha descrito cómo la QV necesita del diálogo disciplinar para la aplicación de sus principios, es decir, necesita de

la interdisciplinariedad para su comprensión a nivel de enseñanza. (Chen et al., 2020; Hadinugrahaningsih et al., 2017; Marcelino & Marques, 2023; Marques et al., 2020). Si bien esto se observa en los resultados de la investigación, son a la vez un desafío de la educación escolar.

Desde la particularidad del actual currículum escolar chileno, la implementación de la interdisciplinariedad es compleja y necesita de acuerdos de las comunidades educativas, pues no se encuentra intencionada desde una lectura del currículum escolar o promovida en las evaluaciones estandarizadas que regulan muchas decisiones al interior de la escuelas (Flórez & Oyarzún, 2016). En este sentido, no es posible responsabilizar a los/as maestros/as de la implementación de innovaciones como la QV, si las condiciones estructurales del sistema educativo y del currículum particularmente, son obstáculos explícitos a la hora de su incorporación. Esto se encuentra en línea con lo propuesto por Aubrecht et al.(2019), quienes recomendaron proponer que los objetivos de aprendizaje de las ciencias deberían abarcar una comprensión más holística de las interconexiones entre la química y los sistemas humanos y ambientales.

6.2 Selección de contenidos de la educación escolar para la integración de la Química Verde en el aula

El segundo estudio realizado en esta tesis, en relación con las percepciones de maestros/as e investigadores/as, aportó a la comprensión de maestros/as e investigadores/a sobre las ideas básicas de la QV escolar. Develó acuerdos y desacuerdos entre estos dos grupos con respecto a un grupo de OA del currículum chileno de ciencias vinculados con la QV, así como asignaturas escolares vinculadas a la QV y contenidos propios de las asignaturas científicas escolares de naturaleza disciplinar y transversal que facilitarían la integración de la QV en el aula escolar y que tensionan a la vez que complementan lo descrito en el análisis del currículum escolar.

Es posible plantear que, tanto en la aclaración de contenidos científicos, como en el estudio de las percepciones de maestros/as e investigadores, muestran que, dentro de las asignaturas científicas escolares, la Química es la con mayor presencia para la integración de la QV a nivel escolar. A la vez, la Biología escolar ocupa en segundo lugar en esta integración, seguida de la Física y luego de la Geología escolar.

Más allá de la cantidad de vinculaciones encontradas en las respuesta de maestros/as e investigadores/as para cada asignatura científica escolar y los contenidos que se identifican en ellas,

vale la pena retomar la discusión sobre la necesidad de reflexionar en torno a la enseñanza y aprendizaje de la Química escolar. Anastas y Zimmerman (2016), sugieren que la investigación en química “impulsada por la curiosidad” debe quedar en segundo lugar, pues es la hora que toda la comunidad científica, particularmente, la química, se centre en preservar la sociedad y el planeta para que las futuras generaciones puedan tener la oportunidad de desarrollar investigaciones impulsadas por la mera curiosidad. Ante esto, surge el cuestionamiento del caso de la Química a nivel escolar y cómo esta asignatura no puede soslayar desde edades tempranas, su responsabilidad en la comprensión de la complejidad de las problemáticas ambientales, de la promoción del cuidado ambiental y, de la necesidad de sensibilizar al estudiantado en cuánto a su participación activa, como ciudadanos/as en la esfera pública y en su vida personal.

El estudio de las percepciones de maestros/as e investigadores/as, al igual que el estudio del currículo, permitió identificar un cuerpo de contenidos, que fueron organizados en torno a tres dimensiones, que configuran un modelo de contenidos curriculares: (i) dimensión multidisciplinar (asignaturas curriculares de ciencias asociadas a la QV); (ii) dimensión intradisciplinar (contenidos disciplinares básicos asociados a la QV); y (iii) dimensiones interdisciplinarias (conceptos transversales asociados a la QV). En las conclusiones específicas del segundo estudio se presentó este modelo desde los resultados que emergieron de las respuestas de los dos grupos participantes, mientras que, en este apartado, se presenta la interconexión entre ambos hallazgos.

Dimensión multidisciplinar: asignaturas científicas	Dimensión intradisciplinar: Contenidos disciplinarios centrales	Dimensión interdisciplinar: Contenidos transversales
QUÍMICA	Propiedades y características de las sustancias puras, mezclas y disoluciones químicas Química Orgánica y reactividad; propiedades y formación de polímeros Cambios físicos y químicos de la materia; reacciones químicas y estequiometría: propiedades y características.	Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas
BIOLOGÍA	Efectos de la actividad humana en ecosistemas y medidas para su protección Cuerpo humano: salud y alimentación Organización de los seres vivos Energía y ecosistemas	Seguridad del trabajo experimental

FÍSICA	Modelo de Energía; uso responsable de la Energía y eficiencia energética	Controversias científicas-tecnológicas
GEOLOGÍA	Efectos de la actividad humana y acciones de protección en las capas de la tierra	

Tabla 1. Propuesta de modelo del contenidos curriculares para la QVE a partir de los estudios presentados en los Capítulos 3 y 4 de la tesis.

Las tres dimensiones propuestas se consideran primordiales para el trabajo de la QV en la escuela. Sin embargo, se pondrá énfasis en los contenidos transversales, descritos en la dimensión interdisciplinar, pues para esta tesis se consideran fundamentales para comprender la complejidad de los temas que se abordan en el marco de las problemáticas ambientales, por tanto, son relevantes para la viabilidad de la enseñanza de un tema de investigación de vanguardia (Stavrou et al., 2018) como la QV. Al mismo tiempo, se reconoce que la principal dificultad en el uso de este tipo de contenidos radica en la necesidad de generar condiciones para que propuestas como la QV (y otros temas de vanguardia), sean ampliamente conocidas y utilizadas por los/as maestros/as, y así lograr un grado de apropiación que les permita el diseño e implementación de secuencias didácticas que los incorporen. De acuerdo con Evagorou et al. (2020), los/as maestros/as deben sentirse cómodos al enseñar en medio de la incertidumbre y la complejidad que surgen al adoptar perspectivas que involucran más de una materia.

El modelo de contenidos curriculares propone tres dimensiones que facilitan la integración de la QV, en la educación primaria y secundaria, presentando una posibilidad de trabajo de la QV que no implica la reformulación de Objetivos de Aprendizaje o, de propósitos escolares descritos en los documentos curriculares. Sin embargo, esto no quiere decir que es necesario hacer una crítica a la actual articulación curricular, tal y como lo han expresado niños/as y jóvenes entre 11 a 18 años del Reino Unido, entrevistados durante el año 2021 (RCS, 2021), quienes piensan que el cambio climático y la sostenibilidad deberían ser prioridades en el plan de estudios de química, lo que muestra que no sólo es una tensión del caso chileno, sino que es extrapolable a otros países.

6.3 Orientaciones sobre el diseño de Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje que integran a la QV

El tercer estudio analizó el diseño de secuencias de enseñanza y aprendizaje (SEA) que incorporaron a la QV. Se estudiaron 6 SEA, de las cuales tres fueron de educación primaria y tres fueron de educación secundaria. Para realizar este estudio, se utilizaron tres estrategias: (i) se diseñó una rúbrica para la caracterización de las SEA; (ii) se aplicó una codificación que diera cuenta de los

principios de la QV presentes y; (iii) se aplicaron las categorías de Stavrou et al. (2018), que identifican adaptaciones realizadas a ciertos elementos de las SEA en función de las necesidades de los contextos donde se desempeñan los/as maestros/as.

Los resultados permitieron describir las 6 SEA analizadas, encontrándose 3 tipos de SEA:

1. SEA con alta presencia de la QV: se consideraron en esta clasificación aquellos diseños en los que la QV es el eje central para el diseño. Las secuencias consideran a la QV de manera transversal en todas las actividades y se observa cómo la QV se va articulando, a lo largo de toda la secuencia, desarrollando sus principios y propósitos en actividades que la consideran de forma progresiva.
2. SEA con mediana presencia de la QV: se consideraron en esta clasificación aquellos diseños en los que la QV se observa en la mayoría de las actividades de la secuencia, permitiendo describir un hilo conductor basado en aspectos asociados a la QV, pero no una articulación en función de ella, como en el caso de las SEA con alta presencia de la QV, pues se identifican actividades en las que no se observa la QV.
3. SEA con baja presencia de la QV: se consideraron en esta clasificación los diseños en los que se observa la QV en actividades puntuales. Presentan actividades o materiales relacionados con la QV, para ejemplificar o contextualizar otros contenidos. Son secuencias que desarrollan principios de la QV, pero desde una perspectiva procedimental.

De acuerdo con esta categorización, el diseño de SEA que incorporan a la QV se puede orientar de acuerdo con los siguientes criterios:

- a. La formulación de objetivos que integren a la QV se debe apreciar en todas sus actividades, de esta manera se asegura, desde el diseño, la presencia de la QV a lo largo de la secuencia.
- b. La selección de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales deben contemplar el desarrollo de la QV y/o de sus 12 principios. A la vez, se debe resguardar la coherencia entre los objetivos planteados y los contenidos seleccionados.
- c. Los contextos considerados en la SEA, deben estar insertos en un problema real o verosímil, cuyas soluciones incorporan a la QV. Al mismo tiempo, deben proponer una vinculación de los/as estudiantes con la actividad a nivel ambiental (principalmente), personal y social.

- d. Las SEA debe incorporar estrategias de evaluación formales e informales que levanten evidencias sobre los aprendizajes de los/as estudiantes en relación con la QV y que permitan tomar decisiones pedagógicas, en conjunto con los/as estudiantes en diferentes momentos de la SEA.
- e. Los contextos educativos en los que se diseñan las SEA, deben promover adecuaciones que consideren las características particulares de los/as estudiantes, lo que desarrollará una mayor apropiación de la QV.

Estos criterios plantean una ruta para el diseño de SEA sobre Química Verde y necesitan además que los/as maestros/os conozcan, con la mayor profundidad posible, los 12 principios de la QV, sus alcances y limitaciones en la educación escolar.

6.4 Presencia de los principios de la Química Verde en la educación escolar

Los tres estudios realizados en este tesis mostraron evidencias para discutir la presencia de todos los principios de la QV en la educación escolar.

En el estudio realizado al currículum, se evidenció la presencia de los 12 principios de la QV, pero con diferentes intensidades en cuanto a su presencia. En este caso los principios 7 “Uso de Materias primas”, 12 “Síntesis química más segura” y 10 “Diseño para la Degradación” fueron los principios con mayor cantidad de vinculaciones.

En el caso del estudio realizado a las respuestas de maestros/as e investigadores, se observaron vinculaciones curriculares en los 12 principios. Sin embargo, para los/as maestros/as los principios con mayor cantidad de vinculaciones fueron el principio 6 “Diseño para la eficiencia energética”, 1 “Prevención” y 5 “Disolventes auxiliares más seguros”. Para los/as investigadores/as los principios con mayor cantidad de vinculaciones fueron el principio 1 “Prevención”, principio 4 “Diseño de productos más seguros” y el principio 2 “Economía atómica”.

Al estudiar las Secuencias de enseñanza-aprendizaje (SEA) diseñadas por maestros/as, también se analizaron cuáles fueron los principios trabajados en estas SEA. Los diseños muestran la presencia de 10 de los 12 principios de la QV. El principio con mayor presencia es el principio 10 “Diseño para la degradación”, seguido del principio 7 “Uso de materias primas” y del del principio 1 “Prevención”.

Aun cuando no hay una tendencia absoluta en los resultados, se puede observar que en los 4 estudios que involucraron reconocer la presencia de los principios de la QV, predominan los

principios 1 “Prevención”, 7 “Uso de Materias primas” y 10 “Diseño para la degradación”. Estos principios podrían ser parte fundamental de la reconstrucción educativa de la QV, pues no sólo son los de mayor presencia, sino que adecuables y observables en el currículum. A pesar de que estos principios necesitan de una mirada interdisciplinaria para su integración a nivel escolar, pues su abordaje está acompañado de múltiples contenidos de naturaleza disciplinar, procedimental y actitudinal de las asignaturas del currículum escolar, los estudios realizados los relevan por sobre los otros.

El hecho de no considerar los otros 9 principios no quiere decir que estos no deban estar presentes en la reconstrucción educativa de la QV. Pero, implican un desafío de interpretación y adecuación que parecieran no necesitar los 3 principios de la QV antes mencionados.

La QV ha evolucionado desde la formulación de los 12 principios y han surgido múltiples investigaciones que desarrollan la enseñanza de la QV y la relación de la QV en la educación científica. En este sentido, Marcelino et al. (2023), proponen la posibilidad y necesidad de una didáctica específica para la enseñanza de la QV. Estos investigadores manifiestan que, así como la QV se orienta a la consecución de objetivos innovadores y complejos, incorporando el medio ambiente en la definición de su objeto de estudio, se esperaría que diera lugar a una educación innovadora y particularmente específica en sus propósitos y métodos.

No obstante, todas las evidencias descritas en esta tesis, la QV no ha encontrado un lugar formal en los currículos escolares, particularmente en el caso chileno. Se ha mostrado cómo la QV favorece la promoción de la Educación para la sostenibilidad, facilita el desarrollo del pensamiento sistémico, crítico y de diseño, propone cambios en las actividades experimentales o de laboratorio desde la premisa de sus 12 principios, propone diálogos disciplinares, favorece la conciencia ambiental y la formación de ciudadanos/as responsables con el ambiente. Esto, no hace más que reforzar que, es necesario que tanto los maestros/as de educación primaria como educación secundaria adquieran conocimientos y una comprensión de la QV en la formación inicial y continua. A la vez que continúe el desarrollo de investigaciones que desarrolle propuestas concretas para el tránsito de la QV a la escuela.

6.5 Implicaciones y continuidad de la investigación: limitaciones y retos

Para finalizar esta tesis, se considera relevante proponer la continuidad de la investigación realizada y/o la profundización de esta en los tres estudios llevados a cabo: la aclaración de contenido científico de la QV, el estudio de la percepción de maestros/as e investigadores y de secuencias de enseñanza-aprendizaje que integren la QV. Esto, desde la primicia de la comprensión cíclica del modelo de reconstrucción educativa.

En este sentido, el paso natural es estudiar las implementaciones de las secuencias de enseñanza aprendizaje con los grupos de estudiantes que participaron en ellas, más allá de las reflexiones de los/as maestros/as con respecto a sus diseños, que, si bien aportaron con la riqueza de sus experiencias al diseñar e implementar, no nos permite analizar qué ocurrió en las salas de clases al momento de poner en marcha los diseños realizados. En este sentido, otro de los desafíos se observa en el acompañamiento que se necesitaría para que cada maestros/as a la vez que implementa las SEA que ha diseñado, pueda reflexionar y tomar decisiones pedagógicas a luz del levantamiento de información que realiza con cada actividad que ha planteado, permitiendo tener evidencias de los aprendizajes que se observan en los/as estudiante de manera individual y grupal.

A pesar de que la reconstrucción educativa tiene características contextuales, es decir, plantea visiones constructivistas de la enseñanza-aprendizaje, que implica que los/as maestros/as son conscientes de que los/as estudiantes interpretan todo lo que se les presenta desde sus perspectivas privadas, incorporando nuevos temas científicos en contextos que tengan sentido para ellos/as (Duit et al., 2012; Stavrou et al., 2018), se espera que la consolidación de la reconstrucción educativa para la QV, responda a un proceso que se articule con el estudio de otros currículums escolares, otros grupos de maestros/as tanto de Chile como de otros países y más investigadores/as que aporten desde su experiencia a este proceso.

Por otra parte, la reciente instalación de la química sostenible como campo de estudio, plantea el desafío de repensar un nuevo proceso de reconstrucción educativa, centrado en ella, pues la incorporación de aspectos sociales, ambientales, científicos y económicos en su formulación es un reto para proponer un nuevo estudio que la coloque en el centro de una reconstrucción educativa.

REFERENCIAS

- Alaña, T., Lenny, C., & Sotomayor, J. (2017). Desarrollo sostenible y evolución de la legislación ambiental en las MIPYMES del Ecuador. *Universidad & Sociedad*, 9(1), 226.
<http://rus.ecf.edu.cu>
- Anastas, P., & Zimmerman, J. (2018). The United Nations sustainability goals: How can sustainable chemistry contribute? In *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry* (Vol. 13, pp. 150–153). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.04.017>
- Anastas, P., & Eghbali, N. (2010). Green Chemistry: Principles and Practice. *Chem. Soc. Rev.*, 39(1), 301–312. <https://doi.org/10.1039/B918763B>
- Anastas, P., & Kirchhoff, M. (2002). Origins, current status, and future challenges of green chemistry. *Accounts of Chemical Research*, 35(9), 686–694.
<https://doi.org/10.1021/ar010065m>
- Anastas, P., & Warner, J. (1998). *Green chemistry: theory and practice*. Oxford University Press.
- Anastas, P., & Williamson, T. (1996). Green Chemistry: An Overview. In *Green Chemistry: Design Chemistry for the Environment*. American Chemical Society.
<https://ci.nii.ac.jp/naid/10014851819/>
- Anastas, P., Han, B., Leitner, W., & Poliakoff, M. (2016). “Happy silver anniversary”: Green Chemistry at 25. *Green Chem.*, 18(1), 12–13. <https://doi.org/10.1039/C5GC90067K>
- Andrade, R., & Zuin, V. (2021). A Experimentação na Educação em Química Verde: uma Análise de Propostas Didáticas Desenvolvidas por Licenciandos em Química de uma IES Federal Paulista. In *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* (p. e25960).
<https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2021u13171338>
- Andrews, J. E., Brimblecombe, P., Jickells, T. D., Liss, P. S., & Reid, B. (2004). *An Introduction to Environmental Chemistry SECOND EDITION*. School of Environmental Sciences University of East Anglia United Kingdom. <https://doi.org/ISBN 0-632-05905-2>
- Armstrong, L. B., Rivas, M. C., Douskey, M. C., & Baranger, A. M. (2018). Teaching students the complexity of green chemistry and assessing growth in attitudes and understanding. In *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry* (Vol. 13, pp. 61–67).
<https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.04.003>
- Aubrecht, K. B., Bourgeois, M., Brush, E. J., Mackellar, J., & Wissinger, J. E. (2019). Integrating Green Chemistry in the Curriculum: Building Student Skills in Systems Thinking, Safety, and Sustainability. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2872–2880.
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00354>

- Aubrecht, K. B., Dori, Y. J., Holme, T. A., Lavi, R., Matlin, S. A., Orgill, M., & Skaza-Acosta, H. (2019). Graphical Tools for Conceptualizing Systems Thinking in Chemistry Education. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2888–2900.
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00314>
- Badami, B. V. (2008). Concept of green chemistry. *Resonance*, 13(11), 1041–1048.
<https://doi.org/10.1007/s12045-008-0124-8>
- Bardin, L. (2002). *Análisis de contenido* (3ra ed.). Akal S.A.
- Berríos-Villarroel, A., Orellana-Fernández, R., & Bastías-Bastías, L. S. (2021). Desarrollo sostenible y currículo chileno de enseñanza secundaria: ¿Qué proponen los programas escolares? *Revista Electrónica Educare*, 25(1), 1–23.
- Bettencourt, L. M. A., & Kaur, J. (2011). Evolution and structure of sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(49), 19540–19545. <https://doi.org/10.1073/pnas.1102712108>
- Bianchi, G., Pisiotis, U., Cabrera, M., Punie, Y., & Bacigalupo, M. (2022). The European sustainability competence framework. In Publications Office of the European Union.
<https://doi.org/10.2760/13286>
- Blum, C., Bunke, D., Hungsberg, M., Roelofs, E., Joas, A., Joas, R., Blepp, M., & Stolzenberg, H. C. (2017). The concept of sustainable chemistry: Key drivers for the transition towards sustainable development. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 5, 94–104.
<https://doi.org/10.1016/j.scp.2017.01.001>
- Bonil, J., Junyent, M., & Pujol, R. M. (2010). Educación para la sostenibilidad desde la perspectiva de la complejidad. *Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien*, 7, 198–215.
<http://www.redalyc.org/pdf/920/920130090005.pdf>
- Bourdieu, P. (1997). *Méditations Pascaliennes*. In Éditions du Seuil.
- Burmeister, M., & Eilks, I. (2013). Using Participatory Action Research to Develop a Course Module on Education for Sustainable Development in Pre-Service Chemistry Teacher Education. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 3(1), 59–78.
<https://doi.org/10.26529/cepsj.251>
- Burmeister, M., & Eilks, I. (2012). An example of learning about plastics and their evaluation as a contribution to Education for Sustainable Development in secondary school chemistry teaching. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(2), 93–102.
<https://doi.org/10.1039/c1rp90067f>

- Burmeister, M., Rauch, F., & Eilks, I. (2012). Education for Sustainable Development (ESD) and chemistry education. *Chem. Educ. Res. Pract*, 13, 59–68.
<https://doi.org/10.1039/c1rp90060a>
- Bybee, R. W. (1991). Planet Earth in Crisis: How Should Science Educators Respond? *The American Biology Teacher*, 53(3), 146–153.
<https://doi.org/https://doi.org/10.2307/4449248>
- Cannon, A. S., & Warner, J. C. (2009). K-12 outreach and science literacy through green chemistry. *ACS Symposium Series*, 1011, 167–185. <https://doi.org/10.1021/bk-2009-1011.ch012>
- Cebrián, G., & Junyent, M. (2014). Competencias profesionales en Educación para la Sostenibilidad: un estudio exploratorio de la visión de futuros maestros. *Enseñanza de Las Ciencias*, 32(1), 29–49. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.877>
- Chem, G. (2018). The Green ChemisTREE: 20 years after taking root with the 12 principles. *Green Chemistry*, 20(9), 1929–1961. <https://doi.org/10.1039/c8gc00482j>
- Chen, M., Jeronen, E., & Wang, A. (2020). What lies behind teaching and learning green chemistry to promote sustainability education? A literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(21), 1–24.
<https://doi.org/10.3390/ijerph17217876>
- Chevallard, Y. (1989). ON DIDACTIC TRANSPOSITION THEORY: SOME INTRODUCTORY NOTES. In *Proceedings of The International Symposium on Selected Domains of Research and Development in Mathematics Education*.
- Cisterna Cabrera, F. (2005). Categorización Y Triangulación Como Procesos De Validación Del Conocimiento En Investigación Cualitativa Categorization and. *Theoria*, 14(1), 61–71.
- Clark, W. C. (2007). Sustainability Science: A room of its own. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(6), 1737–1738. <https://doi.org/10.1073/pnas.0611291104>
- Cohen, L., Lawrence, M., & Morrison, K. (2018). *Research Methods in Education*. In Routledge (8th Editio). <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2017). *Research Methods in Education*. In *Research Methods in Education*. <https://doi.org/10.4324/9781315456539>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research methods in education*. In Routledge (Sexta Edic). <https://doi.org/10.1080/19415257.2011.643130>
- Cooper, M. M. (2020). The Crosscutting Concepts: Critical Component or “third Wheel” of

- Three-Dimensional Learning? *Journal of Chemical Education*, 97(4), 903–909.
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b01134>
- Culler, N. (2000). Apuntes para un cuidado más responsable del medio ambiente (p. 423). CIQyP. <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=34188&indexSearch=ID>
- De Goes, L. F., Leal, S. H., Corio, P., & Fernandez, C. (2013). Aspectos do conhecimento pedagógico do conteúdo de química verde em professores universitários de química. *Educacion Quimica*, 24, 113–123. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(13\)72504-7](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(13)72504-7)
- de Marco, B. A., Rechelo, B. S., Tótolli, E. G., Kogawa, A. C., & Salgado, H. R. N. (2019). Evolution of green chemistry and its multidimensional impacts: A review. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 27(1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2018.07.011>
- Delgado, J. M., & Gutiérrez, J. (2007). Métodos y cualitativas de investigación en Ciencias Sociales. In *Síntesis* (4ta Edición).
- Díaz Herrera, C. (2018). Investigación cualitativa y análisis de contenido temático . Orientación intelectual de revista *Universum*. *Revista General de Información y Documentación*, 28(1), 119–142. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5209/RGID.60813>
- Dominguez-Gómez, A. (2022). La modernización del análisis de contenido . Ejemplos de aplicación en evaluación socioambiental. *New Trends Qualitative Research*, 14, 1–11.
- Doria Serrano, M. del C. (2009). Química verde: un nuevo enfoque para el cuidado del medio ambiente. *Educación Química*, 20(4), 412–420. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(18\)30044-2](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(18)30044-2)
- Dubois, A. (2002). Un Concepto De Desarrollo Para El Siglo Xxi. *Revista Asuntos Económicos y Administrativos*, 8. [https://www.institutodeestudiosglobales.org/resources/Un concepto de desarrollo para el siglo 21..pdf](https://www.institutodeestudiosglobales.org/resources/Un%20concepto%20de%20desarrollo%20para%20el%20siglo%2021..pdf)
- Duit, R, Gropengießer, H., Kattmann, K., Komorek, M., & Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – A Framework for Improving Teaching and Learning Science. In D. Jorde & J. Dillon (Eds.), *Science Education Research and Practice in Europe: Restorative and Prospective* (Issue December, pp. 13–38). https://doi.org/10.1007/978-94-6091-900-8_2
- Duit, R. (2007). Eurasia Journal of Mathematics, Science and technology Education. In T. Bag, Hüseyin (Pamukkale Universitesi (Ed.), *Science Education Research Internationally*:

- Conceptions, Research Methods, Domains of Research (Vol. 3, Issue 1, pp. 3–15).
- Duit, R. (2006). LA INVESTIGACIÓN SOBRE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS La mirada de los especialistas. Autor invitado. 11, 741–770.
- Duit, R., Komorek, M., & Wilbers, J. (1997). Studies on Educational Reconstruction of Chaos Theory. In *Research in Science Education* (Vol. 27, Issue 3).
- Durlak, J. A., Weissberg, R. P., Dymnicki, A. B., Taylor, R. D., & Schellinger, K. B. (2011). The Impact of Enhancing Students' Social and Emotional Learning: A Meta-Analysis of School-Based Universal Interventions. *Child Development*, 82(1), 405–432.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01564.x>
- Eilks, I. (2015). Science education and education for sustainable development - justifications, models, practices and perspectives. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(1), 149–158. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1313a>
- Eilks, I., & Linkwitz, M. (2022). Greening the chemistry curriculum as a contribution to education for sustainable development: When and how to start? *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 37, 100662. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2022.100662>
- Eilks, I., & Zuin, V. G. (2018). Editorial Overview: Green and Sustainable Chemistry Education (GSCE): Lessons to be learnt for a safer, healthier and fairer world today and tomorrow. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 13, A4–A6.
<https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.08.007>
- Etzkorn, F. A., & Ferguson, J. L. (2023). Integrating Green Chemistry into Chemistry Education. *Angewandte Chemie - International Edition*, 62(2).
<https://doi.org/10.1002/anie.202209768>
- Evagorou M., Nielsen J. A. and Dillon J., (2020), *Science Teacher Education for Responsible Citizenship: Towards a Pedagogy for Relevance through Socioscientific Issues* (Vol. 52), Springer Nature.
- Falcone, P. M., & Hiete, M. (2019). Exploring green and sustainable chemistry in the context of sustainability transition: The role of visions and policy. In *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2019.08.002>
- Ferrés-Gurt, C. (2017). El reto de plantear preguntas científicas investigables. *Revista Eureka*, 14(2), 410–426. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i2.09
- Flick, U. (2007). *Designning Qualitative Research*. In Sage.
- Flórez Petour, M. T. (2015). Systems, ideologies and history: a three-dimensional absence in the

- study of assessment reform processes. *Assessment in Education: Principles, Policy and Practice*, 22(1), 3–26. <https://doi.org/10.1080/0969594X.2014.943153>
- Flórez, T., & Oyarzún, G. (2016). Resultados SIMCE y Plan de Evaluaciones 2016-2020: Nudos críticos y perspectivas de cambio. *Cuaderno de Educación*, 73, 1–11.
- Franco, R., & Ordoñez, L. (2020). El enfoque de química verde en la investigación en didáctica de las ciencias experimentales. Su abordaje en revistas iberoamericanas: 2002-2018. *Educación Química*, 31(1), 84. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.1.70414>
- Giraud, R. J., Williams, P. A., Sehgal, A., Ponnusamy, E., Phillips, A. K., & Manley, J. B. (2014). Implementing green chemistry in chemical manufacturing: A survey report. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 2(10), 2237–2242. <https://doi.org/10.1021/sc500427d>
- Glaser, B. (2012). *Stop, Write: B Writing Grounded Theory*. Sociology Press.
- Glaser, B. G., & Strauss, A. L. (2017). *Discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. Routledge.
- González-García, P. J., Marbà-Tallada, A., & Espinet, M. (2023). A model of curricular content for the educational reconstruction of Green Chemistry: the voice of Chilean science teachers and science education. *Chemistry Education Research and Practice*. <https://doi.org/10.1039/d3rp00063j>
- Goodson, I. (1995). Historia del curriculum. La construcción social de las disciplinas escolares. In Pomares-Corredor. Open University. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2016.06.005>
- Grieger, K., Hill, B., & Leontyev, A. (2022). Exploring curriculum adoption of green and sustainable chemistry in undergraduate organic chemistry courses: results from a national survey in the United States. *Green Chemistry*, 15, 8770–8782. <https://doi.org/10.1039/d2gc02999e>
- Hadinugrahaningsih, T., Rahmawati, Y., & Ridwan, A. (2017). Developing 21st century skills in chemistry classrooms: Opportunities and challenges of STEAM integration. *AIP Conference Proceedings*, 1868(030008). <https://doi.org/10.1063/1.4995107>
- Harreveld, B., Danaher, M., Lawson, C., Knight, B. A., & Busch, G. (2016). *Constructing Methodology for Qualitative Research. Researching Education and Social Practices*. Springer Nature. <https://doi.org/DOI 10.1057/978-1-137-59943-8>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación (Sexta Edic)*. McGRAW-HILL.

- Hidalgo, L. (2006). Confiabilidad y validez en el contexto de la investigación y evaluación cualitativa. *Paradigma*, 27, 07–33.
- Horváth, I. T. (2018). Introduction: Sustainable Chemistry. *Chemical Reviews*, 118(2), 369–371. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.7b00721>
- Izquierdo, M. (2005). Hacia una teoría de los contenidos escolares. *Enseñanza de Las Ciencias*, 23(1), 111–122. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3861>
- J. Chem. Educ. (2018). Journal of Chemical Education Call for Papers - Special Issue on Reimagining Chemistry Education: Systems Thinking, and Green and Sustainable Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 95(10), 1689–1691. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00764> Copyright © 2018 American Chemical Society and Division of Chemical Education, Inc.
- Jegstad, K. M., & Sinnes, A. T. (2015). Chemistry Teaching for the Future : A model for secondary chemistry education for sustainable development. *International Journal of Science Education*, 37(4), 655–683. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.1003988>
- Kajikawa, Y. (2008). Research core and framework of sustainability science. *Sustainability Science*, 3(2), 215–239. <https://doi.org/10.1007/s11625-008-0053-1>
- Kajikawa, Y., Tacoma, F., & Yamaguchi, K. (2014a). Sustainability science: the changing landscape of sustainability research. *Sustainability Science*, 9(4), 431–438. <https://doi.org/10.1007/s11625-014-0244-x>
- Karpudewan, M., Ismail, Z., & Roth, W. M. (2012). Ensuring sustainability of tomorrow through green chemistry integrated with sustainable development concepts (SDCs). *Chemistry Education Research and Practice*, 13(2), 120–127. <https://doi.org/10.1039/c1rp90066h>
- Kates, R., Clark, W., Corell, R., Hall, M., Jaenger, C., Lowe, I., McCarthy, J., Schellnhuber, H., Bolin, B., Dickson, N., Faucheux, S., Gallopin, G., Arnulf, G., Huntley, B., Jäger, J., Jodha, N., Kaspersen, R., Mabogunje, A., Matson, P., ... Svedin, U. (2001). Sustainability Science. *Science*, 292(5517), 641–642.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., & Komorek, M. (1996). Educational Reconstruction – Bringing Together Issues of Scientific Clarification and Students’ Conceptions. Annual Meeting of the National Association of Research in Science Teaching (NARST), 1992, 19.
- Kitchens, C., Charney, R., Naistat, D., Farrugia, J., Clarens, A., O’Neil, A., Lisowski, C., & Braun, B. (2006). Completing our education. Green chemistry in the curriculum. *Journal of Chemical Education*, 83(8). <https://doi.org/10.1021/ed083p1126>

- Kläy, A., Zimmermann, A. B., & Schneider, F. (2015). Rethinking science for sustainable development: Reflexive interaction for a paradigm transformation. *Futures*.
<https://doi.org/10.1016/j.futures.2014.10.012>
- Komiyama, H., & Takeuchi, K. (2006). Sustainability science: building a new discipline. *Sustainability Science*, 1(1), 1–6. <https://doi.org/10.1007/s11625-006-0007-4>
- Krippendorff, K. (2019). Content Analysis. In Sage (4th Editio).
- Krippendorff, K., & Bock, M. A. (2009). The content analysis reader. Sage Publications.
- Krippendorff, K. (1990). Metodología de análisis de contenido : teoría y práctica. Paidós.
- Labrada, R., & Álvarez, I. (2020). El objeto y el campo en la investigación científica. *Innovación Tecnología*, 26(4). url:
<http://portal.amelica.org/ameli/%0AjatsRepo/442/4422456009/index.html%0D>
- Lang, D. J., Wiek, A., Bergmann, M., Stauffacher, M., Martens, P., Moll, P., Swilling, M., & Thomas, C. J. (2012). Transdisciplinary research in sustainability science: Practice, principles, and challenges. *Sustainability Science*, 7(SUPPL. 1), 25–43.
<https://doi.org/10.1007/s11625-011-0149-x>
- Lasker, G. A., Mellor, K. E., Mullins, M. L., Nesmith, S. M., & Simcox, N. J. (2017). Social and Environmental Justice in the Chemistry Classroom. *Journal of Chemical Education*, 94(8), 983–987. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00968>
- Linthorst, J. A. (2010). An overview: Origins and development of green chemistry. *Foundations of Chemistry*, 12(1), 55–68. <https://doi.org/10.1007/s10698-009-9079-4>
- Lubchenco, J. (1998). ASSOCIATION AFFAIRS - Entering the Century of the Environment: A New Social Contract for Science. *Science*, 279(5350), 491. <http://science.sciencemag.org/>
- Luffiego, M., & Rabadán, J. (2000). La evolución del concepto de sostenibilidad y su introducción en la enseñanza. *Enseñanza de Las Ciencias*, 18(3), 473–486.
- Machado, A. (2015). Holistic Green Chemistry Metrics for Use in Teaching Laboratories. In V. G. Zuin & L. Mammino (Eds.), *Worldwide Trends in Green Chemistry Education* (pp. 111–136). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/9781782621942-00111>
- Machado, A. (2010). O Desastre de Bhopal no Contexto da Química Verde, A Sua Causa Última: Um Retrocesso. *Química* 118, Jul/Set, 41–48.
- MacKellar, J. J., Constable, D. J. C., Kirchhoff, M. M., Hutchison, J. E., & Beckman, E. (2020). Toward a Green and Sustainable Chemistry Education Road Map. *Journal of Chemical Education*, 97(8), 2104–2113. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00288>

- MacQueen, K. M., McLellan, E., Kay, K., & Milstein, B. (1998). Codebook development for team-based qualitative analysis. *Cam Journal*, 10(2), 31–36.
- Mahaffy, P. G., Krief, A., Hopf, H., Mehta, G., & Matlin, S. A. (2018). Reorienting chemistry education through systems thinking. *Nature Reviews Chemistry*, 2(4), 1–3.
<https://doi.org/10.1038/s41570-018-0126>
- Mahaffy, P. G., Matlin, S. A., Whalen, J. M., & Holme, T. A. (2019). Integrating the Molecular Basis of Sustainability into General Chemistry through Systems Thinking. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2730–2741. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00390>
- Mahnkopf, B., & Elmar, A. (2017). El planeta limitado y la globalización del 1%. Nueva Sociedad, 271. www.nuso.org
- Manahan, S. (2000). Environmental chemistry. *Environmental Chemistry*, 8th ed, 743.
[http://www.chemistry.uoc.gr/courses/xhm405/01 Environmental Chemistry Manahan.pdf](http://www.chemistry.uoc.gr/courses/xhm405/01%20Environmental%20Chemistry%20Manahan.pdf)
- Marcelino, L. A., & Marques, C. (2023). A pesquisa em Ensino de Química Verde: temas e tipologias de estudos. *Amazônia: Revista de Educação Em Ciências e Matemáticas*, 19(42), 232–254. <https://doi.org/doi:http://dx.doi.org/10.18542/amazrecm.v19i42.14563>.
- Marcelino, L., Dias, E. D. S., Rüntzel, P. L., Milli, J. C. L., Santos, J. S., Souza, L. C. A. B., & Marques, C. (2023). Didactic Features Specific to Green Chemistry Teaching in the Journal of Chemical Education. *Journal of Chemical Education*, 100, 2529–2538.
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c01091>
- Marcelino, L. V., Pinto, A. L., & Marques, C. A. (2020). Intellectual authorities and hubs of Green Chemistry. *Transinformacao*, 32(e200031). <https://doi.org/10.1590/2318-0889202032E200031>
- Marcelino, L. V., Pinto, A. L., & Marques, C. A. (2020). Scientific specialties in Green Chemistry. *Iberoamerican Journal of Science Measurement and Communication*, 1(1), 005.
<https://doi.org/10.47909/ijsmc.06>
- Marchán-Carvajal, I., & Sanmarti, N. (2015). Criterios para el diseño de unidades didácticas contextualizadas: aplicación al aprendizaje de un modelo teórico para la estructura atómica. *Educación Química*, 26, 267–274.
- Marques, C., & Machado, A. (2014). Environmental Sustainability: Implications and limitations to Green Chemistry. *Foundations of Chemistry*, 16(2), 125–147.
<https://doi.org/10.1007/s10698-013-9189-x>
- Marques, C., Marcelino, L. V., Dias, É. D. S., Rüntzel, P. L., Souza, L. C. A. B., & Machado, A.

- (2020). Green chemistry teaching for sustainability in papers published by the journal of chemical education. *Quimica Nova*, 43(10), 1510–1521. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170612>
- Martín Gámez, C., Prieto Ruz, T., & Jiménez López, M. (2015). Tendencias del profesorado de ciencias en formación inicial sobre las estrategias metodológicas en la enseñanza de las ciencias. Estudio de un caso en Málaga. *Enseñanza de Las Ciencias*, 33(1), 167–184. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1500>
- Meadows, D. H., Randers, J., & Meadows, D. L. (2016). Los límites del crecimiento 30 años después. *Galaxia Gutenberg*. Sachs.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., & Randers, J. (1992). Más allá de los límites del crecimiento. El País-Aguilar.
- Mestres, R. (2013). Química Sostenible: Naturaleza, fines y ámbito. *Educación Química*, 24, 103–112. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(13\)72503-5](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(13)72503-5)
- Miller, J. L., Wentzel, M. T., Clark, J. H., & Hurst, G. A. (2019). Green Machine: A Card Game Introducing Students to Systems Thinking in Green Chemistry by Strategizing the Creation of a Recycling Plant. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 3006–3013. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00278>
- Ministerio de Educación de Chile. (2019). Bases Curriculares 3o y 4o medio. In *Unidad de Currículum y Evaluación* (pp. 1–372). https://www.curriculumnacional.cl/614/articles-91414_bases.pdf
- Ministerio de Educación de Chile. (2018). Bases Curriculares Primero a Sexto. https://www.curriculumnacional.cl/614/articles-22394_bases.pdf
- Ministerio de Educación de Chile. (2015). Bases Curriculares 7° básico a 2° Medio.
- Ministerio del Medio Ambiente, C. (2020). Marco regulatorio internacional y nacional sobre el manejo de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.
- Mitarlis, Ibnu, S., Rahayu, S., & Sutrisno. (2017). Environmental literacy with green chemistry oriented in 21st century learning. *AIP Conference Proceedings*, 1911. <https://doi.org/10.1063/1.5016013>
- Moraga, S., Espinet, M., & Merino, C. (2019). El contexto en la enseñanza de la química: Análisis de secuencias de enseñanza y aprendizaje diseñadas por profesores de ciencias de secundaria en formación inicial. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 16(1), 1604. <https://doi.org/10.25267/Rev>

- Mucchielli, A. (2001). Dictionnaire des méthodes qualitatives en sciences humaines - | Armand Colin (Síntesis).
- Nahlik, P., Kempf, L., Giese, J., Kojak, E., & Daubenmire, P. L. (2023). Developing green chemistry educational principles by exploring the pedagogical content knowledge of secondary and pre-secondary school teachers. *Chemistry Education Research and Practice*, 24(1), 283–298. <https://doi.org/10.1039/d2rp00229a>
- National Research Council [NRC]. (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. In *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>
- Neumayer, E. (2013). Weak versus Strong Sustainability. <https://doi.org/10.4337/9781781007082>
- Nilsen, H. R., & Gilje, N. (2010). From weak to strong sustainable development. An analysis of Norwegian economic policy tools in mitigating climate change. In *Graduate school of business: Vol. Ph.D.* www.hhb.no
- Norton, B. G. (1995). Evaluating ecosystem states: Two competing paradigms. *Ecological Economics*, 14(2), 113–127. [https://doi.org/10.1016/0921-8009\(95\)00024-4](https://doi.org/10.1016/0921-8009(95)00024-4)
- O'Neill, P. (2008). *Environmental Chemistry*. In Blackie Academic & Professional (Third edit).
- OCDE. (2005). The definition and selection of key Competencies. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444>
- Olivé, L. (2011). Interdisciplina y transdisciplina desde la filosofía. *Ludus Vitalis*, XIX, 251–256. http://www.ludusvitalis.org/textos/35/35_31_olive.pdf
- Ortega-Bastidas, J. (2020). ¿Cómo saturamos los datos? Una propuesta analítica “desde” y “para” la investigación cualitativa. *Interciencia*, 45(6), 293–299.
- Osandón, L., Caro, M., Magendzo, A., Lavín, S., González, F., & Cabaluz, J. (2018). Estado, mercado y curriculum escolar: la experiencia chilena (1964-2018). OEI-Unesco.
- Pérez-Torres, M., Couso, D., & Márquez, C. (2021). ¿Cómo diseñar un buen proyecto STEM? Identificación de tensiones en la co-construcción de una rúbrica para su mejora. *Revista Eureka*, 18(1), 617–627. <https://doi.org/10.25267/Rev>
- Rauch, F. (2015). Education for Sustainable Development and chemistry education. In *Worldwide trends in green chemistry education* (pp. 16–26). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/c1rp90060a>

- Raven, P. (2002). Science, Sustainability, and the human prospect. *Science*, 297(5583).
- Rice, R. E., Madison, J., & Kauffman, G. B. (1997). WILLIAM DRAPER HARKINS: AN EARLY ENVIRONMENTAL CHEMIST IN MONTANA (1900-1912). In *Bulletin for the History of Chemistry* (Vol. 20). http://acshist.scs.illinois.edu/bulletin_open_access/num20/num20p60-67.pdf
- Roberts, K., Dowell, A., & Nie, J. B. (2019). Attempting rigour and replicability in thematic analysis of qualitative research data; A case study of codebook development. *BMC Medical Research Methodology*, 19(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12874-019-0707-y>
- Rodrigo, A. (2015). El desafío del desarrollo sostenible. Los principios de Derecho internacional relativos al desarrollo sostenible. FUNDACIÓN PRIVADA CENTRO DE ESTUDIOS INTERNACIONALES. Marcial Pons. <https://www.marcialpons.es/media/pdf/9788416402311.pdf>
- Royal Society of Chemistry [RCS], (2021), Green shoots: A sustainable chemistry curriculum for a sustainable planet, Priorities for chemistry education on sustainability and climate change identified by young people and educators, Cambridge, London. Available at: www.rsc.org/new-perspectives.
- Ruiz, J. (2009). Metodología de la investigación cualitativa.pdf (4° Edición). Universidad de Deusto.
- Sandelowski, M. (1995). Focus on Qualitative Methods Sample Size in Qualitative. 179–183.
- Sandelowski, M. (1995b). Focus on Qualitative Methods Sample Size in Qualitative Research. In *Research in Nursing & Health* (Vol. 18).
- Sanmartí, N. (2000). El diseño de Unidades Didácticas. In *Didáctica de las ciencias experimentales* (pp. 239–265). Editorial Marfil.
- Sanmartí, N. (2010). Avaluar per aprendre. L'avaluació per millorar els aprenentatges de l'alumnat en el marc del currículum per competències Neus. Departament d'Educació., 36.
- Sanmartí, N., & Márquez, C. (2012). Enseñar a plantear preguntas investigables. *Alambique*, 70, 27–36.
- Saquete, K. C. (2015). Química verde no ensino superior de química: estudo de caso sobre as práticas vigentes em uma IES paulista. In *Universidade Federal de São Carlos. Universidade Federal de São Carlos*.
- Savec, V. F., & Mlinarec, K. (2021). Experimental work in science education from green chemistry perspectives: A systematic literature review using prisma. *Sustainability*

- (Switzerland), 13(23). <https://doi.org/10.3390/su132312977>
- Schneider, F., Giger, M., Harari, N., Moser, S., Oberlack, C., Providoli, I., Schmid, L., Tribaldos, T., & Zimmermann, A. (2019). Transdisciplinary co-production of knowledge and sustainability transformations: Three generic mechanisms of impact generation. In *Environmental Science and Policy* (Vol. 102, pp. 26–35). <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.08.017>
- Schultz, M., Lai, J., Ferguson, J. P., & Delaney, S. (2021). Topics Amenable to a Systems Thinking Approach: Secondary and Tertiary Perspectives. *Journal of Chemical Education*, 98(10), 3100–3109. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00203>
- Scott, W., & Gough, S. (2003). *Sustainable development and learning : framing the issues*. RoutledgeFalmer.
- Sjöström, J., & Talanquer, V. (2018). Eco-reflexive chemical thinking and action. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 13, 16–20. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.02.012>
- Stake, R. (1998). Investigación con estudio de casos. In *Ediciones Morata* (Cuarta).
- Stavrou, D., Michailidi, E., & Sgouros, G. (2018). Development and dissemination of a teaching learning sequence on nanoscience and nanotechnology in a context of communities of learners. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(4), 1065–1080. <https://doi.org/10.1039/c8rp00088c>
- Stobart, G. (2018). Developing feedback for student learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 25(6), 686–688. <https://doi.org/10.1080/0969594x.2018.1511518>
- Stobart, G. (2010). *Tiempos de pruebas. Los usos y abusos de la evaluación*. Morata. <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>
- Stock, P., & Burton, R. J. F. (2011). Defining terms for integrated (multi-inter-trans-disciplinary) sustainability research. *Sustainability*, 3(8), 1090–1113. <https://doi.org/10.3390/su3081090>
- Tang, S. Y., Bourne, R. A., Smith, R. L., & Poliakoff, M. (2008). The 24 Principles of Green Engineering and Green Chemistry: “IMPROVEMENTS PRODUCTIVELY.” *Green Chemistry*, 10(3), 268–269. <https://doi.org/10.1039/B719469M>
- Taylor, S. ., & Bogdan, R. (2000). *Introducción a los métodos cualitativos (3ª)*. Paidós.
- Torney-purta, J., Lehmann, R., Oswald, H., & Schuiz, W. (2001). *Citizenship and Education in 28 Countries* (Issue 10).

- Török, B., & Dransfield, T. (2018). Green Chemistry: Historical Perspectives and Basic Concepts. In *Green Chemistry: An Inclusive Approach* (pp. 3–16). el. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809270-5.00001-7>
- Ull, M. A., Martínez Agut, M. P., Piñero, A., & Aznar Minguet, P. (2010). Análisis de la introducción de la sostenibilidad en la enseñanza superior en Europa: compromisos y propuestas curriculares. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 7(Extraordinario), 413–432. <http://www.redalyc.org/pdf/920/92013009020.pdf>
- UNESCO. (2017). Education for Sustainable Development. Learning objectives: Vol. Volume-2 (Issue Issue-1). <https://doi.org/10.31142/ijtsrd5889>
- UNESCO. (2016). Action for climate empowerment. Guidelines for accelerating solutions through education, training and public awareness (Issue October).
- United Nations General Assembly. (2015). Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. In United Nations. <https://doi.org/10.1163/15718093-12341375>
- Van Loon, G. W., & Duffy, S. J. (2010). Environmental Chemistry: A global perspective. <https://doi.org/10.1016/j.jcrysgr.2010.11.055>
- Van Maanen, J. (1998). *Qualitative Studies of Organizations*.
- Van Wyk, J. P. H. (2011). Biowaste as a resource for bioproduct development. *Environmental Earth Sciences*, 19(5), 875–883. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-95991-5-82>
- Verret, M. (1975). *Le temps des etudes* (Paris, Librarie Honore Champion). La transposición didáctica: Historia de un concepto. <https://www.parislibrairies.fr/livre/3600120114860-le-temps-des-etudes-michel-verret/>
- Vilches, A., & Pérez, D. G. (2015). Ciencia de la Sostenibilidad: ¿Una nueva disciplina o un nuevo enfoque para todas las disciplinas? *Revista Iberoamericana de Educación*, 69(1), 39–60.
- Vilches, A., & Gil-Pérez, D. (2014). Ciencia de la Sostenibilidad. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 11(3), 436–438. <http://www.redalyc.org/pdf/920/92031829001.pdf>
- Vilches, A., & Pérez, D. G. (2013). Ciencia de la sostenibilidad: Un nuevo campo de conocimientos al que la química y la educación química están contribuyendo / Sustainability Science: A New Knowledge Domain to which Chemistry and Chemistry Education are contributing - v24n2a4.pdf. *Educacion Quimica*, 24(2), 199–206. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(13\)72463-7](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(13)72463-7)
- Vilches, A., & Gil Pérez, D. (2012). La educación para la sostenibilidad en la Universidad: el reto

- de la formación del profesorado. Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado, 16(2), 25–43. <http://www.redalyc.org/pdf/567/56724395003.pdf>
- Walker, D., & Myrick, F. (2006). Grounded theory: An exploration of process and procedure. In Qualitative Health Research (Vol. 16, Issue 4, pp. 547–559). <https://doi.org/10.1177/1049732305285972>
- Zimmerman, J. B., Anastas, P. T., Erythropel, H. C., & Leitner, W. (2020). Designing for a green chemistry future. Science, 367(6476), 397–400. <https://doi.org/DOI:10.1126/science.aay3060>
- Zuin, V., Eilks, I., Elschami, M., & Kümmeler, K. (2021). Education in green chemistry and in sustainable chemistry: perspectives towards sustainability. Green Chemistry, 23, 1594–1608. <https://doi.org/10.1039/d0gc03313h>
- Zuin, V., Segatto, M. L., Zandonai, D. P., Grosseli, G. M., Stahl, A., Zanotti, K., & Andrade, R. S. (2019). Integrating Green and Sustainable Chemistry into Undergraduate Teaching Laboratories: Closing and Assessing the Loop on the Basis of a Citrus Biorefinery Approach for the Biocircular Economy in Brazil. Journal of Chemical Education, 96(12), 2975–2983. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00286>
- Zuin, V., & Mammino, L. (2015). Worldwide Trends in Green Chemistry Education. In V. Zuin & L. Mammino (Eds.), RCS. Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/9781782621942-00076>

ANEXOS

Índice de contenidos Anexos

ANEXOS	323
ANEXOS CAPÍTULO 3	323
3.1 Objetivos de Aprendizaje identificados en el análisis del currículum	323
3.2 Ejemplos de vinculación para cada uno de los principios de la QV (Principio-Código-Ejemplos de OA).....	327
3.3 Ejemplo de vinculación para la relación Asignatura-Código-Objetivo de aprendizaje	330
ANEXOS CAPÍTULO 4	333
4.1 Detalles del contexto en el que se desarrolla la investigación con maestros/as.....	333
4.2 Frecuencia de cada uno de los Objetivos de Aprendizaje identificados en las respuestas de los/as maestros/as	342
4.3 Frecuencia de cada uno de los Objetivos de Aprendizaje identificados en las respuestas de los/as investigadores/as	352
ANEXOS CAPÍTULO 5	367
5.1 Trabajos finales, que incluyen las SEA y las reflexiones	367
5.1.1 SEA 1: Inclusión de la Química Verde en la Educación. Una mirada desde el currículum nacional	367
5.1.2 SEA 2: Propuesta didáctica Química Verde: El desecho de aceite doméstico, como materia prima: Al rescate de los océanos	404
5.1.3 SEA 3: Propuesta didáctica de vinculación curricular en octavo año básico con principios de Química Verde. Energía y Eficiencia Energética	431
5.1.4 SEA 4: Diplomado Química Verde. Química Orgánica y biodegradabilidad.....	453
5.1.5 SEA 5: Propuesta Didáctica Vinculada A La Química Verde En La Unidad De Óxido – Reducción	482
5.1.6 SEA 6: Propuesta Didáctica Vinculación Curricular de la Química Verde con la Especialidad Técnico Profesional: Química Industrial con mención en Laboratorio Químico.....	525

ANEXOS

ANEXOS CAPÍTULO 3

3.1 Objetivos de Aprendizaje identificados en el análisis del currículum

Nivel	Objetivos de Aprendizaje identificados en el análisis del currículum
1° Primaria	OA1 (EP.1.CV): Describir, dar ejemplos y practicar hábitos de vida saludable para mantener el cuerpo sano y prevenir enfermedades (actividad física, aseo del cuerpo, lavado de alimentos y alimentación saludable, entre otros).
	OA8 (EP.1.CFQ): Explorar y describir los diferentes tipos de materiales en diversos objetos, clasificándolos según sus propiedades (goma-flexible, plástico-impermeable) e identificando su uso en la vida cotidiana.
	OA9 (EP.1.CFQ): Observar y describir los cambios que se producen en los materiales al aplicarles fuerza, luz, calor y agua.
	OA10 (EP.1.CFQ): Diseñar instrumentos tecnológicos simples, considerando diversos materiales y sus propiedades para resolver problemas cotidianos.
2° Primaria	OA5 (EP.2.CV): Observar e identificar algunos animales nativos que se encuentran en peligro de extinción, así como el deterioro de su hábitat, proponiendo medidas para protegerlos.
	OA6 (EP.2.CV): Identificar y comunicar los efectos de la actividad humana sobre los animales y su hábitat.
	OA10 (EP.2.CFQ): Identificar y comparar, por medio de la exploración, los estados sólido, líquido y gaseoso del agua.
	OA11 (EP.2.CTU): Describir el ciclo del agua en la naturaleza, reconociendo que el agua es un recurso preciado y proponiendo acciones cotidianas para su cuidado.
3° Primaria	OA1 (EP.3.CV): Observar y describir, por medio de la investigación experimental, las necesidades de las plantas y su relación con la raíz, el tallo y las hojas.
	OA3 (EP.3.CV): Observar y describir algunos cambios de las plantas con flor durante su ciclo de vida (germinación, crecimiento, reproducción, formación de la flor y del fruto), reconociendo la importancia de la polinización y de la dispersión de la semilla.
	OA4 (EP.3.CV): Describir la importancia de las plantas para los seres vivos, el ser humano y el medioambiente (por ejemplo: alimentación, aire para respirar, productos derivados, ornamentación, uso medicinal), proponiendo y comunicando medidas de cuidado.
	OA5 (EP.3.CFQ): Explicar la importancia de usar adecuadamente los recursos, proponiendo acciones y construyendo instrumentos tecnológicos para reutilizarlos, reducirlos y reciclarlos en la casa y en la escuela.
	OA6 (EP.3.CV): Clasificar los alimentos, distinguiendo sus efectos sobre la salud, y proponer hábitos alimenticios saludables.
	OA8 (EP.3.CFQ): Distinguir fuentes naturales y artificiales de luz, como el Sol, las ampolletas y el fuego, entre otras.
4° Primaria	OA1 (EP.4.CV): Reconocer, por medio de la exploración, que un ecosistema está compuesto por elementos vivos (animales, plantas, etc.) y no vivos (piedras, agua, tierra, etc.) que interactúan entre sí.
	OA4 (EP.4.CV): Analizar los efectos de la actividad humana en ecosistemas de Chile, proponiendo medidas para protegerlos (parques nacionales y vedas, entre otras).
	OA9 (EP.4.CFQ): Demostrar, por medio de la investigación experimental, que la materia tiene masa y ocupa espacio, usando materiales del entorno.

	OA11 (EP.4.CFQ): Medir la masa, el volumen y la temperatura de la materia (en estados sólido, líquido y gaseoso), utilizando instrumentos y unidades de medida apropiados.
5° Primaria	OA6 (EP.5.CV): Investigar en diversas fuentes y comunicar los efectos nocivos que produce el cigarrillo (humo del tabaco) en los sistemas respiratorio y circulatorio.
	OA7 (EP.5.CV): Investigar e identificar algunos microorganismos beneficiosos y dañinos para la salud (bacterias, virus y hongos), y proponer medidas de cuidado e higiene del cuerpo
	OA8 (EP.5.CFQ): Reconocer los cambios que experimenta la energía eléctrica al pasar de una forma a otra (eléctrica a calórica, sonora, lumínica, etc.) e investigar los principales aportes de científicos en su estudio a lo largo del tiempo.
	OA10 (EP.5.CFQ): Observar y distinguir, por medio de la investigación experimental, los materiales conductores (cobre y aluminio) y aisladores (plásticos y goma) de electricidad, relacionándolos con la manipulación segura de artefactos tecnológicos y circuitos eléctricos domiciliarios.
	OA11 (EP.5.CFQ) Explicar la importancia de la energía eléctrica en la vida cotidiana y proponer medidas para promover su ahorro y su uso responsable.
	OA12 (EP.5.CTU): Describir la distribución del agua dulce y salada en la Tierra, considerando océanos, glaciares, ríos y lagos, aguas subterráneas, nubes, vapor de agua, etc., y comparar sus volúmenes, reconociendo la escasez relativa de agua dulce.
	OA13 (EP.5.CTU): Analizar y describir las características de los océanos y lagos: variación de temperatura, luminosidad y presión en relación con la profundidad, diversidad de flora y fauna, movimiento de las aguas, como olas, mareas, corrientes (El Niño y Humboldt)
	OA14 (EP.5.CTU): Investigar y explicar efectos positivos y negativos de la actividad humana en océanos, lagos, ríos, glaciares, entre otros, proponiendo acciones de protección de las reservas hídricas en Chile y comunicando sus resultados
6° Primaria	OA1 (EP.6.CV): Explicar, a partir de una investigación experimental, los requerimientos de agua, dióxido de carbono y energía lumínica para la producción de azúcar y la liberación de oxígeno en la fotosíntesis, comunicando sus resultados y los aportes de científicos en este campo a lo largo del tiempo.
	OA3 (EP.6.CV): Analizar los efectos de la actividad humana sobre las redes alimentarias.
	OA8 (EP.6.CFQ): Explicar que la energía es necesaria para que los objetos cambien y los seres vivos realicen sus procesos vitales, y que la mayoría de los recursos energéticos proviene directa o indirectamente del Sol, dando ejemplos de ello.
	OA9 (EP.6.CFQ): Investigar en forma experimental la transformación de la energía de una forma a otra, dando ejemplos y comunicando sus conclusiones.
	OA10 (EP.6.CFQ): Demostrar, por medio de la investigación experimental, que el calor fluye de un objeto caliente a uno frío hasta que ambos alcanzan la misma temperatura.
	OA11 (EP.6.CFQ): Clasificar los recursos naturales energéticos en no renovables y renovables y proponer medidas para el uso responsable de la energía.
	OA12 (EP.6.CFQ): Explicar, a partir de modelos, que la materia está formada por partículas en movimiento en sus estados sólido, líquido y gaseoso.
	OA13 (EP.6.CFQ): Demostrar, mediante la investigación experimental, los cambios de estado de la materia, como fusión, evaporación, ebullición, condensación, solidificación y sublimación.
	OA14 (EP.6.CFQ): Diferenciar entre calor y temperatura, considerando que el calor es una forma de energía y la temperatura es la medida de lo caliente de un objeto.

	OA15 (EP.6.CFQ): Medir e interpretar la información obtenida al calentar y enfriar el agua, considerando las transformaciones de un estado a otro. OA16 (EP.6.CTU): Describir las características de las capas de la Tierra (atmósfera, litósfera e hidrósfera) que posibilitan el desarrollo de la vida y proveen recursos para el ser humano, y proponer medidas de protección de dichas capas. OA17 (EP.6.CTU): Investigar experimentalmente la formación del suelo, sus propiedades (como color, textura y capacidad de retención de agua) y la importancia de protegerlo de la contaminación, comunicando sus resultados. OA18 (EP.6.CTU): Explicar las consecuencias de la erosión sobre la superficie de la Tierra, identificando los agentes que la provocan, como el viento, el agua y las actividades humanas.
7° Primaria	OA6 (EP.7.B): Investigar y explicar el rol de microorganismos (bacterias y hongos) en la biotecnología, como en la: • Descontaminación ambiental. • Producción de alimentos y fármacos. • Obtención del cobre. • Generación de metano. OA13 (EP.7.Q): Investigar experimentalmente y explicar el comportamiento de gases ideales en situaciones cotidianas, considerando: • Factores como presión, volumen y temperatura. • Las leyes que los modelan. • La teoría cinético-molecular. OA14 (EP.7.Q): Investigar experimentalmente y explicar la clasificación de la materia en sustancias puras y mezclas (homogéneas y heterogéneas), los procedimientos de separación de mezclas (decantación, filtración, tamizado y destilación), considerando su aplicación industrial en la metalurgia, la minería y el tratamiento de aguas servidas, entre otros. OA15 (EP.7.Q): Investigar experimentalmente los cambios de la materia y argumentar con evidencia empírica que estos pueden ser físicos o químicos.
8° Primaria	OA4 (EP.8.B): Crear modelos que expliquen que las plantas tienen estructuras especializadas para responder a estímulos del medioambiente, similares a las del cuerpo humano, considerando los procesos de transporte de sustancia e intercambio de gases. OA6 (EP.8.B): Investigar experimentalmente y explicar las características de los nutrientes (carbohidratos, proteínas, grasas, vitaminas, minerales y agua) en los alimentos y sus efectos para la salud humana. OA9 (EP.8.F): Investigar, explicar y evaluar las tecnologías que permiten la generación de energía eléctrica, como ocurre en pilas o baterías, en paneles fotovoltaicos y en generadores (eólicos, hidroeléctricos o nucleares, entre otros). OA10 (EP.8.F): Analizar un circuito eléctrico domiciliario y comparar experimentalmente los circuitos eléctricos, en serie y en paralelo, en relación con la: • Energía eléctrica. • Diferencia de potencial. • Intensidad de corriente. • Potencia eléctrica. • Resistencia eléctrica. • Eficiencia energética. OA11 (EP.8.F): Desarrollar modelos e investigaciones experimentales que expliquen el calor como un proceso de transferencia de energía térmica entre dos o más cuerpos que están a diferentes temperaturas, o entre una fuente térmica y un objeto, considerando: • Las formas en que se propaga (conducción, convección y radiación). • Los efectos que produce (cambio de temperatura, deformación y cambio de estado, entre otros). • La cantidad de calor cedida y absorbida en un proceso térmico. • Objetos tecnológicos que protegen de altas o bajas temperaturas a seres vivos y objetos. • Su diferencia con la temperatura (a nivel de sus partículas). • Mediciones de temperatura, usando termómetro y variadas escalas, como Celsius, Kelvin y Fahrenheit, entre otras.

	OA12 (EP.8.Q): Investigar y analizar cómo ha evolucionado el conocimiento de la constitución de la materia, considerando los aportes y las evidencias de: • La teoría atómica de Dalton. • Los modelos atómicos desarrollados por Thomson, Rutherford y Bohr, entre otros. OA13 (EP.8.Q): Desarrollar modelos que expliquen que la materia está constituida por átomos que interactúan, generando diversas partículas y sustancias. OA14 (EP.8.Q): Usar la tabla periódica como un modelo para predecir las propiedades relativas de los elementos químicos basándose en los patrones de sus átomos, considerando: • El número atómico. • La masa atómica. • La conductividad eléctrica. • La conductividad térmica. • El brillo. • Los enlaces que se pueden formar.
1° Secundaria	OA5 (ES.1.B): Analizar e interpretar los factores que afectan el tamaño de las poblaciones (propagación de enfermedades, disponibilidad de energía y de recursos alimentarios, sequías, entre otros) y predecir posibles consecuencias sobre el ecosistema. OA6 (ES.1.B): Desarrollar modelos que expliquen: • El ciclo del carbono, el nitrógeno, el agua y el fósforo, y su importancia biológica. • Los flujos de energía en un ecosistema (redes y pirámides tróficas). • La trayectoria de contaminantes y su bioacumulación. OA7 (ES.1.B): Explicar, por medio de una investigación, el rol de la fotosíntesis y la respiración celular en el ecosistema considerando: • El flujo de la energía. • El ciclo de la materia. OA8 (ES.1.B): Explicar y evaluar los efectos de acciones humanas (conservación ambiental, cultivos, forestación y deforestación, entre otras) y de fenómenos naturales (sequías, erupciones volcánicas, entre otras) en relación con: • El equilibrio de los ecosistemas. • La disponibilidad de recursos naturales renovables y no renovables. • Las posibles medidas para un desarrollo sustentable. OA17 (ES.1.Q): Investigar experimentalmente y explicar, usando evidencias, que la fermentación, la combustión provocada por un motor y un calefactor, y la oxidación de metales, entre otras, son reacciones químicas presentes en la vida diaria, considerando: • La producción de gas, la formación de precipitados, el cambio de temperatura, color y olor, y la emisión de luz, entre otros. • La influencia de la cantidad de sustancia, la temperatura, el volumen y la presión en ellas. • Su representación simbólica en ecuaciones químicas. • Su impacto en los seres vivos y el entorno. OA18 (ES.1.Q): Desarrollar un modelo que describa cómo el número total de átomos no varía en una reacción química y cómo la masa se conserva aplicando la ley de la conservación de la materia. OA19 (ES.1.Q): Explicar la formación de compuestos binarios y ternarios, considerando las fuerzas eléctricas entre partículas y la nomenclatura inorgánica correspondiente. OA20 (ES.1.Q): Establecer relaciones cuantitativas entre reactantes y productos en reacciones químicas (estequiometría) y explicar la formación de compuestos útiles para los seres vivos, como la formación de la glucosa en la fotosíntesis.
2° Secundaria	OA 4 (ES.2.B): Investigar y explicar las aplicaciones que han surgido a raíz de la manipulación genética para generar alimentos, detergentes, vestuario, fármacos u otras, y evaluar sus implicancias éticas y sociales. OA15 (ES.2.Q): Explicar, por medio de modelos y la experimentación, las propiedades de las soluciones en ejemplos cercanos, considerando: • El estado físico (sólido, líquido y gaseoso). • Sus componentes (solute y solvente). • La cantidad de soluto disuelto (concentración).

	OA16 (ES.2.Q): Planificar y conducir una investigación experimental para proveer evidencias que expliquen las propiedades coligativas de las soluciones y su importancia en procesos cotidianos (la mantención de frutas y mermeladas en conserva) e industriales (aditivos en el agua de radiadores). OA17 (ES.2.Q): Crear modelos del carbono y explicar sus propiedades como base para la formación de moléculas útiles para los seres vivos (biomoléculas presentes en la célula) y el entorno (hidrocarburos como petróleo y sus derivados). OA18 (ES.2.Q): Desarrollar modelos que expliquen la estereoquímica e isomería de compuestos orgánicos como la glucosa, identificando sus propiedades y su utilidad para los seres vivos.
3° y 4° Secundaria	OA1 (ES.3-4.BS): Analizar, sobre la base de la investigación, factores biológicos, ambientales y sociales que influyen en la salud humana (como la nutrición, el consumo de alimentos transgénicos, la actividad física, el estrés, el consumo de alcohol y drogas, y la exposición a rayos UV, plaguicidas, patógenos y elementos contaminantes, entre otros). OA1 (ES.3-4.SPA): Investigar sustancias químicas de uso cotidiano en el hogar y el trabajo (medicamentos, detergentes y plaguicidas, entre otros), analizando su composición, reactividad, riesgos potenciales y medidas de seguridad asociadas (manipulación, almacenaje y eliminación) OA2 (ES.3-4.SPA): Diseñar, evaluar y mejorar soluciones que permitan reducir las amenazas existentes en el hogar y en el mundo del trabajo (en sistemas eléctricos y de calefacción, y exposición a radiaciones, entre otros) para disminuir posibles riesgos en el bienestar de las personas y el cuidado del ambiente OA1 (ES.3-4.AS): Investigar el ciclo de vida de productos de uso cotidiano y proponer, basados en evidencia, estrategias de consumo sostenible para prevenir y mitigar impactos ambientales. OA2 (ES.3-4.AS): Diseñar proyectos locales, basados en evidencia científica, para la protección y utilización sostenible de recursos naturales de Chile, considerando eficiencia energética, reducción de emisiones, tratamiento de recursos hídricos, conservación de ecosistemas o gestión de residuos, entre otros. OA3 (ES.3-4.AS): Modelar los efectos del cambio climático en diversos ecosistemas y sus componentes biológicos, físicos y químicos, y evaluar posibles soluciones para su mitigación. OA1 (ES.3-4.TS): Diseñar proyectos tecnológicos que permitan resolver problemas personales y/o locales de diversos ámbitos de la vida (como vivienda y transporte, entre otros) OA3 (ES.3-4.TS): Evaluar alcances y limitaciones de la tecnología y sus aplicaciones, argumentando riesgos y beneficios desde una perspectiva de salud, ética, social, económica y ambiental.

3.2 Ejemplos de vinculación para cada uno de los principios de la QV (Principio-Código-Ejemplos de OA)

Categoría	Códigos	Ejemplos de OA identificados
Principio 1: Es mejor prevenir la formación de residuos que limpiarlos una vez formados.	Prevención-Mitigación: Se categorizan todas aquellas referencias donde se explicita la necesidad de prevenir y mitigar daños ambientales proveniente de la acción humana	OA3 (EP.6.CV): Analizar los efectos de la actividad humana sobre las redes alimentarias.

Principio 2: Los métodos sintéticos deben diseñarse para maximizar la incorporación en el producto final de todos los materiales usados en el proceso.	Características del producto final: Se categorizan todas aquellas referencias que permiten comprender cuantitativamente que los cambios químicos deben considerar las características de los productos finales y su impacto en el ambiente y la salud humana	OA20 (ES.1.Q): Establecer relaciones cuantitativas entre reactantes y productos en reacciones químicas (estequiometría) y explicar la formación de compuestos útiles para los seres vivos, como la formación de la glucosa en la fotosíntesis.
Principio 3: Siempre que sea posible, deben diseñarse metodologías sintéticas que usen y generen sustancias que no sean tóxicas para la salud y el medio ambiente.	Toxicidad: Se categorizan todas las referencias que permiten comprender y evaluar la toxicidad de diferentes sustancias y su impacto para el ambiente y la salud humana	OA18 (EP.6.CTU): Explicar las consecuencias de la erosión sobre la superficie de la Tierra, identificando los agentes que la provocan, como el viento, el agua y las actividades humanas.
Principio 4: Los productos químicos deben diseñarse para mantener la eficacia de su función, pero reduciendo la toxicidad.	Productos seguros: Se categorizan todas las referencias que permiten identificar sustancias peligrosas para el ambiente y la salud humana y medidas para reemplazarlas o mitigar sus efectos.	OA14 (EP.5.CTU): Investigar y explicar efectos positivos y negativos de la actividad humana en océanos, lagos, ríos, glaciares, entre otros, proponiendo acciones de protección de las reservas hídricas en Chile y comunicando sus resultados
Principio 5: El uso de sustancias auxiliares (por ejemplo, disolventes, agentes de separación, entre otros) debería ser innecesario en la medida de lo posible e inocuo cuando sean necesarios.	Disolventes: Se categorizan todas las referencias que permiten comprender que los disolventes son sustancias que tienen impactos en el ambiente y la salud humana.	OA14 (EP.7.Q): Investigar experimentalmente y explicar la clasificación de la materia en sustancias puras y mezclas (homogéneas y heterogéneas), los procedimientos de separación de mezclas (decantación, filtración, tamizado y destilación), considerando su aplicación industrial en la metalurgia, la minería y el tratamiento de aguas servidas, entre otros.
Principio 6: Los requerimientos energéticos deben tomarse en cuenta y ser minimizados, debido a su impacto medioambiental y económico. Los métodos sintéticos deben realizarse a temperatura ambiente cuando sea posible.	Uso responsable de la energía: Se categorizan todas las referencias que describen el consumo energético de diferentes procesos y su impacto en el ambiente promoviendo su uso responsable.	OA11 (EP.6.CFQ): Clasificar los recursos naturales energéticos en no renovables y renovables y proponer medidas para el uso responsable de la energía.
Principio 7: Las materias primas deben ser renovables, cuando técnica y económicamente sea posible.	Recursos y materias primas: Se categorizan todas las referencias que describen las características y posibles usos de los recursos y materias primas renovables	OA5 (EP.3.CFQ): Explicar la importancia de usar adecuadamente los recursos, proponiendo acciones y construyendo instrumentos tecnológicos para reutilizarlos, reducirlos y reciclarlos en la casa y en la escuela.
Principio 8: Debe evitarse el uso y generación de	Pasos o fases de un proceso químico: Se categorizan todas	OA1 (ES.3-4.AS): Investigar el ciclo de vida de productos de uso cotidiano y

derivados (grupos bloqueantes, protección/desprotección, modificación temporal de las condiciones físicas/químicas) cuando sea posible.	aquellas referencias que describen como el reducir pasos o fases en un proceso químico previenen impactos ambientales	proponer, basados en evidencia, estrategias de consumo sostenible para prevenir y mitigar impactos ambientales.
Principio 9: Los reactivos catalíticos (tan selectivos como sea posible) son mejores que los reactivos estequiométricos.	Función de catalizadores: Se categorizan las referencias que describen el funcionamiento, uso y/o relevancias de los catalizadores	OA17 (ES.1.Q): Investigar experimentalmente y explicar, usando evidencias, que la fermentación, la combustión provocada por un motor y un calefactor, la oxidación de metales y la catálisis, son reacciones químicas presentes en la vida diaria, considerando: La influencia de la cantidad de sustancia, la temperatura, el volumen y la presión en ellas. • Su representación simbólica en ecuaciones químicas. • Su impacto en los seres vivos y el entorno.
Principio 10: Los productos químicos deben diseñarse de manera que su función no persista en el medio ambiente y puedan degradarse a productos inocuos.	Degradación: Se categorizan las referencias que describen la persistencia de sustancias en el ambiente y el impacto de ellas en el ambiente y la salud humana	OA6 (ES.1.B): Desarrollar modelos que expliquen: • El ciclo del carbono, el nitrógeno, el agua y el fósforo, y su importancia biológica. • Los flujos de energía en un ecosistema (redes y pirámides tróficas). • La trayectoria de contaminantes y su bioacumulación.
Principio 11: Necesidad de desarrollo de metodologías analíticas que permitan analizar, monitorear y controlar previamente a la formación de sustancias peligrosas.	Monitoreo de procesos químicos: Se categorizan todas las referencias que evalúan los impactos inmediatos en el ambiente y la salud humana de sustancias químicas	OA4 (EP.4.CV): Analizar los efectos de la actividad humana en ecosistemas de Chile, proponiendo medidas para protegerlos (parques nacionales y vedas, entre otras).
Principio 12: Deben escogerse las sustancias y la forma de una sustancia utilizada en un proceso químico de manera que se minimice el potencial de accidentes químicos, incluyendo escapes, explosiones e incendios.	Protocolos de seguridad: Se categorizan las referencias que proponen medidas y acciones que disminuyan los riesgos asociados al uso de sustancias químicas	OA2 (ES.3-4.SPA): Diseñar, evaluar y mejorar soluciones que permitan reducir las amenazas existentes en el hogar y en el mundo del trabajo (en sistemas eléctricos y de calefacción, y exposición a radiaciones, entre otros) para disminuir posibles riesgos en el bienestar de las personas y el cuidado del ambiente

3.3 Ejemplo de vinculación para la relación Asignatura-Código-Objetivo de aprendizaje

Categoría	Código	OA
Biología (B)	Cuerpo Humano y Salud: Relación e interrelación de los sistemas del cuerpo humano y factores que puedan afectar al funcionamiento del cuerpo	OA6 (EP.3.CV): Clasificar los alimentos, distinguiendo sus efectos sobre la salud, y proponer hábitos alimenticios saludables.
	Ecosistemas Actividad Humana: Efectos de la actividad humana en ecosistemas y medidas para su protección	OA4 (EP.4.CV): Analizar los efectos de la actividad humana en ecosistemas de Chile, proponiendo medidas para protegerlos (parques nacionales y vedas, entre otras).
	Energía y Ecosistemas: Flujo y procesamiento de energía en los sistemas biológicos y los efectos de sustancias externas	OA7 (ES.1.B): Explicar, por medio de una investigación, el rol de la fotosíntesis y la respiración celular en el ecosistema considerando: • El flujo de la energía. • El ciclo de la materia.
	Organización de los seres vivos: Estructuras, jerarquías y sistemas biológicos: características, propiedades e interacciones y los efectos que pueden sufrir por la acción humana	OA4 (EP.8.B): Crear modelos que expliquen que las plantas tienen estructuras especializadas para responder a estímulos del medioambiente, similares a las del cuerpo humano, considerando los procesos de transporte de sustancia e intercambio de gases.
Física (F)	Energía: Modelo de energía; Uso responsable de la Energía, Energías renovables; Termodinámica y Eficiencia Energética	OA10 (EP.8.F): Analizar un circuito eléctrico domiciliario y comparar experimentalmente los circuitos eléctricos, en serie y en paralelo, en relación con la: • Energía eléctrica. • Diferencia de potencial. • Intensidad de corriente. • Potencia eléctrica. • Resistencia eléctrica. • Eficiencia energética.
	Recursos: Recursos naturales renovables y no renovables y recursos energéticos que no tengan efectos en el ambiente	OA5 (EP.3.CFQ): Explicar la importancia de usar adecuadamente los recursos, proponiendo acciones y construyendo instrumentos tecnológicos para reutilizarlos, reducirlos y reciclarlos en la casa y en la escuela.
Geología (G)	Capas de la tierra: Características de las capas de la tierra y desarrollo de la vida para comprender dónde actúan las sustancias químicas producto de la acción humana	OA16 (EP.6.CTU): Describir las características de las capas de la Tierra (atmósfera, litósfera e hidrósfera) que posibilitan el desarrollo de la vida y proveen recursos para el ser humano
	Capas de la tierra Actividad humana: Efectos de las actividad humana y acciones de protección en las capas de la tierra	OA14 (EP.5.CTU): Investigar y explicar efectos positivos y negativos de la actividad humana en océanos, lagos, ríos, glaciares, entre otros, proponiendo acciones de protección de las reservas

		hídricas en Chile y comunicando sus resultados
	Ciclos Biogeoquímicos: Interacción/es cíclicas de distintos elementos químicos y sus reservorios en el planeta y los efectos y consecuencias de la acción humana en ellos	OA6 (ES.1.B): Desarrollar modelos que expliquen: • El ciclo del carbono, el nitrógeno, el agua y el fósforo, y su importancia biológica. • Los flujos de energía en un ecosistema (redes y pirámides tróficas). • La trayectoria de contaminantes y su bioacumulación.
Química (Q)	Bioquímica: química de procesos biológicos y biomoléculas útiles para los seres vivos y el entorno	OA17 (ES.2.Q): Crear modelos del carbono y explicar sus propiedades como base para la formación de moléculas útiles para los seres vivos (biomoléculas presentes en la célula) y el entorno (hidrocarburos como petróleo y sus derivados).
	Cambios fisicoquímicos: Cambios físicos y químicos de la materia; reacciones químicas y estequiometría: propiedades y características y factores que afectan la cinética de las reacciones químicas; Reacciones que incluyan catálisis, vinculadas con acciones de prevención sintética.	OA20 (ES.1.Q): Establecer relaciones cuantitativas entre reactantes y productos en reacciones químicas (estequiometría) y explicar la formación de compuestos útiles para los seres vivos, como la formación de la glucosa en la fotosíntesis.
	Estados de la materia: Propiedades y estados de la materia; cambios de estado necesarios para comprender los principios de la QV	OA9 (EP.4.CFQ): Demostrar, por medio de la investigación experimental, que la materia tiene masa y ocupa espacio, usando materiales del entorno.
	Industria química: Procesos y efectos en la sociedad y el ambiente de la industria química	OA14 (EP.7.Q): Investigar experimentalmente y explicar la clasificación de la materia en sustancias puras y mezclas (homogéneas y heterogéneas), los procedimientos de separación de mezclas (decantación, filtración, tamizado y destilación), considerando su aplicación industrial en la metalurgia, la minería y el tratamiento de aguas servidas, entre otros.
	Materiales: Propiedades y tipos de materiales y la selección para la prevención de efectos en el ambiente	OA10 (EP.1.CFQ): Diseñar instrumentos tecnológicos simples, considerando diversos materiales y sus propiedades para resolver problemas cotidianos.
	Modelo atómico-molecular: Modelo atómico-molecular; Enlace químico y fuerzas intermoleculares, necesarios para comprender los principios de la QV	OA13 (EP.8.Q): Desarrollar modelos que expliquen que la materia está constituida por átomos que interactúan, generando diversas partículas y sustancias.
	Química Orgánica: Química Orgánica y reactividad; Propiedades y formación de polímeros para el diseño y aplicación	OA18 (ES.2.Q): Desarrollar modelos que expliquen la estereoquímica e isomería de compuestos orgánicos como la

	de proceso que no tengan efecto en el entorno	glucosa, identificando sus propiedades y su utilidad para los seres vivos.
	Sustancias: Propiedades y características de las sustancias puras, mezclas y disoluciones químicas, que no tengan efecto en el ambiente	OA16 (ES.2.Q): Planificar y conducir una investigación experimental para proveer evidencias que expliquen las propiedades coligativas de las soluciones y su importancia en procesos cotidianos (la mantención de frutas y mermeladas en conserva) e industriales (aditivos en el agua de radiadores).
Transversales (Tr)	Ambiente y sostenibilidad: Relación entre el desarrollo sostenible y la gestión ambiental	OA2 (ES.3-4.AS): Diseñar proyectos locales, basados en evidencia científica, para la protección y utilización sostenible de recursos naturales de Chile, considerando eficiencia energética, reducción de emisiones, tratamiento de recursos hídricos, conservación de ecosistemas o gestión de residuos, entre otros.
	Controversias: Desarrollo y controversias Científico-tecnológica relacionadas con el uso y consumo de sustancias químicas y acciones de prevención	OA2 (ES.3-4.SPA): Diseñar, evaluar y mejorar soluciones que permitan reducir las amenazas existentes en el hogar y en el mundo del trabajo (en sistemas eléctricos y de calefacción, y exposición a radiaciones, entre otros) para disminuir posibles riesgos en el bienestar de las personas y el cuidado del ambiente
	Seguridad y prevención: Seguridad del trabajo experimental en la escuela y prevención de accidentes	OA1 (ES.3-4.SPA): Investigar sustancias químicas de uso cotidiano en el hogar y el trabajo (medicamentos, detergentes y plaguicidas, entre otros), analizando su composición, reactividad, riesgos potenciales y medidas de seguridad asociadas (manipulación, almacenaje y eliminación)
	Sostenibilidad: Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas	OA1 (ES.3-4.AS): Investigar el ciclo de vida de productos de uso cotidiano y proponer, basados en evidencia, estrategias de consumo sostenible para prevenir y mitigar impactos ambientales.

ANEXOS CAPÍTULO 4

4.1 Detalles del contexto en el que se desarrolla la investigación con maestros/as

CONTEXTO Y COLECCIÓN DE DATOS: GRUPO A

La colección de datos del **Grupo A** se llevó a cabo en el marco del desarrollo de un Diplomado¹ denominado “Enseñanza y aprendizaje de la Química Verde para la enseñanza de la Química y las Ciencias Naturales”, en el Campus Juan Gómez Millas de la Universidad de Chile, en dependencias de la Facultad de Filosofía y Humanidades y de la Facultad de Ciencias de dicha Universidad.

El Diplomado recoge la experiencia desarrollada en conjunto por el Centro de Estudios y Desarrollo de Educación Continua para el Magisterio (en adelante, Centro Saberes Docentes) de la Facultad de Filosofía y Humanidades de la Universidad de Chile y el Núcleo Milenio², Centro Interdisciplinario de Líquidos Iónicos (CILIS)³, de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile durante 4 años y se alimenta de múltiples experiencias de desarrollo profesional docente, llevadas a cabo por CILIS y el Centro Saberes Docentes desde entonces.

Todas las implementaciones desarrolladas, incorporaron instrumentos de seguimiento e investigación, es decir, en cada uno de los programas se aplicaron encuestas iniciales y finales, entrevistas semiestructuradas, grupos focales e instrumentos de evaluación para los trabajos desarrollados como finalización de cada actividad formativa, que permitieron retroalimentar cada nueva ejecución como parte de la mejora continua que promueve el Centro Saberes Docentes.

El primer año de ejecución de la iniciativa, el programa fue un curso, desarrollado para una Fundación Educacional (Fundación Belén Educa) y respondió a la necesidad de Proyección al Medio Externo (PME) del Núcleo Milenio CILIS. Este núcleo buscó al Centro Saberes Docentes —de la misma casa de estudios— por su vasta experiencia en educación permanente para profesores y profesoras del sistema educativo chileno, de manera de desarrollar un programa que cumpliera con los estándares de calidad de la Universidad.

¹ Para esta tesis se ocupará la denominación Diplomado, a pesar de que para la Universidad donde desarrolló este proceso, la nomenclatura correcta es Diploma de extensión, de acuerdo con el Artículo 2, Decreto Exento N°0027613/23 - Julio – 2004, de la Universidad de Chile.

Los Diplomas de la Universidad de Chile deben considerar que: “La carga académica máxima en horas de las actividades de un Diplomado debe ser inferior a la equivalente a un semestre a tiempo completo, esto es a 791 horas cronológicas y la mínima no podrá ser inferior a 216 horas, equivalente a 18 horas semanales por tres meses. Al menos 72 de las horas programadas deberán corresponder o ser equivalentes a actividades presenciales”.

² Los Núcleos Milenio son iniciativas financiadas por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) chilena, conformado por un grupo de investigadores (3-10) ligados a una o más universidades o centros de investigación, que se asocian para abordar preguntas complejas, que se encuentran en la frontera del conocimiento de sus respectivas disciplinas. <https://www.anid.cl/centros-e-investigacion-asociativa/nucleos-milenio/>

³ El Centro Interdisciplinario de Líquidos Iónicos – CILIS – tuvo como propósito ser un referente a nivel nacional e internacional respecto, en particular, al estudio de los Líquidos Iónicos y, en general, al desarrollo de la Química Verde <https://www.iniciativamilenio.cl/cilis/>

Los procesos asociados al aprendizaje de la QV a nivel escolar y de manera presencial, se desarrollaron interrumpidamente durante 5 años (5 versiones diferentes), participando 88 maestros/as en ejercicio de primaria y secundaria. A la vez, se implementó un proceso de formación virtual, también desarrollado por la Universidad de Chile, en su plataforma de cursos abiertos “EduAbierta”, se ejecutaron 3 versiones, con un total de 600 participantes. En la siguiente tabla se puede observar los Cursos y Diplomas desarrollados por el mismo equipo⁴ en el marco de la QV:

Nombre de la iniciativa	Año	N° Participantes
Curso: “La Química Verde, como educación científica para la acción”	2013	13
Curso de Verano, Jornadas de actualización pedagógica: “La Química Verde como enfoque de enseñanza de la Química. Una educación científica para la acción”	2014	18
Curso: “Enseñanza de la Química desde la perspectiva de la Química Verde”	2015	18
Diploma: “Diploma de extensión la enseñanza de la química, desde la Química Verde”	2016	22
Diploma: “Diploma de extensión Enseñanza y Aprendizaje de la Química Verde para la Enseñanza de las Ciencias”	2017	20
Curso: Educación y química verde para enfrentar el cambio climático ⁵	2017	600
	2018	
	2019	

La experiencia acumulada, desarrollando cursos y Diplomados presenciales y virtuales en torno a la Química Verde, llevó a la formulación del programa de Diplomado, que se ha puesto al servicio de esta investigación. El desarrollo de cada uno de estos procesos formativos, aportaron a la formulación del Diplomado que forma parte de este estudio. Fundamentalmente en cuanto a la selección de los contenidos a trabajar, la metodología, la evaluación y la sistematización del proceso.

En el caso del Diplomado, que responde al contexto de los participantes del **Grupo A**, se aplicaron diferentes instrumentos por cada temática trabajada y la programación de las sesiones se desarrolló en función que criterios que se detallan en este apartado.

El Diplomado contempló un total de 225 horas cronológicas, equivalentes a 300 horas pedagógicas, desarrolladas a lo largo de 5 meses, que significó 43 sesiones. El desglose de las horas presentadas responde a la siguiente modalidad:

⁴ El equipo académico estuvo formado por académicos del Centro Saberes Docentes y del Centro CILIS (particularmente del equipo de Proyección al Medio del Núcleo en la división de Educación), 2 doctores/as en Química y 2 magíster en Educación, los 4 integrantes químicos/as de formación inicial.

⁵ Los cursos que realiza EduAbierta son cursos MOOC (Massive Online Open Courses o cursos online masivos y abiertos), perteneciente a la Facultad de Filosofía y Humanidades, es un programa de extensión y vinculación con el medio, que tiene como objetivo fundamental desarrollar un modelo de gestión del conocimiento y saberes, abierto a la comunidad. Es por esto que el número de participantes es tan grande.

- 129 horas presenciales
- 60 horas de estudio y trabajo personal
- 36 horas de aplicación en el aula.

Las horas de estudio y trabajo personal, corresponde a la cantidad de horas asignadas a la apropiación y reflexión de las temáticas trabajadas y las lecturas asociadas a cada segmento del proceso. El trabajo de aplicación responde al tiempo que se ha estimado para llevar la propuesta al espacio educativo y la generación de evidencias que permitan analizar y reflexionar al respecto de los alcances de la implementación en el aula.

En este contexto, el objetivo del Diplomado fue incorporar la comprensión y práctica de la Química Verde a través del currículum establecido para la enseñanza primaria y secundaria en Química y Ciencias Naturales en Chile y conocer las implicancias de su implementación en el aula.

A partir de estos objetivos, el Diplomado se organizó en los siguientes módulos temáticos:

Módulo 1.

Submódulo 1.a. Introducción.

Comprensión de los elementos básicos que definen a la Química Verde y cómo tales elementos forman parte de la vida cotidiana. Análisis de los conceptos y experiencias educativas que contemplen la aplicación de la Química Verde en el aula.

Submódulo 1.b. Habilidades de pensamiento científico.

Conocer y comprender habilidades de pensamiento científico, con el fin de profundizar en las diferentes herramientas de análisis para mejorar la práctica pedagógica. Vincular las herramientas de análisis en el diseño didáctico de la experiencia docente incorporando los elementos conceptuales y prácticos de la Química Verde.

Submódulo 1.c. Didáctica de las ciencias.

Conocer y manejar elementos disciplinarios relacionados con el quehacer pedagógico y su vinculación con los conceptos teóricos y didácticos relacionados con la Química Verde. Reflexionar acerca de la contribución metodológica de la Química Verde en el entendimiento y práctica de la Química y las Ciencias Naturales.

Módulo 2.

Submódulo 2.a. Química Verde y el Contexto educativo I.

Comprensión de los conceptos de la Química Verde a través de sus principios tales como: Prevención, Economía atómica, métodos de síntesis seguros, diseño de productos seguros. Diseño de experiencias educativas (teórico – prácticas) que contemplen la aplicación de los conceptos y principios de la Química Verde en conjunto con los contenidos del currículum de enseñanza secundaria y primaria.

Submódulo 2.b. Investigación, Taller de implementación y Evaluación.

Diseño y ejecución de proyecto de implementación educativa en el cual se vinculen los contenidos curriculares con los conceptos y prácticas de la Química Verde. Evaluación del proceso de diseño y presentación.

Módulo 3.

Submódulo 3.a. Química Verde y el Contexto Educativo II.

Comprensión de los conceptos de la Química Verde a través de sus principios tales como: Disolventes auxiliares más seguros, Eficiencia Energética, Uso de materias primas renovables, Reducción del uso de derivados. Diseño de experiencias educativas (teórico – práctica) que contemplen la aplicación de los conceptos y principios de la Química Verde en conjunto con el currículo de enseñanza media y básica.

Submódulo 3.b. Investigación, Taller de finalización y Evaluación.

Planificación e implementación de experiencia educativa en el aula, en la cual se vinculen los contenidos curriculares con los conceptos y prácticas de la Química Verde. Evaluación del proceso de planificación, implementación y presentación de resultados.

Metodología y evaluación

Con respecto a la metodología y evaluación, se centró en trabajos en formato taller, motivando los espacios de reflexión y debate.

A partir de esto, se trabajaron clases expositivas, talleres de análisis de actividades experimentales, talleres de reflexión pedagógica y de elaboración de propuestas didácticas, con el fin de:

- Acompañar a los/as participantes en la vinculación de los tópicos disciplinares de la Química Verde con los contenidos curriculares de enseñanza primaria y secundaria, de acuerdo con la realidad de cada docente.
- La reflexión sobre la propia práctica y la comprensión, interpretación e intervención sobre ella.
- El intercambio de experiencias entre pares, confrontando las visiones que cada participante tenía del proceso.
- El desarrollo profesional en y para el centro (educativo, espacio laboral) por medio del trabajo colaborativo para transformar esta práctica y provocar procesos de comunicación.
- El desarrollo de acciones que representen situaciones reales y que permitan una reflexión crítica de la propia acción, con el fin de encontrar soluciones a problemáticas del propio quehacer individual y colectivo

El sistema de evaluación contempló las siguientes instancias:

- Primera entrega de actividad práctica: consistió en la entrega de un informe y presentación del diseño de la actividad práctica a realizar en el aula, según pauta entregada. (Ponderación 30%)
- Segunda entrega de actividad práctica: consistió en la entrega de un informe y presentación de la implementación de la actividad práctica ya realizada en el aula, según pauta entregada (Ponderación 40%).
- Minuta de análisis, discusión y conclusiones: Consiste en la entrega de una breve minuta (según pauta entregada) en la cual se presente el análisis, la discusión y las conclusiones

obtenidas a partir del trabajo teórico – práctico realizado en cada uno de los submódulos (en formato de preguntas por cada tópico trabajado). (Ponderación: 15%)

- Coevaluación de minutas: Consiste en la entrega de una breve retroalimentación en la cual se presentó el análisis y la evaluación realizada a cada una de las minutas hechas a partir del trabajo teórico – práctico de cada submódulo y entregadas por los otros grupos de trabajo que participan del Diplomado. (Ponderación: 15%)

Criterios de Evaluación:

- Manejo conceptual: aplicación de los conceptos de la Química Verde en los diferentes tópicos tratados.
- Organización del informe: presencia de los elementos que constituyen un informe científico.
- Dimensiones de evaluación: Coherencia de las actividades propuestas, Evidencia de las actividades y propuesta de la perspectiva de la Química Verde.

De acuerdo con todo lo descrito, es que la programación del Diplomado se desarrolló en base a un análisis del currículum chileno, es decir, el orden en que se trabajó cada temática responde a una propuesta de vinculación de los Objetivos de Aprendizajes planteados en las referencias curriculares y la Química Verde (Contexto del desarrollo del Objetivo 1 de esta Tesis). De esta manera, aquellos principios que encontraron mayores vinculaciones curriculares son los primeros en aparecer en las sesiones del Diplomado.

De la misma manera, aquellos principios de la Química Verde que, se conectaban en menor presencia con el currículum chileno, son los que aparecen al final de las sesiones.

Las razones para utilizar este orden responden a la posibilidad de garantizar que los/as maestros/as participantes pudieran utilizar en sus intervenciones en el aula, principios de la Química Verde que estuvieran presentes en el currículum, de manera clara, antes de que terminara el Diplomado, pues la implementación en el aula fue una instancia que se llevó a cabo durante el desarrollo del programa de desarrollo profesional.

En la siguiente tabla se observa el orden propuesto para trabajar los principios de la QV en el Diplomado de extensión y ejemplos de Objetivos de Aprendizaje (OA⁶) chilenos que permitieron el orden propuesto (ver Tabla nn):

Ejemplos de OA vinculados	Principio de la QV (N del principio)	Orden trabajado
Clasificación de recursos naturales como renovables o no renovables	Uso de materias primas renovables (7)	1

⁶ Los Objetivos de aprendizaje se han resumido, de manera de generar una tabla que facilite la lectura.

Formación de biomoléculas como polímeros biodegradables; La trayectoria de contaminantes y su bioacumulación	Diseño para la degradación (10)	2
Alternativas de uso eficiente de los recursos energéticos y consecuencias ambientales	Eficacia Energética (6)	3
Uso adecuado de recursos y 3R; Prevención de los residuos nucleares	Prevención (1)	4
Mecanismos de formación de polímeros sintéticos y naturales	Diseño de productos más seguros (4)	5
Reactividad en Química Orgánica; Efectos de las reacciones químicas	Métodos de síntesis menos peligrosos (3)	6
Soluciones químicas; Industria minera	Disolventes y auxiliares más seguros (5)	7
Procesos químicos y métodos de separación de mezclas.	Prevención de accidentes (12)	8
Rendimientos de reacción; Estequiometría y ley de conservación de la materia	Economía Atómica (2)	9
Evitar derivados en la síntesis de polímeros; Formación de compuestos inorgánicos y sus efectos en el entorno	Evitar el uso de derivados (8)	10
Catalizadores químicos y biológicos	Catálisis (9)	11
Alternativas de uso eficiente de los recursos energéticos y consecuencias ambientales	Análisis en tiempo real (11)	12

A partir del orden presentado para el diseño del programa se realizaron una serie de actividades con el fin de lograr un diseño que respondiera, de la mejor manera posible, a las necesidades de los/as profesores en servicio y que diera cuenta de un proceso en el que la Química Verde fuese comprendida y utilizada por los/as participantes en todas las sesiones.

De esta manera se realizaron una serie de actividades para la última fase de diseño:

- Reuniones de evaluación con el equipo de acompañamiento académico del Centro Saberes docentes, para conocer las evaluaciones recibidas en el proceso anterior, en las encuestas académicas y de satisfacción que el Centro aplica a cada una de sus acciones formativas.
- Entrevistas con maestros/as participantes de las versiones anteriores, con el fin de conocer su percepción con respecto al programa y sus contenidos e incorporar mejoras al diseño.
- Reuniones de evaluación del equipo que desarrolló el Diploma, con el fin de incorporar todas las recomendaciones recibidas, desde los centros participantes como desde los maestros/as -participantes.

Luego de estas actividades la propuesta que forma parte de esta investigación se describe en las siguientes tablas, en la que se desglosan las actividades, por módulo y por sesión. En ellas se pueden encontrar las instancias en que se aplicaron los instrumentos que son parte de esta investigación.

Anexos

Finalmente, la colección de datos responde a las respuestas generadas por los/as maestros/as ante las 12 preguntas de contexto, en particular a partir del criterio 2 de la rúbrica (tabla NN), “Vinculaciones con el currículum escolar”.

Los/as maestros/as trabajaron en grupos de 3 a 4 integrantes, formando 6 grupos, lo que implica que, por cada pregunta planteada, se colectaron 6 respuestas y como se trabajó con 12 principios (12 preguntas), se recogieron **72 respuestas en total**.

Descripción del Módulo 1

N°	Contenido	Detalle de Actividades	Document.	Referen.	Ppt. Tópicos y relación QV.	Planificación Actividades
1	Introducción a la Química Verde	Experiencia del envoltorio	Guía de Lab – Introducción	Sin Producto	Sin Producto	- Ceremonia de Inicio
						- Pretest - Práctico de envoltorio. - Sesión de discusión
2	Introducción a la Química Verde	Exposición de los principios y sentidos de la Química Verde Tarea: Lectura bibliográfica	Guía de Lab – Introducción	POE Lectura 1	Introducción Química Verde	- Presentación Introductoria.
					Sin Producto	- Discusión acerca de QV vs Ed. Ambiente.
3	Habilidades de pensamiento científico	Revisión lectura POE (Predecir, observar y explicar) Elaborar, interpretar y analizar datos y evidencias: Lab. Calentar y registrar temperatura cada 10 segundos: agua a baño maría y microondas agua con aceite a baño maría y microondas agua con sal a baño maría y microondas.	Guía de Lab – Habilidades. I	Sin Producto	Guía de Lab.	-Reflexión en torno a la lectura -Sesión de discusión -Laboratorio Habilidades I.
4	Habilidades de pensamiento científico	Materiales y técnicas de laboratorio básicas Precisión, unidades, escalas. Lab. Medir 5 mediciones de volumen y masa cada: 1 mL; 10 mL; 50 mL Calcular densidad Tarea: Guía de ejercicios	Guía de Lab – Habilidades. II	Sin Producto	Guía de Lab.	-Reflexiones en torno a la experiencia de la semana anterior -Laboratorio Habilidades II
5	Habilidades de pensamiento científico	Guía de ejercicios para reconocer, comprender y aplicar operatoria matemática aplicada a las Ciencias	Guía Teórica – Habilidades. II	Socio-Científico Lectura 2	Guía de Lab.	Taller de ejercicios de operatoria matemática, en función de las necesidades del Diploma.
6	Didáctica de las Ciencias	Enfoques didácticos en Ciencias: Indagación Socio-científico	Sin Producto	Sin Producto	NOS, Indagación y CTS	Presentación Enfoques didácticos + Sesión de debate y discusión
7	Didáctica de las Ciencias	Invitación Profesores. (1 ó 2 Profesores) Taller de vinculación del Currículum con los Principios de la Química Verde. 1° Propuesta de actividades que den cuenta de la vinculación	Sin Producto	QVerde y Sostenibilidad	Presentación de Vinculación Curric. y QV	-Presentación de la vinculación propuesta equipo
					Presentación de Docentes Capacitados	-Profesor 2016 relata su experiencia en el Diploma y en el aula.

Descripción del Módulo 2

N°	Contenido	Detalle de Actividades	Document.	Referen.	Ppt. Química Verde + Vinculación por nivel		Planificación Actividades
8	Ppio 07. Renovables Laboratorio	Práctico: Análisis de tipos de fuentes renovables de energía - BIODegradAB.	Guía de Lab - "Ftes. Renovables"	Sin Producto	Sin Producto	Sin Producto	- Laboratorio de "Síntesis de Biodiesel" - "Biodegradabilidad"
		Discusión respecto del Lab. - Respuesta de P. de Contexto. (doc)					- Discusión general de resultados - Respuesta P. De Contexto.
9	Ppio 07. Renovables. Reflexión	Ppt: "Materias Primas Renovables" // QVerde y Vinculación	Sin Producto	"Bioenergía" - Lectura 5	Ppt. - Materias primas	Ppt. - Materias primas	- Presentación QV y Contexto + QV y Vinculación.
		Respuesta P. De Contexto. (doc) - Evaluación Módulo QV. (doc)	Respuest. - Evaluación		Sin Producto	Sin Producto	- Respuesta P. De Contexto. - Evaluación Módulo QV
10	Ppio 04. Prod. Eficaces. Laboratorio	Práctico: Producción de Bioplástico como elemento útil y no tóxico.	Guía de Lab - "Bioplástico"	Sin Producto	Sin Producto	Sin Producto	- Laboratorio de "Producción de Bioplástico"
		Discusión respecto del Lab. - Respuesta de pregunta De Contexto. (doc)					- Discusión general de resultados - Respuesta P. De Contexto.
11	Ppio 04. Prod. Eficaces. Reflexión	Ppt: "Toxicidad y QV" // QV y Vinculación	Sin Producto	"Hogar s/ Toxicos" - Lectura 6	Ppt. -Diseño. Seguro	Ppt. Diseño Seguro	- Presentación QV y Contexto + QV y Vinculación.
		Respuesta P. De Contexto. (doc) - Evaluación Módulo QV. (doc)	Respuest. - Evaluación		Sin Producto	Sin Producto	- Respuesta P. De Contexto. - Evaluación Módulo QV
12	Ppio 06. Ef. Energética. Laboratorio	Práctico: Análisis de la Eficiencia Energética a través de Microondas	Guía de Lab - "Ef. Energética"	Sin Producto	Sin Producto	Sin Producto	- Laboratorio de "Eficiencia energética por medio de Microondas"
		Discusión respecto del Lab. - Respuesta de pregunta De Contexto. (doc)					- Discusión general de resultados - Respuesta P. De Contexto.
13	Ppio 06. Ef. Energética. Reflexión	Ppt: "Eficiencia Energética" // QVerde y Vinculación	Sin Producto	"Guía Practica" - Lectura 7	Ppt. - Ef.Energética	Ppt. - Ef.Energética	- Presentación QV y Contexto + QV y Vinculación.
		Respuesta P. De Contexto. (doc) - Evaluación Módulo QV. (doc)	Respuest. - Evaluación		Sin Producto	Sin Producto	- Respuesta P. De Contexto. - Evaluación Módulo QV
14	Ppio 01. Prevención. Laboratorio	Práctico: Diferencias entre la prevención y la remediación en Contaminac.	Guía de Lab - "Prevención"	Sin Producto	Sin Producto	Sin Producto	- Laboratorio de "Prevención de la contaminación"
		Discusión respecto del Lab. - Respuesta de P. de Contexto. (doc)					- Discusión general de resultados - Respuesta P. De Contexto.
15	Ppio 01. Prevención. Reflexión	Ppt: "Prevención" // QV y Vinculación	Sin Producto	"Cambio Climático" - Lectura 8	Ppt. - Prevención	Ppt. - Prevención	- Presentación QV y Contexto + QV y Vinculación.
		Respuesta P. De Contexto. (doc) - Evaluación Módulo QV. (doc)	Respuest. - Evaluación		Sin Producto	Sin Producto	- Respuesta P. De Contexto. - Evaluación Módulo QV
16	Ppio 10. Biodegradable. Laboratorio	Práctico: Análisis de degradabilidad de diversas sustancias	Guía de Lab - "Biodegradabilidad"	Sin Producto	Sin Producto	Sin Producto	- Laboratorio de "Biodegradabilidad de productos"
		Discusión respecto del Lab. - Respuesta de pregunta De Contexto. (doc)					- Discusión general de resultados - Respuesta P. De Contexto.
17	Ppio 10. Biodegradable. Reflexión	Ppt: "Biodegradabilidad" // QVerde y Vinculación	Sin Producto	"Biodegradacion" - Lectura 9	Ppt. - Biodegradabilidad	Ppt. - Biodegradabilidad	- Presentación QV y Contexto + QV y Vinculación.
		Respuesta P. De Contexto. (doc) - Evaluación Módulo QV. (doc)	Respuest. - Evaluación		Sin Producto	Sin Producto	- Respuesta P. De Contexto. - Evaluación Módulo QV
18	Investigación	Síntesis de Módulo 2	Sin Producto	Sin Producto	Ppt. - Síntesis de QV y Vinculación		- Presentación y discusión general de síntesis módulo 2.
19	Investigación	Charla LEC – P. Dreyse Entrevistas y trabajo en las presentaciones	Ppt. - LEC	Sin Producto	Sin Producto		-Presentación de Dra. P. Dreyse (Light-emitting electrochemical cell)
			Sin Producto		Sin Producto		- Trabajo de avance. Entrevistas de Investigación.
20	Taller – Avance de implementación	Presentación de Profes Capacitados. (1 Profesores). Retroalimentación de las propuestas de implementación	Sin Producto	Sin Producto	Presentación de Docentes Capacitados		- Presentación de 1 profes. capacitados y con implementación
					Sin Producto		- Trabajo de avance y retroalimentación de propuestas.
21	Taller – Avance de implementación	Presentación de Profes Capacitados. (1 Profesores). Retroalimentación de las propuestas de implementación	Sin Producto	Sin Producto	Presentación de Docentes Capacitados		- Presentación de 1 profes. capacitados y con implementación
					Sin Producto		- Trabajo de avance y retroalimentación de propuestas.
22	Presentación I	Calificación, implementación y evidencias: Solo se evalúa un planificación de la implementación que se realizará en Módulo 3.	Sin Producto	Sin Producto	Sin Producto	Sin Producto	Presentación de grupos de trabajo
23	Presentación II	Calificación, implementación y evidencias: Solo se evalúa un planificación de la implementación que se realizará en Módulo 3.	Sin Producto	Sin Producto	Sin Producto	Sin Producto	Presentación de grupos de trabajo

Recogida de datos: Preguntas de contexto

Avance de SEA y retroalimentación

Presentación de SEA

Anexos

Descripción del Módulo 3 del Diplomado

N°	Contenido	Detalle de Actividades	Document.	Referen.	Ppt. QV + Vinculación por nivel		Planificación Actividades	
24	Ppio 03. Metodolog. Prod. Laboratorio	Práctico: Extracción y Uso de Indicadores Ac-Bs naturales vs Sintéticos. Discusión respecto del Lab. - Respuesta de pregunta De Contexto. (doc)	Guía de Lab - Indic. Ac - Bs."	Sin Producto	Sin Producto	Sin Producto	- Laboratorio de Producción y Uso de Indicadores naturales - Discusión general de resultados - Respuesta P. De Contexto.	Recogida de datos: Preguntas de contexto
25	Ppio 03. Metodolog. Prod. Reflexión	Ppt: "Proceso de Biomateriales" // QV y Vinculación Respuesta P. De Contexto. (doc) - Evaluación Modulo QV. (doc)	Sin Producto	"Produc. Y Proced." - Lectura 10	Ppt. - Proc. Biomateriales Sin Producto	Ppt. - Biomateriales Sin Producto	- Presentación QV y Contexto + QV y Vinculación - Respuesta P. De Contexto. - Evaluación Modulo QV.	
26	Ppio 05. Sust. Aux. Laboratorio	Práctico: Usos de solventes y análisis de pros/contras de tipos de solventes Discusión respecto del Lab. - Respuesta de pregunta De Contexto. (doc)	Guía de Lab - "Sust. Auxiliares"	Sin Producto	Sin Producto	Sin Producto	- Laboratorio de "Uso de solventes alternativos y análisis" - Discusión general de resultados - Respuesta P. De Contexto.	
27	Ppio 05. Sust. Aux. Reflexión	Ppt: "Solventes alternativos y QV" // QV y Vinculación Respuesta P. De Contexto. (doc) - Evaluación Modulo QV. (doc)	Sin Producto	"Manejo Solventes" - Lectura 11	Ppt. - Sust. Auxiliares Sin Producto	Ppt. - Sust. Auxiliares Sin Producto	- Presentación QV y Contexto + QV y Vinculación - Respuesta P. De Contexto. - Evaluación Modulo QV	
28	Ppio 12. Minim. Acid. Laboratorio	Práctico: Diseño de manual de seguridad para lab. Escolar. Discusión respecto del Lab. - Respuesta de pregunta De Contexto. (doc)	Guía de Lab - "Seguridad en Lab"	Sin Producto	Sin Producto	Sin Producto	- Laboratorio de "Seguridad en Laboratorios" - Discusión general de resultados - Respuesta P. De Contexto.	Recogida de datos: Preguntas de contexto
29	Ppio 12. Minim. Acid. Reflexión	Ppt: "Normas de Seguridad" // QV y Vinculación Respuesta P. De Contexto. (doc) - Evaluación Modulo QV. (doc)	Sin Producto	"Manual Seguridad" - Lectura 12	Ppt. - Seguridad de Lab. Sin Producto	Ppt. - Seguridad de Lab. Sin Producto	- Presentación QV y Contexto + QV y Vinculación - Respuesta P. De Contexto. - Evaluación Modulo QV	
30	Ppio 02. Econ. Atom. Laboratorio	Práctico: Generación de CO2 via Levadura y Azucar Discusión respecto del Lab. - Respuesta de pregunta De Contexto. (doc)	Guía de Lab - "Economía Atomica"	Sin Producto	Sin Producto	Sin Producto	- Laboratorio de "Economía atómica en la producción de CO2" - Discusión general de resultados - Respuesta P. De Contexto.	
31	Ppio 02. Econ. Atom. Reflexión	Ppt: "Economía Atomica" // QVerde y Vinculación Respuesta P. De Contexto. (doc) - Evaluación Modulo QV. (doc)	Sin Producto	"Indic. Prod. Verde" - Lectura 13	Ppt. - Economía Atom. Sin Producto	Ppt. Economía Atom. Sin Producto	- Presentación QV y Contexto + QV y Vinculación - Respuesta P. De Contexto. - Evaluación Modulo QV	
32	Taller - Avance de implementación	Presentación de Profes Capacitados. (1 Profesores) Retroalimentación de las propuestas de implementación	Sin Producto	Sin Producto	Presentación de Docentes Capacitados Sin Producto		- Presentación de 1 profes. capacitados y con implementación - Trabajo de avance y retroalimentación de propuestas.	Recogida de datos: Preguntas de contexto
33	Taller - Avance de implementación	Presentación de Profes Capacitados. (1 Profesores) Retroalimentación de las propuestas de implementación	Sin Producto	Sin Producto	Presentación de Docentes Capacitados Sin Producto		- Presentación de 1 profes. capacitados y con implementación - Trabajo de avance y retroalimentación de propuestas.	
34	Ppio 08. Derivatizac. Laboratorio	Práctico: "Derivatización en rutas sintéticas en la vida cotidiana" Discusión respecto del Lab. - Respuesta de pregunta De Contexto. (doc)	Guía de Lab - "Rutas Sintéticas"	Sin Producto	Sin Producto	Sin Producto	- Laboratorio de "Rutas sintéticas en la vida cotidiana" - Discusión general de resultados - Respuesta P. De Contexto.	
35	Ppio 08. Derivatizac. Reflexión	Ppt: "Reducción de derivatización y Diseño" // QVerde y Tópico. X nivel. Respuesta P. De Contexto. (doc) - Evaluación Modulo QV. (doc)	Sin Producto	"Diseño Proc. Limp" - Lectura 14	Ppt. - Evaluación de Rutas Sin Producto	Ppt. - Rutas Sin Producto	- Presentación QV y Contexto + QV y Vinculación - Respuesta P. De Contexto. - Evaluación Modulo QV	
36	Ppio 09. Catálisis. Laboratorio	Práctico: Análisis de las velocidades de reacción de diferentes procesos. Discusión respecto del Lab. - Respuesta de pregunta De Contexto. (doc)	Guía de Lab - "Cinetica"	Sin Producto	Sin Producto	Sin Producto	- Laboratorio de "Factores de la Cinética química y catálisis" - Discusión general de resultados - Respuesta P. De Contexto.	Recogida de datos: Preguntas de contexto
37	Ppio 09. Catálisis. Reflexión	Ppt: "Cinética Química y Catálisis" // QVerde y Tópico. X nivel. Respuesta P. De Contexto. (doc) - Evaluación Modulo QV. (doc)	Sin Producto	"Cinética y Educación" - Lectura 15	Ppt. - Catálisis y Cinética Sin Producto	Ppt. - Cinética Sin Producto	- Presentación QV y Contexto + QV y Vinculación - Respuesta P. De Contexto. - Evaluación Modulo QV	
38	Ppio 11. Monitoriz. Laboratorio	Práctico: Monitorización de variables y factores de procesos químicos. Discusión respecto del Lab. - Respuesta de pregunta De Contexto. (doc)	Guía de Lab - "Monitorización I y II"	Sin Producto	Sin Producto	Sin Producto	- Laboratorio de "Monitorización y análisis en técnicas de lab." - Discusión general de resultados - Respuesta P. De Contexto.	
39	Ppio 11. Monitoriz. Reflexión	Ppt: "Monitorización y ACV" // QVerde y Tópico. X nivel. Respuesta P. De Contexto. (doc) - Evaluación Modulo QV. (doc)	Sin Producto	"ACV Bolsas" - Lectura 16	Ppt. - Monitorización y ACV Sin Producto	Ppt. - Monitorización y ACV Sin Producto	- Presentación QV y Contexto. + QV y Vinculación - Respuesta P. De Contexto. - Evaluación Modulo QV	
40	Investigación	Síntesis de Módulo 3. Grupos Focales	Sin Producto	Sin Producto	Ppt. - Síntesis de QV y Vinculación Sin Producto		- Presentación y discusión general de síntesis módulo 3.	Presentación final SEA
41	Investigación	Charla Profesor invitado Entrevistas y trabajo en las presentaciones	Ppt. Experiencia 2016 Sin Producto	Sin Producto	Sin Producto Sin Producto		- Trabajo de avance. Entrevistas de Investigación.	
42	Evaluación	Calificación, implementación y evidencias: Se evalúa todo el trabajo planificado de implementación.	Sin Producto	Sin Producto	Sin Producto	Sin Producto	Presentación de grupos de trabajo	
43	Evaluación	Calificación, implementación y evidencias: Se evalúa todo el trabajo planificado de implementación.	Sin Producto	Sin Producto	Sin Producto	Sin Producto	Presentación de grupos de trabajo	

4.2 Frecuencia de cada uno de los Objetivos de Aprendizaje identificados en las respuestas de los/as maestros/as

Prevención

Principio 1 “Es mejor prevenir la formación de residuos que limpiarlos una vez formados”

Pregunta 1: ¿Por qué razón se promueve botar aceite en un recipiente y no en la alcantarilla? ¿Ha calculado cuánta agua ha contaminado o prevenido de posibles contaminaciones en su hogar?

Para el **principio 1**, se identificaron **8** Objetivos de Aprendizaje (diferentes) (OA) del currículum chileno (Figura SE) correspondientes a enseñanza primaria, secundaria y técnico profesional, relacionados con los ejes de la asignatura de Ciencias Naturales: Ciencias de la Vida, Ciencias Físicas y Químicas, Ciencias de la Tierra y el Universo y Química y la especialidad Química Industrial. En la tercer columna se observa la frecuencia de cada uno de los OA identificados para este principio, lo que implica **16** OA en total.

Nivel de Enseñanza	Objetivos de aprendizaje	Frecuencia observada
Primaria	OA 6 (E.P2.CV): Identificar y comunicar los efectos de la actividad humana sobre los animales y su hábitat.	1
	OA 11 (E.P2.CFQ): Describir el ciclo del agua en la naturaleza, reconociendo que el agua es un recurso preciado y proponiendo acciones cotidianas para su cuidado.	2
	OA 1 (E.P3.CV): Observar y describir, por medio de la investigación experimental, las necesidades de las plantas y su relación con la raíz, el tallo y las hojas.	4
	OA 5 (E.P3.CTU): Explicar la importancia de usar adecuadamente los recursos, proponiendo acciones y construyendo instrumentos tecnológicos para reutilizarlos, reducirlos y reciclarlos en la casa y en la escuela.	1
	OA 14 (E.P5.CTU): Investigar y explicar efectos positivos y negativos de la actividad humana en océanos, lagos, ríos, glaciares, entre otros, proponiendo acciones de protección de las reservas hídricas en Chile y comunicando sus resultados.	3
	OA 3 (E.P6.CV): Analizar los efectos de la actividad humana sobre las redes alimentarias.	1
Secundaria	OA 14 (E.P7.CN): Investigar experimentalmente y explicar la clasificación de la materia.	2
	OA 15 (E.S2.Q): Explicar, por medio de modelos y la experimentación, las propiedades de las soluciones en ejemplos cercanos,	2

	considerando: El estado físico (sólido, líquido y gaseoso); sus componentes (soluto y solvente) y la cantidad de soluto disuelto (concentración).	

Economía Atómica

Principio 2: “Los métodos sintéticos deben diseñarse para maximizar la incorporación en el producto final de todos los materiales usados en el proceso”

Pregunta 2: ¿Es todo el CO₂ producido, dañino para el medio ambiente?

Para el **principio 2**, se identificaron **7** Objetivos de Aprendizaje (OA) del currículum chileno (Figura SE) correspondientes a enseñanza primaria, secundaria y técnico profesional, relacionados con los ejes de la asignatura de Ciencias Naturales: Ciencias de la Vida, Ciencias Físicas y Químicas, Química y la especialidad Química Industrial. En la tercer columna se observa la frecuencia de cada uno de los OA identificados en este principio, lo que implica **7** OA en total.

Nivel de Enseñanza	Objetivos de aprendizaje	Frecuencia Observada
Primaria	OA 6 (E.P2.CV): Identificar y comunicar los efectos de la actividad humana sobre los animales y su hábitat.	1
	OA 5 (E.P3.CV): Explicar la importancia de usar adecuadamente los recursos, proponiendo acciones y construyendo instrumentos tecnológicos para reutilizarlos, reducirlos y reciclarlos en la casa y en la escuela	1
	OA 10 (E.P4.CFQ): Comparar los tres estados de la materia (sólido, líquido y gaseoso) en relación con criterios como la capacidad de fluir, cambiar de forma y volumen, entre otros	1
Secundaria	OA 15 (E.P7.Q): Investigar experimentalmente los cambios de la materia y argumentar con evidencia empírica que estos pueden ser físicos o químicos	1
	OA 17 (E.S1.Q): Investigar experimentalmente y explicar, usando evidencias, que la fermentación, la combustión provocada por un motor y un calefactor, y la oxidación de metales, entre otras, son reacciones químicas presentes en la vida diaria, considerando: La producción de gas, la formación de precipitados, el cambio de temperatura, color y olor, y la emisión de luz, entre otros. La influencia de la cantidad de sustancia, la temperatura, el volumen y la presión en ellas. Su representación simbólica en ecuaciones químicas. Su impacto en los seres vivos y el entorno	1
	OA 18 (E.S1.Q): Desarrollar un modelo que describa cómo el número total de átomos no varía en una reacción química y cómo la masa se conserva aplicando la ley de la conservación de la materia	1
	OA 20 (E.S1.Q): Establecer relaciones cuantitativas entre reactantes y productos en reacciones químicas (estequiometría) y explicar la formación	1

	de compuestos útiles para los seres vivos, como la formación de la glucosa en la fotosíntesis	

Métodos de síntesis menos peligrosos

Principio 3: “Siempre que sea posible, deben diseñarse metodologías sintéticas que usen y generen sustancias que no sean tóxicas para la salud y el medio ambiente.”

Pregunta 3: ¿Debes preocuparte del origen de algunas sustancias como los edulcorantes?

Para el **principio 3**, se identificaron **9** Objetivos de Aprendizaje (OA) del currículum chileno (Figura SE) correspondientes a enseñanza primaria, secundaria y técnico profesional, relacionados con los ejes de la asignatura de Ciencias Naturales: Ciencias de la Vida, Biología, Química y la especialidad Química Industrial. En la tercer columna se observa la frecuencia de cada uno de los OA identificados en este principio, lo que implica **10** OA en total.

Nivel de Enseñanza	Objetivos de aprendizaje	Frecuencia Observada
Primaria	OA 7 (E.P1.CV): Describir, dar ejemplos y practicar hábitos de vida saludable para mantener el cuerpo sano y prevenir enfermedades (actividad física, aseo del cuerpo, lavado de alimentos y alimentación saludable, entre otros).	1
	OA 6 (E.P2.CV): Identificar y comunicar los efectos de la actividad humana sobre los animales y su hábitat	1
	OA 1 (E.P3.CV): Observar y describir, por medio de la investigación experimental, las necesidades de las plantas y su relación con la raíz, el tallo y las hojas	3
	OA 6 (E.P3.CV): Clasificar los alimentos, distinguiendo sus efectos sobre la salud y proponer hábitos alimenticios saludables	1
	OA 4 (E.P4.CV): Analizar los efectos de la actividad humana en ecosistemas de Chile, proponiendo medidas para protegerlos (parques nacionales y vedas, entre otras)	1
	OA 5 (E.P5.CV): Analizar el consumo de alimento diario (variedad, tamaño y frecuencia de porciones) reconociendo los alimentos para el crecimiento, la reparación, el desarrollo y el movimiento del cuerpo.	1
Secundaria	OA 17 (E.S2.Q): Crear modelos del carbono y explicar sus propiedades como base para la formación de moléculas útiles para los seres vivos (biomoléculas presentes en la célula) y el entorno (hidrocarburos como petróleo y sus derivados)	2

Diseño de productos más seguros

Principio 4: “Los productos químicos deben diseñarse para mantener la eficacia de su función, pero reduciendo la toxicidad.”

Pregunta 4: ¿Todo lo químico es tóxico?

Para el **principio 3** se identificaron **3** Objetivos de Aprendizaje (OA) del currículum chileno (Figura SE) correspondientes a enseñanza primaria, secundaria y técnico profesional, relacionados con los ejes de la asignatura de Ciencias Naturales: Ciencias de la Vida, Ciencias Físicas y Químicas, Química y de la especialidad Química Industrial. En la tercer columna se observa la frecuencia de cada uno de los OA identificados en este principio, lo que implica **4** OA en total.

Nivel de Enseñanza	Objetivos de aprendizaje	Frecuencia Observada
Primaria	OA 1 (E.P6.CV): Explicar, a partir de una investigación experimental, los requerimientos de agua, dióxido de carbono y energía lumínica para la producción de azúcar y liberación de oxígeno en la fotosíntesis, comunicando sus resultados y los aportes de científicos en este campo a través del tiempo	2
	OA 9 (E.P4.CFQ): Demostrar, por medio de la investigación experimental, que la materia tiene masa y ocupa espacio, usando materiales del entorno	1
Secundaria	OA 17 (E.S2.Q): Crear modelos del carbono y explicar sus propiedades como base para la formación de moléculas útiles para los seres vivos (biomoléculas presentes en la célula) y el entorno (hidrocarburos como petróleo y sus derivados)	1

Disolventes y auxiliares más seguros

Principio 5: “El uso de sustancias auxiliares (por ejemplo, disolventes, agentes de separación, entre otros) debería ser innecesario en la medida de lo posible e inocuo cuando sean necesarios.”

Pregunta 5: Si el agua se considera el "Solvente Universal", ¿puede usar el agua para limpiar cualquier mancha que tenga alguna tela? ¿En qué debe poner atención para elegir un solvente?

Para el **principio 5**, se identificaron **9** Objetivos de Aprendizaje (OA) del currículum chileno (Figura SE) correspondientes a enseñanza primaria, secundaria y técnico profesional, relacionados con los ejes de la asignatura de Ciencias Naturales: Ciencias de la Vida, Ciencias Físicas y Químicas, Ciencias de la Tierra y el Universo, Química y la especialidad Química Industrial. En la tercer columna se observa la frecuencia de cada uno de los OA identificados en este principio, lo que implica **14** OA en total.

Nivel de Enseñanza	Objetivos de aprendizaje	Frecuencia Observada
	OA 11 (E.P2.CFQ): Describir el ciclo del agua en la naturaleza, reconociendo que el agua es un recurso preciado y proponiendo acciones cotidianas para su cuidado	1

Primaria	OA 1 (E.P4.CV): Reconocer, por medio de la exploración, que un ecosistema está compuesto por elementos vivos (animales, plantas, etc.) y no vivos (piedras, aguas, tierra, etc.) que interactúan entre sí	2
	OA 5 (E.P5.CV): Analizar el consumo de alimento diario (variedad, tamaño y frecuencia de porciones) reconociendo los alimentos para el crecimiento, la reparación, el desarrollo y el movimiento del cuerpo	1
	OA 13 (E.P5.CTU): Analizar y describir las características de los océanos y lagos: variación de temperatura, luminosidad y presión en relación con la profundidad; diversidad de flora y fauna; movimiento de las aguas, como olas, mareas, corrientes (El Niño y Humboldt)	3
	OA 13 (E.P6.CFQ): Demostrar, mediante la investigación experimental, los cambios de estado de la materia, como fusión, evaporación, ebullición, condensación, solidificación y sublimación	1
Secundaria	OA 14 (E.P7.Q): Investigar experimentalmente y explicar la clasificación de la materia en sustancias puras y mezclas (homogéneas y heterogéneas), los procedimientos de separación de mezclas (decantación, filtración, tamizado y destilación), considerando su aplicación industrial en la metalurgia, la minería y el tratamiento de aguas servidas, entre otros	2
	OA 15 (E.P7.Q): Investigar experimentalmente los cambios de la materia y argumentar con evidencia empírica que estos pueden ser físicos o químicos	1
	OA 13 (E.P8.Q): Desarrollar modelos que expliquen que la materia está constituida por átomos que interactúan, generando diversas partículas y sustancias	1
	OA 15 (E.S2.Q): Explicar, por medio de modelos y la experimentación, las propiedades de las soluciones en ejemplos cercanos, considerando: -El estado físico (sólido, líquido y gaseoso). Sus componentes (soluto y solvente). -La cantidad de soluto disuelto (concentración)	2

Eficacia energética

Principio 6: Los requerimientos energéticos deben tomarse en cuenta y ser minimizados, debido a su impacto medioambiental y económico. Los métodos sintéticos deben realizarse a temperatura ambiente cuando sea posible.

Pregunta 6: Prejuicio por el uso del Microonda, ¿Mito o realidad?, ¿Qué opina usted al respecto?

Para el **principio 6**, se identificaron **6** Objetivos de Aprendizaje (OA) del currículum chileno (Figura SE) correspondientes a enseñanza primaria, secundaria y técnico profesional, relacionados con los ejes de la asignatura de Ciencias Naturales: Ciencias Físicas y Químicas, Química y la especialidad Química Industrial. En la tercer columna se observa la frecuencia de cada uno de los OA identificados en este principio, lo que implica **23** OA en total.

Nivel de Enseñanza	Objetivos de aprendizaje	Frecuencia Observada
Primaria	OA 11 (E.P5.CFQ): Explicar la importancia de la energía eléctrica en la vida cotidiana y proponer medidas para promover su ahorro y uso responsable	3
	OA 9 (E.P6.CFQ): Investigar en forma experimental la transformación de la energía de una forma a otra, dando ejemplos y comunicando sus conclusiones	8
	OA 10 (E.P6.CFQ): Demostrar, por medio de la investigación experimental, que el calor fluye de un objeto caliente a uno frío hasta que ambos alcanzan la misma temperatura	5
	OA 11 (E.P6.CFQ): Clasificar los recursos naturales energéticos en no renovables y renovables y proponer medidas para el uso responsable de la energía	1
Secundaria	OA 13 (E.P8.Q): Desarrollar modelos que expliquen que la materia está constituida por átomos que interactúan, generando diversas partículas y sustancias	3
Técnico Profesional	OAI (E.TP3.QI): Utilizar eficientemente los insumos para los procesos productivos y disponer cuidadosamente los desechos, en una perspectiva de eficiencia energética y cuidado ambiental	3

Uso de materias primas renovables

Principio 7: Las materias primas deben ser renovables, cuando técnica y económicamente sea posible.

Pregunta 7: ¿Pueden ser sus residuos domiciliarios una materia prima? ¿Cuáles otros residuos pueden ser materias primas y para que los usaría?

Para el **principio 7**, se identificaron **7** Objetivos de Aprendizaje (OA) del currículum chileno (Figura SE) correspondientes a enseñanza primaria, secundaria y técnico profesional, relacionados con los ejes de la asignatura de Ciencias Naturales: Ciencias de la Vida, Ciencias Físicas y Químicas, Ciencias de la Tierra y El Universo, Química y la especialidad Química Industrial. En la tercer columna se observa la frecuencia de cada uno de los OA identificados en este principio, lo que implica **9** OA en total.

Nivel de Enseñanza	Objetivos de aprendizaje	Frecuencia Observada
Primaria	OA 10 (E.P1.CFQ): Diseñar instrumentos tecnológicos simples, considerando diversos materiales y sus propiedades para resolver problemas cotidianos	1
	OA 6 (E.P2.CV): Identificar y comunicar los efectos de la actividad humana sobre los animales y su hábitat	1

	OA 5 (E.P3.CV): Explicar la importancia de usar adecuadamente los recursos, proponiendo acciones y construyendo instrumentos tecnológicos para reutilizarlos, reducirlos y reciclarlos en la casa y en la escuela	2
	OA 4 (E.P4.CV): Analizar los efectos de la actividad humana en ecosistemas de Chile, proponiendo medidas para protegerlos (parques nacionales y vedas, entre otras)	1
	OA 14 (E.P5.CTU): Investigar y explicar efectos positivos y negativos de la actividad humana en los océanos, lagos, ríos, glaciares, entre otros, proponiendo acciones de protección de las reservas hídricas en Chile y comunicando sus resultados	1
Secundaria	OA 17 (E.S2.Q): Crear modelos del carbono y explicar sus propiedades como base para la formación de moléculas útiles para los seres vivos (biomoléculas presentes en la célula) y el entorno (hidrocarburos como petróleo y sus derivados)	2
Técnico Profesional	OAI (E.TP3.QI): Utilizar eficientemente los insumos para los procesos productivos y disponer cuidadosamente los desechos, en una perspectiva de eficiencia energética y cuidado ambiental	1

Reducir el uso de derivados

Principio 8: Debe evitarse el uso y generación de derivados (grupos bloqueantes, protección/desprotección, modificación temporal de las condiciones físicas/químicas) cuando sea posible.

Pregunta 8: Además del laboratorio ¿En qué otras actividades cotidianas se pueden reducir: la cantidad de etapas de un proceso, la cantidad de reactivos, la cantidad de derivados, el uso de la energía, etc.

Para el **principio 8**, se identificaron **7** Objetivos de Aprendizaje (OA) del currículum chileno (Figura SE) correspondientes a enseñanza primaria, secundaria y técnico profesional, relacionados con los ejes de la asignatura de Ciencias Naturales: Ciencias de la Vida, Ciencias Físicas y Químicas, Química y la especialidad Química Industrial. En la tercer columna se observa la frecuencia de cada uno de los OA identificados en este principio, lo que implica **9** OA en total.

Nivel de Enseñanza	Objetivos de aprendizaje	Frecuencia Observada
Primaria	OA 7 (E.P1.CV): Describir, dar ejemplos y practicar hábitos de vida saludable para mantener el cuerpo sano y prevenir enfermedades (actividad física, aseo del cuerpo, lavado de alimentos y alimentación saludable, entre otros).	1
	OA 8 (E.P6.CFQ): Explicar que la energía es necesaria para que los objetos cambien y los seres vivos realicen sus procesos vitales, y que la mayoría de los recursos energéticos provienen directa o indirectamente del Sol, dando ejemplos de ello	4

	OA 11 (E.P6.CFQ): Clasificar los recursos naturales energéticos en no renovables y renovables y proponer medidas para el uso responsable de la energía	1
Secundaria	OA 20 (E.S1.Q): Establecer relaciones cuantitativas entre reactantes y productos en reacciones químicas (estequiometría) y explicar la formación de compuestos útiles para los seres vivos, como la formación de la glucosa en la fotosíntesis	1
	OA 10 (E.S4.Q): Descripción de los mecanismos de formación de polímeros naturales y artificiales importantes, por ejemplo, en la síntesis de proteínas, en la producción de vestimentas o plásticos	1
	OA 12 (E.S4.Q): Identificación de las ventajas y desventajas del uso de energía nuclear en comparación con otras fuentes de energía renovable y no renovable en el contexto de los requerimientos energéticos del país	1

Catálisis

Principio 9: Los reactivos catalíticos (tan selectivos como sea posible) son mejores que los reactivos estequiométricos.

Pregunta 9: ¿En su entorno, es posible observar catalizadores distintos de los de un automóvil? ¿Aceleran o retrasan las reacciones químicas?

Para el **principio 9**, se identificaron **4** Objetivos de Aprendizaje (OA) del currículo chileno (Figura SE) correspondientes a enseñanza primaria, secundaria y técnico profesional, relacionados con los ejes de la asignatura de Ciencias Naturales: Ciencias de la Vida, Química y la especialidad Química Industrial. En la tercer columna se observa la frecuencia de cada uno de los OA identificados en este principio, lo que implica **6** OA en total.

Nivel de Enseñanza	Objetivos de aprendizaje	Frecuencia Observada
Primaria	OA 2 (E.P5.CV): Identificar y describir, por medio de modelos, las estructuras básicas del sistema digestivo (boca, esófago, estómago, hígado, intestino delgado, intestino grueso, recto, ano) y sus funciones en la digestión, la absorción de alimentos y la eliminación de desechos	1
Secundaria	OA 17 (E.S1.Q): Investigar experimentalmente y explicar, usando evidencias, que la fermentación, la combustión provocada por un motor y un calefactor, y la oxidación de metales, entre otras, son reacciones químicas presentes en la vida diaria, considerando: La producción de gas, la formación de precipitados, el cambio de temperatura, color y olor, y la emisión de luz, entre otros. La influencia de la cantidad de sustancia, la temperatura, el volumen y la presión en ellas. Su representación simbólica en ecuaciones químicas. Su impacto en los seres vivos y el entorno	1

OA 7 (E.S3.Q): Explicación de los efectos producidos por diversos factores que influyen en la velocidad y el equilibrio de las reacciones químicas: grado de división, concentración, temperatura, presión	1
OA 8 (E.S3.Q): Descripción de la acción de catalizadores para explicar procesos relevantes como la catálisis enzimática, la hidrogenación de aceites en la preparación de margarina, la obtención de amoníaco, entre otros.	3

Diseño para la degradación

Principio 10: Los productos químicos deben diseñarse de manera que su función no persista en el medio ambiente y puedan degradarse a productos inocuos.

Pregunta 10: ¿Qué ventajas y desventajas habría si mañana se aplicase en Santiago la misma medida que en Pucón respecto a prohibir el uso de bolsas plásticas?

Para el **principio 10**, se identificaron **5** Objetivos de Aprendizaje (OA) del currículum chileno (Tabla SE) correspondientes a enseñanza primaria, secundaria y técnico profesional, relacionados con los ejes de la asignatura de Ciencias Naturales: Ciencias de la Vida, Ciencias Físicas y Químicas, Ciencias de la Tierra y el Universo y Química. En la tercer columna se observa la frecuencia de cada uno de los OA identificados en este principio, lo que implica **8** OA en total.

Nivel de Enseñanza	Objetivos de aprendizaje	Frecuencia Observada
Primaria	OA 8 (E.P1.CFQ): Explorar y describir los diferentes tipos de materiales en diversos objetos, clasificándolos según sus propiedades (goma-flexible, plástico-impermeable) e identificando su uso en la vida cotidiana	2
	OA 4 (E.P4.CV): Analizar los efectos de la actividad humana en ecosistemas de Chile, proponiendo medidas para protegerlos (parques nacionales y vedas, entre otras)	1
	OA 14 (E.P5.CTU): Investigar y explicar efectos positivos y negativos de la actividad humana en los océanos, lagos, ríos, glaciares, entre otros, proponiendo acciones de protección de las reservas hídricas en Chile y comunicando sus resultados	2
	OA 16 (E.P6.CTU): Describir las características de las capas de la Tierra (atmósfera, litósfera e hidrósfera) que posibilitan el desarrollo de la vida y proveen recursos para el ser humano, y proponer medidas de protección de dichas capas	2
Secundaria	OA 7 (E.S3.Q): Explicación de los efectos producidos por diversos factores que influyen en la velocidad y el equilibrio de las reacciones químicas: grado de división, concentración, temperatura, presión	1

Análisis en tiempo real

Principio 11: Necesidad de desarrollo de metodologías analíticas que permitan analizar, monitorear y controlar previamente a la formación de sustancias peligrosas.

Pregunta 11: ¿Es consciente de realizar acciones cotidianas que reduzcan los impactos negativos en el ambiente? Entregue un ejemplo brevemente

Para el **principio 11**, se identificaron **4** Objetivos de Aprendizaje (OA) del currículum chileno (Figura SE) correspondientes a enseñanza primaria, secundaria y técnico profesional, relacionados con los ejes de la asignatura de Ciencias Naturales: Ciencias de la Vida, Ciencias Físicas y Químicas, Ciencias de la Tierra y el Universo y Biología y la especialidad de Química Industrial. En la tercer columna se observa la frecuencia de cada uno de los OA identificados en este principio, lo que implica **4** OA en total.

Nivel de Enseñanza	Objetivos de aprendizaje	Frecuencia Observada
Primaria	OA 5 (E.P3.CV): Explicar la importancia de usar adecuadamente los recursos, proponiendo acciones y construyendo instrumentos tecnológicos para reutilizarlos, reducirlos y reciclarlos en la casa y en la escuela	1
	OA 11 (E.P5.CFQ): Explicar la importancia de la energía eléctrica en la vida cotidiana y proponer medidas para promover su ahorro y uso responsable	1
	OA 14 (E.P5.CTU): Investigar y explicar efectos positivos y negativos de la actividad humana en los océanos, lagos, ríos, glaciares, entre otros, proponiendo acciones de protección de las reservas hídricas en Chile y comunicando sus resultados	1
Secundaria	OA 6 (E.P7.B): Investigar y explicar el rol de microorganismos (bacterias y hongos) en la biotecnología, como en la Descontaminación ambiental, Producción de alimentos y fármacos, Obtención del cobre, Generación de metano	1

Síntesis químicas más seguras

Principio 12: Deben escogerse las sustancias y la forma de una sustancia utilizada en un proceso químico de manera que se minimice el potencial de accidentes químicos, incluyendo escapes, explosiones e incendios.

Pregunta 12: ¿Debes preocuparte del origen de algunas sustancias como los edulcorantes?

Para el **principio 12**, se identificaron **4** Objetivos de Aprendizaje (OA) del currículum chileno (Figura SE) correspondientes a enseñanza primaria, secundaria y técnico profesional, relacionados con los ejes de la asignatura de Ciencias Naturales: Ciencias Físicas y Químicas, Física, Química y la especialidad de Química Industrial. En la tercer columna se observa la frecuencia de cada uno de los OA identificados en este principio, lo que implica **4** OA en total.

Nivel de Enseñanza	Objetivos de aprendizaje	Frecuencia Observada
Primaria	OA 8 (E.P1.CFQ): Explorar y describir los diferentes tipos de materiales en diversos objetos, clasificándolos según sus propiedades (goma-flexible, plástico-impermeable) e identificando su uso en la vida cotidiana	1
Secundaria	OA 14 (E.P7.Q): Investigar experimentalmente y explicar la clasificación de la materia en sustancias puras y mezclas (homogéneas y heterogéneas), los procedimientos de separación de mezclas (decantación, filtración, tamizado y destilación), considerando su aplicación industrial en la metalurgia, la minería y el tratamiento de aguas servidas, entre otros	1
	OA 10: (E.P8.F): Analizar un circuito eléctrico domiciliario y comparar experimentalmente los circuitos eléctricos, en serie y en paralelo, en relación con la: energía eléctrica; diferencia de potencia; intensidad de corriente; potencia eléctrica; resistencia eléctrica; eficiencia energética	1
	OA 17 (E.S1.Q): Investigar experimentalmente y explicar, usando evidencias, que la fermentación, la combustión provocada por un motor y un calefactor, y la oxidación de metales, entre otras, son reacciones químicas presentes en la vida diaria, considerando: La producción de gas, la formación de precipitados, el cambio de temperatura, color y olor, y la emisión de luz, entre otros. La influencia de la cantidad de sustancia, la temperatura, el volumen y la presión en ellas. Su representación simbólica en ecuaciones químicas. Su impacto en los seres vivos y el entorno	1

4.3 Frecuencia de cada uno de los Objetivos de Aprendizaje identificados en las respuestas de los/as investigadores/as

Prevención

Principio 1 “Es mejor prevenir la formación de residuos que limpiarlos una vez formados”

Pregunta 1: ¿Por qué razón se promueve botar aceite en un recipiente y no en la alcantarilla? ¿Ha calculado cuánta agua ha contaminado o prevenido de posibles contaminaciones en su hogar?

Actividad 1: Comprender que los costes de los residuos químicos son una grave responsabilidad económica, medioambiental y social para aplicar la prevención, a través de la verificación experimental de las relaciones existentes entre la temperatura y la concentración de soluciones en relación con la contaminación de los océanos y el petróleo como desecho.

Para el **principio 1** se identificaron **11** Contenidos Conceptuales (CC) por profesionales del área de Biología (B), Física (F), Geología (G) y Química (Q) (Ver Tabla SO). En la tercer columna se observa la frecuencia de cada uno de los CC identificados para este principio, lo que implica **64** CC en total.

Disciplina de origen	Extracto de la respuesta	Frecuencia Observada
Biología	CC_B: Controversias Científico-tecnológica	1
	CC_B: Efectos de la actividad humana en ecosistemas y medidas para su protección	15
	CC_B: Flujo y procesamiento de energía en los sistemas biológicos	3
	CC_B: Estructuras, jerarquías y sistemas biológicos: características, propiedades e interacciones	1
	CC_B: Seguridad del trabajo experimental en la escuela y prevención de accidentes	1
	CC_B: Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas	3
	CC_B: Tipos de Energía y Eficiencia Energética y Energías renovables	1
Física	CC_F: Desarrollo científico tecnológico y calidad de vida de las personas	1
	CC_F: Modelo de energía; Uso responsable de la Energía y Eficiencia Energética	2
	CC_F: Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas	1
	CC_F: Interrelación entre el calor y el trabajo con reacciones químicas o con cambios físicos: características y propiedades	2
Geología	CC_G: Efectos de las actividad humana y acciones de protección en las capas de la tierra	7
	CC_G: Gestión ambiental y desarrollo sostenible	3
Química	CC_Q: Cambios físicos y químicos de la materia, incluidas reacciones químicas y estequiometría: propiedades y características	1
	CC_Q: Propiedades y tipos de materiales	1
	CC_Q: Modelo atómico-molecular; Enlace químico y fuerzas intermoleculares	9
	CC_Q: Química Orgánica y reactividad; Propiedades y formación de polímeros	3
	CC_Q: Propiedades y características de las sustancias puras, mezclas y disoluciones químicas	9

Economía Atómica

Principio 2: “Los métodos sintéticos deben diseñarse para maximizar la incorporación en el producto final de todos los materiales usados en el proceso”

Pregunta 2: ¿Es todo el CO₂ producido, dañino para el medio ambiente?

Actividad 2: Calcular y analizar el factor E, como medida de verdor/Comparar la formación de CO₂ a partir de fruta y levadura v/s ácido acético y bicarbonato de sodio, en función de la economía atómica y el factor -E

Para el **principio 2** se identificaron **19** Contenidos Conceptuales (CC) por profesionales del área de Biología (B), Física (F), Geología (G) y Química (Q) (Ver Tabla SO). En la tercer columna se observa la frecuencia de cada uno de los CC identificados para este principio, lo que implica **56** CC en total.

Disciplina de origen	Extracto de la respuesta	Frecuencia Observada
Biología	CC_B: Interacción/es cíclicas de distintos elementos químicos y sus reservorios en el planeta y los efectos de la acción humana en ellos	3
	CC_B: Efectos de la actividad humana en ecosistemas y medidas para su protección	2
	CC_B: Flujo y procesamiento de energía en los sistemas biológicos	3
	CC_B: Estructuras, jerarquías y sistemas biológicos: características, propiedades e interacciones	3
	CC_B: Seguridad del trabajo experimental en la escuela y prevención de accidentes	1
Física	CC_F: CC_F: Desarrollo científico tecnológico y calidad de vida de las personas	1
	CC_F: Modelo de energía; Uso responsable de la Energía y Eficiencia Energética	2
	CC_F: Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas	1
	CC_F: Interrelación entre el calor y el trabajo con reacciones químicas o con cambios físicos: características y propiedades	1
Geología	CC_G: Efectos de las actividad humana y acciones de protección en las capas de la tierra	3
	CC_G: Interacción/es cíclicas de distintos elementos químicos y sus reservorios en el planeta y los efectos de la acción humana en ellos	1
	CC_G: Gestión ambiental y desarrollo sostenible	1
Química	CC_Q: Cambios físicos y químicos de la materia, incluidas reacciones químicas y estequiometría: propiedades y características	17
	CC_Q: Catalizadores, uso y efectos de catalizadores, diferentes tipos de catalizadores; Reacciones que incluyan catálisis	1
	CC_Q: Procesos y efectos en la sociedad y el ambiente de la industria química	4
	CC_Q: Química Orgánica y reactividad; Propiedades y formación de polímeros	8

	CC_Q: Recursos naturales renovables y no renovables	1
	CC_Q: Propiedades y características de las sustancias puras, mezclas y disoluciones químicas	1
	CC_Q: Tipos de Energía y Eficiencia Energética y Energías renovables	2

Métodos de síntesis menos peligrosos

Principio 3: “Siempre que sea posible, deben diseñarse metodologías sintéticas que usen y generen sustancias que no sean tóxicas para la salud y el medio ambiente.”

Pregunta 3: ¿Debes preocuparte del origen de algunas sustancias como los edulcorantes?

Actividad 3: Comprender el impacto de productos de diferente toxicidad/Comparar diferentes indicadores ácido – base y su utilidad (repollo morado y cúrcuma). Evaluar, cualitativamente, la toxicidad de todos los productos

Para el **principio 3** se identificaron **18** Contenidos Conceptuales (CC) por profesionales del área de Biología (B), Física (F), Geología (G) y Química (Q) (Ver Tabla SO). En la tercer columna se observa la frecuencia de cada uno de los CC identificados para este principio, lo que implica **50** CC en total.

Disciplina de origen	Extracto de la respuesta	Frecuencia Observada
Biología	CC_B: Interacción/es cíclicas de distintos elementos químicos y sus reservorios en el planeta y los efectos de la acción humana en ellos	1
	CC_B: Controversias Científico-tecnológica	2
	CC_B: Relación e interrelación de los sistemas del cuerpo humano y factores que afectan su funcionamiento	5
	CC_B: Efectos de la actividad humana en ecosistemas y medidas para su protección	2
	CC_B: Estructuras, jerarquías y sistemas biológicos: características, propiedades e interacciones	1
	CC_B: Seguridad del trabajo experimental en la escuela y prevención de accidentes	1
	CC_B: Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas	3
Física	CC_F: Modelo de energía; Uso responsable de la Energía y Eficiencia Energética	1
	CC_F: Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas	2
Geología	CC_G: Efectos de las actividad humana y acciones de protección en las capas de la tierra	5

Química	CC_G: Interacción/es cíclicas de distintos elementos químicos y sus reservorios en el planeta y los efectos de la acción humana en ellos	2
	CC_G: Gestión ambiental y desarrollo sostenible	2
	CC_Q: Química de procesos biológicos	2
	CC_Q: Cambios físicos y químicos de la materia, incluidas reacciones químicas y estequiometría: propiedades y características	10
	CC_Q: Procesos y efectos en la sociedad y el ambiente de la industria química	4
	CC_Q: Química Orgánica y reactividad; Propiedades y formación de polímeros	5
	CC_Q: Propiedades y características de las sustancias puras, mezclas y disoluciones químicas	2

Diseño de productos más seguros

Principio 4: “Los productos químicos deben diseñarse para mantener la eficacia de su función, pero reduciendo la toxicidad.”

Pregunta 4: ¿Todo lo químico es tóxico?

Actividad 4: Identificar sustancias peligrosas y reemplazarlas por otras menos peligrosas/Comparar la utilidad y toxicidad de un biopolímero con un polímero de uso común y sus implicancias ambientales

Para el **principio 4** se identificaron **17** Contenidos Conceptuales (CC) por profesionales del área de Biología (B), Física (F), Geología (G) y Química (Q) (Ver Tabla SO). En la tercer columna se observa la frecuencia de cada uno de los CC identificados para este principio, lo que implica **58** CC en total.

Disciplina de origen	Extracto de la respuesta	Frecuencia Observada
Biología	CC_B: Efectos de la actividad humana en ecosistemas y medidas para su protección	2
	CC_B: Flujo y procesamiento de energía en los sistemas biológicos	1
	CC_B: Estructuras, jerarquías y sistemas biológicos: características, propiedades e interacciones	2
	CC_B: Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas	1
Física	CC_F: Desarrollo científico tecnológico y calidad de vida de las personas	1
	CC_F: Modelo de energía; Uso responsable de la Energía y Eficiencia Energética	1
	CC_F: Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas	2

Geología	CC_G: Efectos de las actividad humana y acciones de protección en las capas de la tierra	1
	CC_G: Interacción/es cíclicas de distintos elementos químicos y sus reservorios en el planeta y los efectos de la acción humana en ellos	1
	CC_G: Gestión ambiental y desarrollo sostenible	3
Química	CC_Q: Química de procesos biológicos	2
	CC_Q: Cambios físicos y químicos de la materia, incluidas reacciones químicas y estequiometría: propiedades y características	18
	CC_Q: Energía nuclear: usos, características y reactividad	1
	CC_Q: Procesos y efectos en la sociedad y el ambiente de la industria química	8
	CC_Q: Química Orgánica y reactividad; Propiedades y formación de polímeros	12
	CC_Q: Propiedades y características de las sustancias puras, mezclas y disoluciones químicas	1
	CC_Q: Tipos de Energía y Eficiencia Energética y Energías renovables	1

Disolventes y auxiliares más seguros

Principio 5: “El uso de sustancias auxiliares (por ejemplo, disolventes, agentes de separación, entre otros) debería ser innecesario en la medida de lo posible e inocuo cuando sean necesarios.”

Pregunta 5: Si el agua se considera el "Solvente Universal", ¿puede usar el agua para limpiar cualquier mancha que tenga alguna tela? ¿En qué debe poner atención para elegir un solvente?

Actividad 5: Evaluar el uso del agua como disolvente verde y los impactos de los disolventes tradicionales/Analizar las propiedades de distintos solventes y solventes verdes relacionando sus características con las interacciones intermoleculares y sus efectos en el ambiente

Para el **principio 5** se identificaron **15** Contenidos Conceptuales (CC) por profesionales del área de Biología (B), Física (F), Geología (G) y Química (Q) (Ver Tabla SO). En la tercer columna se observa la frecuencia de cada uno de los CC identificados para este principio, lo que implica **42** CC en total.

Disciplina de origen	Extracto de la respuesta	Frecuencia Observada
Biología	CC_B: Efectos de la actividad humana en ecosistemas y medidas para su protección	3
	CC_B: Flujo y procesamiento de energía en los sistemas biológicos	1
	CC_B: Estructuras, jerarquías y sistemas biológicos: características, propiedades e interacciones	1

	CC_B: Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas	2
Física	CC_F: Modelo de energía; Uso responsable de la Energía y Eficiencia Energética	4
	CC_F: Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas	1
	CC_F: Interrelación entre el calor y el trabajo con reacciones químicas o con cambios físicos: características y propiedades	1
Geología	CC_G: Gestión ambiental y desarrollo sostenible	1
Química	CC_Q: Química de procesos biológicos	2
	CC_Q: Cambios físicos y químicos de la materia, incluidas reacciones químicas y estequiometría: propiedades y características	2
	CC_Q: Procesos y efectos en la sociedad y el ambiente de la industria química	2
	CC_Q: Propiedades y tipos de materiales	1
	CC_Q: Modelo atómico-molecular; Enlace químico y fuerzas intermoleculares	10
	CC_Q: Química Orgánica y reactividad; Propiedades y formación de polímeros	7
	CC_Q: Propiedades y características de las sustancias puras, mezclas y disoluciones químicas	4

Eficacia energética

Principio 6: Los requerimientos energéticos deben tomarse en cuenta y ser minimizados, debido a su impacto medioambiental y económico. Los métodos sintéticos deben realizarse a temperatura ambiente cuando sea posible.

Pregunta 6: Prejuicio por el uso del Microonda, ¿Mito o realidad?, ¿Qué opina usted al respecto?

Actividad 5: Seleccionar las fuentes de energía más eficientes en una reacción química/Analizar las diferencias empíricas entre energía electromagnética y térmica. Valorar las ventajas de utilizar la radiación electromagnética (horno microondas) en una reacción química.

Para el **principio 6** se identificaron **18** Contenidos Conceptuales (CC) por profesionales del área de Biología (B), Física (F), Geología (G) y Química (Q) (Ver Tabla SO). En la tercer columna se observa la frecuencia de cada uno de los CC identificados para este principio, lo que implica **43** CC en total.

Disciplina de origen	Extracto de la respuesta	Frecuencia Observada
Biología	CC_B: Relación e interrelación de los sistemas del cuerpo humano y factores que afectan su funcionamiento	2

	CC_B: Efectos de la actividad humana en ecosistemas y medidas para su protección	2
	CC_B: Flujo y procesamiento de energía en los sistemas biológicos	3
	CC_B: Estructuras, jerarquías y sistemas biológicos: características, propiedades e interacciones	1
	CC_B: Tipos de Energía y Eficiencia Energética y Energías renovables	5
Física	CC_F: Modelo de energía; Uso responsable de la Energía y Eficiencia Energética	5
	CC_F: Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas	1
	CC_F: Interrelación entre el calor y el trabajo con reacciones químicas o con cambios físicos: características y propiedades	2
Geología	CC_G: Gestión ambiental y desarrollo sostenible	2
Química	CC_Q: Cambios físicos y químicos de la materia, incluidas reacciones químicas y estequiometría: propiedades y características	3
	CC_Q: Cinética de reacciones químicas; factores que afectan la cinética de las reacciones	1
	CC_Q: Energía nuclear: usos, características y reactividad	1
	CC_Q: Procesos y efectos en la sociedad y el ambiente de la industria química	2
	CC_Q: Modelo atómico-molecular; Enlace químico y fuerzas intermoleculares	1
	CC_Q: Química Orgánica y reactividad; Propiedades y formación de polímeros	2
	CC_Q: Recursos naturales renovables y no renovables	1
	CC_Q: Interrelación entre el calor y el trabajo con reacciones químicas o con cambios físicos: características y propiedades	4
	CC_Q: Tipos de Energía y Eficiencia Energética y Energías renovables	5

Uso de materias primas renovables

Principio 7: Las materias primas deben ser renovables, cuando técnica y económicamente sea posible.

Pregunta 7: ¿Pueden ser sus residuos domiciliarios una materia prima? ¿Cuáles otros residuos pueden ser materias primas y para que los usaría?

Actividad 7: Promover el uso de residuos como materia prima/Analizar y replicar el proceso de formación de biodiesel a partir de un compuesto reciclado (aceite usado).

Para el **principio 7** se identificaron **16** Contenidos Conceptuales (CC) por profesionales del área de Biología (B), Física (F), Geología (G) y Química (Q) (Ver Tabla SO). En la tercer columna se observa la frecuencia de cada uno de los CC identificados para este principio, lo que implica **41** CC en total.

Disciplina de origen	Extracto de la respuesta	Frecuencia Observada
Biología	CC_B: Efectos de la actividad humana en ecosistemas y medidas para su protección	4
	CC_B: Flujo y procesamiento de energía en los sistemas biológicos	1
	CC_B: Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas	4
	CC_B: Tipos de Energía y Eficiencia Energética y Energías renovables	3
Física	CC_F: Desarrollo científico tecnológico y calidad de vida de las personas	1
	CC_F: Modelo de energía; Uso responsable de la Energía y Eficiencia Energética	3
	CC_F: Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas	1
Geología	CC_G: Efectos de las actividad humana y acciones de protección en las capas de la tierra	1
	CC_G: Gestión ambiental y desarrollo sostenible	3
Química	CC_Q: Cambios físicos y químicos de la materia, incluidas reacciones químicas y estequiometría: propiedades y características	1
	CC_Q: Procesos y efectos en la sociedad y el ambiente de la industria química	3
	CC_Q: Modelo atómico-molecular; Enlace químico y fuerzas intermoleculares	2
	CC_Q: Química Orgánica y reactividad; Propiedades y formación de polímeros	8
	CC_Q: Propiedades y características de las sustancias puras, mezclas y disoluciones químicas	4
	CC_Q: Interrelación entre el calor y el trabajo con reacciones químicas o con cambios físicos: características y propiedades	1
	CC_Q: Tipos de Energía y Eficiencia Energética y Energías renovables	1

Reducir el uso de derivados

Principio 8: Debe evitarse el uso y generación de derivados (grupos bloqueantes, protección/desprotección, modificación temporal de las condiciones físicas/químicas) cuando sea posible.

Pregunta 8: Además del laboratorio ¿En qué otras actividades cotidianas se pueden reducir: la cantidad de etapas de un proceso, la cantidad de reactivos, la cantidad de derivados, el uso de la energía, etc.

Actividad 8: Evaluar las fases y el uso de la energía en las acciones cotidianas, como analogía de la síntesis química/Desarrollar la comprensión de la importancia de evitar el uso y la generación de derivados; comparar rutas sintéticas y evaluarlas (reactivos, productos, etapas, auxiliares, derivados y residuos).

Para el **principio 8** se identificaron **11** Contenidos Conceptuales (CC) por profesionales del área de Biología (B), Física (F), Geología (G) y Química (Q) (Ver Tabla SO). En la tercer columna se observa la frecuencia de cada uno de los CC identificados para este principio, lo que implica **27** CC en total.

Disciplina de origen	Extracto de la respuesta	Frecuencia Observada
Biología	CC_B: Relación e interrelación de los sistemas del cuerpo humano y factores que afectan su funcionamiento	3
	CC_B: Efectos de la actividad humana en ecosistemas y medidas para su protección	2
	CC_B: Flujo y procesamiento de energía en los sistemas biológicos	1
	CC_B: Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas	1
Física	CC_F: Modelo de energía; Uso responsable de la Energía y Eficiencia Energética	2
Geología	CC_G: Gestión ambiental y desarrollo sostenible	1
Química	CC_Q: Cambios físicos y químicos de la materia, incluidas reacciones químicas y estequiometría: propiedades y características	2
	CC_Q: Procesos y efectos en la sociedad y el ambiente de la industria química	3
	CC_Q: Química Orgánica y reactividad; Propiedades y formación de polímeros	8
	CC_Q: Propiedades y características de las sustancias puras, mezclas y disoluciones químicas	3
	CC_Q: Interrelación entre el calor y el trabajo con reacciones químicas o con cambios físicos: características y propiedades	1

Catálisis

Principio 9: Los reactivos catalíticos (tan selectivos como sea posible) son mejores que los reactivos estequiométricos.

Pregunta 9: ¿En su entorno, es posible observar catalizadores distintos de los de un automóvil? ¿Aceleran o retrasan las reacciones químicas?

Actividad 9: Comprender la relevancia y el funcionamiento de los catalizadores/ A través de simples experimentos de laboratorio, demostrar parámetros que afectan la velocidad de una reacción.

Para el **principio 9** se identificaron **15** Contenidos Conceptuales (CC) por profesionales del área de Biología (B), Física (F), Geología (G) y Química (Q) (Ver Tabla SO). En la tercer columna se observa la frecuencia de cada uno de los CC identificados para este principio, lo que implica **33** CC en total.

Disciplina de origen	Extracto de la respuesta	Frecuencia Observada
Biología	CC_B: Relación e interrelación de los sistemas del cuerpo humano y factores que afectan su funcionamiento	1
	CC_B: Flujo y procesamiento de energía en los sistemas biológicos	1
	CC_B: Estructuras, jerarquías y sistemas biológicos: características, propiedades e interacciones	2
	CC_B: Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas	2
Física	CC_F: Modelo de energía; Uso responsable de la Energía y Eficiencia Energética	3
	CC_F: Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas	1
	CC_F: Interrelación entre el calor y el trabajo con reacciones químicas o con cambios físicos: características y propiedades	1
Geología	CC_G: Interacción/es cíclicas de distintos elementos químicos y sus reservorios en el planeta y los efectos de la acción humana en ellos	1
Química	CC_Q: Química de procesos biológicos	2
	CC_Q: Cambios físicos y químicos de la materia, incluidas reacciones químicas y estequiometría: propiedades y características	3
	CC_Q: Energía nuclear: usos, características y reactividad	3
	CC_Q: Cinética de reacciones químicas; factores que afectan la cinética de las reacciones	6
	CC_Q: Modelo atómico-molecular; Enlace químico y fuerzas intermoleculares	1
	CC_Q: Química Orgánica y reactividad; Propiedades y formación de polímeros	2

	CC_Q: Interrelación entre el calor y el trabajo con reacciones químicas o con cambios físicos: características y propiedades	4

Diseño para la degradación

Principio 10: Los productos químicos deben diseñarse de manera que su función no persista en el medio ambiente y puedan degradarse a productos inocuos.

Pregunta 10: ¿Qué ventajas y desventajas habría si mañana se aplicase en Santiago la misma medida que en Pucón respecto a prohibir el uso de bolsas plásticas?

Actividad 10: Diferenciar la concepción de degradabilidad y biodegradabilidad/Predecir y determinar qué materiales son biodegradables y cuáles no, en función de su comportamiento en un periodo determinado.

Para el **principio 10** se identificaron **17** Contenidos Conceptuales (CC) por profesionales del área de Biología (B), Física (F), Geología (G) y Química (Q) (Ver Tabla SO). En la tercer columna se observa la frecuencia de cada uno de los CC identificados para este principio, lo que implica **45** CC en total.

Disciplina de origen	Extracto de la respuesta	Frecuencia Observada
Biología	CC_B: Interacción/es cíclicas de distintos elementos químicos y sus reservorios en el planeta y los efectos de la acción humana en ellos	1
	CC_B: Efectos de la actividad humana en ecosistemas y medidas para su protección	5
	CC_B: Flujo y procesamiento de energía en los sistemas biológicos	1
	CC_B: Estructuras, jerarquías y sistemas biológicos: características, propiedades e interacciones	1
	CC_B: Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas	4
	CC_B: Tipos de Energía y Eficiencia Energética y Energías renovables	1
Física	CC_F: Modelo de energía; Uso responsable de la Energía y Eficiencia Energética	2
	CC_F: Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas	1
	CC_F: Interrelación entre el calor y el trabajo con reacciones químicas o con cambios físicos: características y propiedades	1
Geología	CC_G: Efectos de las actividad humana y acciones de protección en las capas de la tierra	3
	CC_G: Interacción/es cíclicas de distintos elementos químicos y sus reservorios en el planeta y los efectos de la acción humana en ellos	2
	CC_G: Gestión ambiental y desarrollo sostenible	4

Química	CC_Q: Química de procesos biológicos	1
	CC_Q: Cambios físicos y químicos de la materia, incluidas reacciones químicas y estequiometría: propiedades y características	8
	CC_Q: Energía nuclear: usos, características y reactividad	1
	CC_Q: Propiedades y tipos de materiales	1
	CC_Q: Química Orgánica y reactividad; Propiedades y formación de polímeros	8

Análisis en tiempo real

Principio 11: Necesidad de desarrollo de metodologías analíticas que permitan analizar, monitorear y controlar previamente a la formación de sustancias peligrosas.

Pregunta 11: ¿Es consciente de realizar acciones cotidianas que reduzcan los impactos negativos en el ambiente? Entregue un ejemplo brevemente

Actividad 11: Reflexionar sobre las acciones cotidianas y su impacto inmediato en el medio ambiente / Distinguir y llegar a comprender alteraciones en los ciclos biogeoquímicos debido a cambios en las propiedades de algunas soluciones.

Para el **principio 11** se identificaron **14** Contenidos Conceptuales (CC) por profesionales del área de Biología (B), Física (F), Geología (G) y Química (Q) (Ver Tabla SO). En la tercer columna se observa la frecuencia de cada uno de los CC identificados para este principio, lo que implica **38** CC en total.

Disciplina de origen	Extracto de la respuesta	Frecuencia Observada
Biología	CC_B: Interacción/es cíclicas de distintos elementos químicos y sus reservorios en el planeta y los efectos de la acción humana en ellos	5
	CC_B: Efectos de la actividad humana en ecosistemas y medidas para su protección	3
	CC_B: Flujo y procesamiento de energía en los sistemas biológicos	1
	CC_B: Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas	1
	CC_B: Tipos de Energía y Eficiencia Energética y Energías renovables	1
Física	CC_F: Desarrollo científico tecnológico y calidad de vida de las personas	1
	CC_F: Modelo de energía; Uso responsable de la Energía y Eficiencia Energética	2
	CC_F: Interrelación entre el calor y el trabajo con reacciones químicas o con cambios físicos: características y propiedades	1

Geología	CC_G: Efectos de las actividad humana y acciones de protección en las capas de la tierra	2
	CC_G: Interacción/es cíclicas de distintos elementos químicos y sus reservorios en el planeta y los efectos de la acción humana en ellos	2
	CC_G: Gestión ambiental y desarrollo sostenible	3
Química	CC_Q: Cambios físicos y químicos de la materia, incluidas reacciones químicas y estequiometría: propiedades y características	11
	CC_Q: Interacción/es cíclicas de distintos elementos químicos y sus reservorios en el planeta y los efectos de la acción humana en ellos	1
	CC_Q: Propiedades y características de las sustancias puras, mezclas y disoluciones químicas	4

Síntesis químicas más seguras

Principio 12: Deben escogerse las sustancias y la forma de una sustancia utilizada en un proceso químico de manera que se minimice el potencial de accidentes químicos, incluyendo escapes, explosiones e incendios.

Pregunta 12: ¿Debes preocuparte del origen de algunas sustancias como los edulcorantes?

Actividad 12: Revisar los protocolos de seguridad en el laboratorio/Proponer protocolos de actuación en caso de accidentes durante el trabajo experimental y comprender su importancia.

Para el **principio 12** se identificaron **17** Contenidos Conceptuales (CC) por profesionales del área de Biología (B), Física (F), Geología (G) y Química (Q) (Ver Tabla SO). En la tercer columna se observa la frecuencia de cada uno de los CC identificados para este principio, lo que implica **31** CC en total.

Disciplina de origen	Extracto de la respuesta	Frecuencia Observada
Biología	CC_B: Relación e interrelación de los sistemas del cuerpo humano y factores que afectan su funcionamiento	1
	CC_B: Efectos de la actividad humana en ecosistemas y medidas para su protección	3
	CC_B: Seguridad del trabajo experimental en la escuela y prevención de accidentes	1
	CC_B: Consumo y uso sostenible de recursos y sustancias químicas	2
Física	CC_F: Modelo de energía; Uso responsable de la Energía y Eficiencia Energética	2
	CC_F: Seguridad del trabajo experimental en la escuela y prevención de accidentes	3

Anexos

Geología	CC_G: Interacción/es cíclicas de distintos elementos químicos y sus reservorios en el planeta y los efectos de la acción humana en ellos	1
	CC_G: Gestión ambiental y desarrollo sostenible	1
Química	CC_Q: Química de procesos biológicos	1
	CC_Q: Cambios físicos y químicos de la materia, incluidas reacciones químicas y estequiometría: propiedades y características	4
	CC_Q: Interacción/es cíclicas de distintos elementos químicos y sus reservorios en el planeta y los efectos de la acción humana en ellos	1
	CC_Q: Energía nuclear: usos, características y reactividad	1
	CC_Q: Procesos y efectos en la sociedad y el ambiente de la industria química	1
	CC_Q: Modelo atómico-molecular; Enlace químico y fuerzas intermoleculares	1
	CC_Q: Química Orgánica y reactividad; Propiedades y formación de polímeros	2
	CC_Q: Seguridad del trabajo experimental en la escuela y prevención de accidentes	4
	CC_Q: Propiedades y características de las sustancias puras, mezclas y disoluciones químicas	2

ANEXOS CAPÍTULO 5

5.1 Trabajos finales, que incluyen las SEA y las reflexiones

5.1.1 SEA 1: Inclusión de la Química Verde en la Educación. Una mirada desde el currículum nacional



Universidad de Chile
FACULTAD DE CIENCIAS
PROGRAMA DE EDUCACIÓN CONTINUA PARA EL MAGISTERIO.

Programa de Educación Continua PEC

Universidad de Chile

“Química Verde”

“Inclusión de la Química Verde en la Educación”

Una mirada desde el currículum nacional

INTEGRANTES:

GRACE MUÑOZ

NATALY CENTELLA

ANA MARÍA YÁÑEZ

PROFESORES

PÍA JOSÉ GONZÁLEZ GARCÍA

SEBASTIÁN FIGUEROA

ANAKENA ORTEGA

CLAUDIO PÉREZ

CONTENIDO

<u>RESUMEN</u>	370
<u>Capítulo I</u>	371
<u>Elementos curriculares</u>	371
<u>1.1 IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD EDUCATIVA</u>	371
<u>1.2 SECUENCIA DIDÁCTICA</u>	372
<u>Capítulo II</u>	377
<u>ARGUMENTACIÓN TEÓRICA</u>	377
<u>2.1 Contexto educativo</u>	377
<u>2.2 Descripción del establecimiento</u>	377
<u>2.3 Descripción del grupo curso</u>	379
<u>2.4 Justificación de la secuencia didáctica a partir del enfoque de la química verde</u>	380
<u>2.5 Relación del principio N° 1, secuencia didáctica y actual currículum nacional</u>	382
<u>Capítulo III</u>	384
<u>Análisis de resultados</u>	384
<u>Gráfico 1</u>	384
<u>Grafico 2</u>	385
<u>Grafico 3</u>	385
<u>Gráfico 4</u>	386
<u>Gráfico 5</u>	386
<u>Gráfico 6</u>	387
<u>Gráfico 7</u>	387
<u>Gráfico 8</u>	388
<u>Gráfico 9</u>	388
<u>Gráfico 10</u>	389
<u>Gráfico 11</u>	390
<u>Gráfico 12</u>	390
<u>Gráfico 13</u>	391
<u>Post Test</u>	392
<u>Gráfico 14</u>	392
<u>Gráfico 15</u>	392
<u>Gráfico 16</u>	393
<u>Gráfico 17</u>	393

Anexos

<u>Gráfico 18</u>	394
<u>Gráfico 19</u>	394
<u>Gráfico 20</u>	395
<u>Gráfico 21</u>	395
<u>Gráfico 22</u>	396
<u>Capítulo IV</u>	397
<u>recursos usado en la implementación</u>	397
<u>Capítulo V</u>	398
<u>FODA de la secuencia didáctica</u>	398
<u>Capítulo VI</u>	399
<u>Anexos</u>	399
<u>Conclusiones</u>	402
<u>Bibliografía</u>	403

Programa de Educación Continua PEC

Universidad de Chile

“Química Verde”

“Inclusión de la Química Verde en la Educación”

Una mirada desde el currículum nacional

RESUMEN

El avance de las sociedades ha traído consigo un sin número de efectos negativos al ambiente, desde este punto de vista y de la rama de la química nace la llamada “química verde”, método científicamente consistente, económicamente eficiente, conducente hacia una civilización sostenible. Desde aquí, la química verde busca prevenir la contaminación antes de que aparezca, diseñar procesos más eficientes y rentables.

Pero la inclusión de todas estas propuestas, abordan campos laborales alejados de uno de los escenarios que creemos más importantes, la educación. Es por ello que decidimos indagar en la inclusión de estas temáticas en el currículum nacional de la república de Chile, e incorporar alguno de los doce principios de la química verde en las prácticas pedagógicas actuales, a fin de poder acercar estas nociones a los futuros factores de cambio, nuestros estudiantes.

CAPÍTULO I

ELEMENTOS CURRICULARES

1.1 IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD EDUCATIVA.

• Eje	Ciencias de la Tierra y el Universo
• Unidad	Primera unidad I: “El agua”
• Objetivo de Aprendizaje	OA_14 Investigar y explicar efectos positivos y negativos de la actividad humana en los océanos, lagos, ríos, glaciares, entre otros, proponiendo acciones de protección de las reservas hídricas en Chile y comunicando sus resultados.
• Diseño didáctico	Método de Indagación Científica.
• Actividad clase 1	¿Creen ustedes que estos efectos negativos producto de las diversas actividades humanas pudieron haberse evitado?
• Actividad clase 2	¿Qué ocurrió en el ecosistema del río cruces que causó la muerte de los cisnes? ¿Creen que se pudo haber evitado la muerte de estas especies y su alimento?
• Actividad clase 3	¿Cómo afecta la contaminación del agua al desarrollo de una planta?
• Actividad clase 4	¿Qué acciones cotidianas podrían contribuir a evitar futuras contaminaciones del recurso hídrico?

Clase N.º 1

Destrezas:

- Investigar
- Indagar
- Analizar
- Comunicar

Actitudes:

- Participación activa
- Respeto
- Reflexionar

Contenidos: “Contaminación del agua”

OA_14 Investigar y explicar efectos positivos y negativos de la actividad humana en los océanos, lagos, ríos, glaciares, entre otros, proponiendo acciones de protección de las reservas hídricas en Chile y comunicando sus resultados.

Objetivo de la clase: Conocer los efectos negativos de la actividad humana en la contaminación de las aguas.

Actividades de Aprendizajes:

Realizan dos investigaciones:

1. Recursos marinos por región a lo largo de Chile.
2. Contaminación de las aguas a lo largo de Chile.

Inicio: Observan videos de actividades humanas que provocaron efectos negativos en las diferentes fuentes hídricas.

Desarrollo: Exponen sus trabajos de investigación, en donde comparan y reflexionan en relación a los recursos hídricos disponibles a lo largo de Chile y el daño causado por diversas actividades humanas.

Cierre: Se plantea la siguiente pregunta:

¿Creen ustedes que estos efectos negativos producto de las diversas actividades humanas pudieron haberse evitado?

Evaluación: Sumativa

1.2 SECUENCIA DIDÁCTICA.

Clase N.º 2

Destrezas:

- Observar
- Indagar
- Comunicar

Actitudes:

- Participación activa
- Respeto
- Reflexión.

Contenidos: Contaminación del agua

OA_14 Investigar y explicar efectos positivos y negativos de la actividad humana en los océanos, lagos, ríos, glaciares, entre otros, proponiendo acciones de protección de las reservas hídricas en Chile y comunicando sus resultados.

Objetivo de la clase: Conocer los efectos negativos de la actividad humana en la contaminación de las aguas.

Actividades de Aprendizajes:

Inicio:

- Aplicación de pre-test
- Introducción a la química verde (principio N°1) y se establece relación del principio con la clase anterior, enfocada a la pregunta de cierre.

¿Creen ustedes que estos efectos negativos producto de las diversas actividades humanas pudieron haberse evitado?

Desarrollo:

- Observan video 31 minutos sobre desastre en río Cruces en Valdivia.
- Responden preguntas realizadas por el profesor
- Se explica el concepto de prevención.

Cierre:

- Verbalizan sus respuestas.

Evaluación: Formativa.

Clase N.º 3

Destrezas:

- Indagar
- Predecir
- Comunicar

Actitudes:

- Participación activa
- Respeto
- Atención

Contenidos: Contaminación del agua

OA_14 Investigar y explicar efectos positivos y negativos de la actividad humana en los océanos, lagos, ríos, glaciares, entre otros, proponiendo acciones de protección de las reservas hídricas en Chile y comunicando sus resultados.

Objetivo de la clase: Conocer los efectos negativos de la actividad humana en la contaminación de las aguas

Actividades de Aprendizajes:

Inicio:

- Se plantea la siguiente pregunta, recordando la clase anterior **¿Cómo afecta el agua contaminada en el desarrollo de una planta?** Esto a raíz, de cómo la contaminación del río Cruces causó la desaparición del lucheillo alimento principal de los cisnes de cuello negro.

Desarrollo:

- En grupos colocan en vasos de precipitados dos plantas acuáticas. (los rotulan: n°1-n°2-n°3-n°4)
- En el vaso N°1 ponen la planta solo con agua, hasta que esta esté totalmente sumergida.
- En el vaso N° 2 ponen la planta con la mitad de agua y la otra mitad con aceite
- En el vaso N°3 ponen algodón y encima de éste lentejas, las riegan con agua.
- En el vaso N°4 ponen algodón y encima lentejas, las riegan con aceite.
- Registran observaciones una vez por semana

Cierre:

- Predicen acerca de que ocurrirá con las plantas acuáticas y las semillas en agua y en agua con aceite.

Evaluación: Formativa

Clase N.º 4	
Destrezas: • Indagar • Predecir • Comunicar	Actitudes: • Participación activa • Respeto • Atención
Contenidos: Contaminación del agua OA_14 Investigar y explicar efectos positivos y negativos de la actividad humana en los océanos, lagos, ríos, glaciares, entre otros, proponiendo acciones de protección de las reservas hídricas en Chile y comunicando sus resultados. Objetivo de la clase: Proponer acciones de protección de las reservas hídricas en Chile.	
Actividades de Aprendizajes:	
Inicio: • Activan conocimientos previos recordando las experiencias realizadas las clases anteriores. • Comentan lo observado en el caso de las plantas acuáticas y en las semillas. ¿Qué ocurrió?, ¿Ambas semillas germinaron?, ¿afecta la contaminación del agua en la planta acuática?, ¿Cómo ha influido el ser humano en la contaminación del agua del planeta? etc. • Recuerdan principio N° 1 de la química verde	
Desarrollo: • Se plantea la siguiente pregunta ¿Qué acciones cotidianas podrían contribuir a evitar futuras contaminaciones del recurso hídrico?, Se registran sus ideas en la pizarra. • Realizan afiche digital, el cual será compartido en Facebook y en su perfil de wasap, con la intención generar conciencia acerca de la contaminación del agua del planeta, proponiendo acciones cotidianas que podrían aplacar el daño causado por el ser humano.	
Cierre: • Comentan acerca de lo que han aprendido en la unidad didáctica y la importancia de tomar conciencia, generando conductas cotidianas tendientes a no contaminar el agua del planeta.	
Evaluación (es): Formativa	

CAPÍTULO II

ARGUMENTACIÓN TEÓRICA.

2.1 Contexto educativo.

La secuencia didáctica se implementó en el colegio Palmarés de dependencia particular subvencionado. El colegio atiende a 1800 estudiantes aproximadamente y se encuentra ubicado en la comuna de Quilicura, avenida Santa Luisa # 300.

2.2 Descripción del establecimiento.

El establecimiento se encuentra ubicado en el sector noroccidente de la comuna de Quilicura, sector de villas y condominios de nivel socioeconómico medio. Formado por familias de emprendimiento, trabajadores por cuenta propia, empleados de empresas y profesionales, mayoritariamente. El Colegio ofrece educación en los niveles de Pre-básica, Básica y Educación Media Humanista Científico.

Para el Colegio Palmarés la Educación es percibida como el quehacer donde se forman las capacidades de las personas para avanzar en el desarrollo social. Las familias, cifran en la educación, la esperanza de mejores condiciones de vida y de integración a la modernización. La adquisición del saber, las herramientas del conocimiento, una carrera profesional, permiten a la familia la posibilidad de elaborar una idea optimista sobre futuro de sus hijos.

La institución tiene como visión “Construir una institución educativa innovadora en la gestión curricular con un alto nivel académico en sus procesos de aprendizaje y formación integral de futuros líderes, asumiendo con vocación de excelencia, la respuesta a las necesidades y expectativas de la comunidad escolar.” Y la misión “Educar niños, niñas y jóvenes en un ambiente escolar que tiene como centro el aprendizaje de los alumnos, mediante una alta exigencia académica, valórica y

actitudinal, tendiente a favorecer en ellos la construcción de sólidos proyectos de vida”.

2.3 Descripción del grupo curso.

El curso participante de la secuencia didáctica fue el 5° básico Green, curso compuesto de 38 estudiantes, de los cuales 16 son damas y 22 varones.

El curso tiene un promedio de edad entre los 10 y 11 años, son estudiantes con muy diversas características, destacándose varios con cualidades de liderazgo positivo, lo que provoca un grupo curso comprometido y desafiante frente a los nuevos aprendizajes.

FORTALEZAS Y DEBILIDADES

Fortalezas.

El 5° básico Green es un grupo curso que se caracteriza por el trabajo colaborativo.

Las actividades en grupo responden perfectamente a las cualidades de los estudiantes.

En el ámbito académico son el curso con mejores resultados. Tienen buenas calificaciones y el nivel de comprensión de los contenidos es superior en comparación a los otros cursos.

En cuanto al trabajo de aula, son un grupo con muy buena disposición en cuanto a las labores educativas que se requieren por parte del profesorado.

La responsabilidad del curso en relación con el cumplimiento de tareas y/o materiales es muy alta alcanzando un 90%

Debilidades.

Se presenta un alto nivel de repitencia. Sumado a que el colegio no cuenta con PIE. Situación que hace tener dos extremos muy marcado en cuanto a rendimiento académico.

Existen un grupo mínimo de estudiantes con problemas de conducta, lo cual a veces dificulta el desarrollo fluido de la clase.

2.4 Justificación de la secuencia didáctica a partir del enfoque de la química verde.

Nuestros recursos hídricos se enfrentan a una serie de graves amenazas, todas ellas originadas principalmente por la actividad humana. Algunas de estas amenazas son la sedimentación, la contaminación, el cambio climático, la deforestación, los cambios en el paisaje y el crecimiento urbano.

Una de las más graves amenazas sobre los recursos hídricos es la degradación de los ecosistemas, que a menudo tiene lugar a causa de cambios en el paisaje como el desmonte, la transformación de los paisajes naturales en tierras agrícolas, el crecimiento urbano, la construcción de carreteras y el desarrollo del sector minero, entre otras. Cada uno de los cambios en el paisaje tiene un impacto específico, por lo general directamente sobre los ecosistemas naturales, y directa o indirectamente sobre los recursos hídricos.

Las personas estamos en contacto permanente con el agua, la utilizamos en nuestros alimentos, en la higiene, en nuestro esparcimiento, entre otras innumerables actividades. Sin contar que los animales y plantas dependen directamente de este preciado recurso.

Entender los procesos de cambios que sufre el agua, a raíz de diversos fenómenos, tanto naturales como a consecuencia de la actividad humana, debiera ser fundamental para quienes habitamos este planeta. Con el fin de educarnos frente a conductas de buen uso y cuidado de este compuesto vital.

Para lograr en un futuro próximo un impacto social relevante frente a conductas de buen uso y cuidado del recurso hídrico, es necesario educar⁷ ciudadanos consientes

⁷ **Según la ley general de educación - Artículo 2º.- La educación es:** El proceso de aprendizaje permanente que abarca las distintas etapas de la vida de las personas y que tiene como finalidad alcanzar su desarrollo espiritual, ético, moral, afectivo, intelectual, artístico y físico, mediante la transmisión y el cultivo de valores, conocimientos y destrezas. Se enmarca en el respeto y valoración de los derechos humanos y de las libertades fundamentales, de la diversidad multicultural y de la paz, y de nuestra identidad nacional, capacitando a las personas para conducir su vida en forma plena, para convivir y participar en forma responsable, tolerante, solidaria, democrática y activa en la comunidad, y para trabajar y contribuir al desarrollo del país. (BCN. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2009)

y capaces de enfrentar de manera óptima situaciones de riesgo y contaminación. Es por ello que se toma en consideración la disciplina de la “química verde”, la cual busca diseñar procesos más eficientes, que minimicen la producción de residuos. A su vez tiene un carácter preventivo que busca evitar, en la medida de lo posible, la generación de productos peligrosos. Todas estas razones resultan perfectamente adecuadas para ser tratadas en el campo educativo. Nuestras aulas permiten la incorporación de estas temáticas, sin estar en discordancia con nuestro currículum nacional, y mejor aún, se relaciona estrechamente con el nuevo enfoque y estudio de las ciencias, aquellas que buscan la incorporación de ciudadanos conscientes, capaces de tomar decisiones e informados frente a los nuevos procesos de cambios.

“Es común pensar que enseñar ciencias implica sólo exponer teorías y conceptos acabados. Rara vez tenemos en cuenta la formación funcional que proporciona la enseñanza científica, o su importancia como conocimiento de una cultura general imprescindible para que una ciudadana o un ciudadano entienda asuntos de trascendencia social y personal importantes... Estos son temas sobre los que todos deberíamos desarrollar ideas con base en información que nos ayuden a formar opiniones propias y decisiones fundamentadas”. (Las ciencias naturales en educación básica: Formación de ciudadanía para el siglo XXI, 2011)

Para desarrollar un trabajo en conjunto, con las prácticas curriculares actuales y los escenarios sociales que han estado en la palestra el último tiempo, se ha propuesto la presente secuencia didáctica, basada en el desastre del Río las Cruces año 2004, en Valdivia y cómo este daño ambiental, pudo haber sido enfrentado desde los paradigmas de la química verde.

2.5 Relación del principio N° 1, secuencia didáctica y actual currículum nacional.

Principio N°1

Prevención de residuos

“Es mejor prevenir la formación de residuos, que limpiarlos una vez formados”

Los principios de la química verde se resumen en “12 principios”⁸, dentro de estos se consideró el primero “*Prevención de residuos*”⁹ para desarrollar nuestro diseño de aprendizaje, teniendo en cuenta que es mejor prevenir la formación de residuos, que tratar de limpiar tras su formación. Bajo este panorama se trabajó “cada clase con una pregunta”¹⁰, cada una de ellas referidas al desastre ambiental causado por la Celulosa-Arauco, en río las cruces.

Pero antes de continuar, creemos necesario aclarar el significado de la palabra “prevenir”, según la (RAE, 2017), es tomar precauciones o medidas por adelantado para evitar un daño, un riesgo o un peligro. Bajo este panorama creemos que resultaría útil apelar a la conciencia de los estudiantes mediante ejemplos ocurridos en la historia de nuestro país, y a partir de estas lamentables situaciones, buscar establecer medidas de precaución frente a futuras decisiones.

Desde el punto de vista de la química verde y más específicamente, desde su primer principio, creemos que concientizar a los estudiantes frente al cuidado del agua es fundamental para evitar futuros daños hídricos, como el ocurrido en Río Las Cruces, hace ya 13 años.

⁸ **Los 12 Principios de la química verde:** 1. Prevención de residuos, 2. Economía Atómica, 3. Síntesis químicas menos peligrosas, 4. Diseños de compuestos químicos más seguros, 6. Disolventes y auxiliares más seguros, 6. Diseño para mejorar eficiencia energética, 7. Uso de fuentes renovables, 8. Reducción de derivatización en la síntesis, 9. Catálisis, 10. Diseño para la degradación, 11. Análisis en tiempo real para evitar la polución, 12. Química más segura para la prevención de accidentes. (Méndez, 2012)

⁹

¹⁰ **Preguntas por clase:** clase 1: ¿Creen ustedes que estos efectos negativos producto de las diversas actividades humanas pudieron haberse evitado?, clase2: ¿Creen ustedes que estos efectos negativos producto de las diversas actividades humanas pudieron haberse evitado?, clase 3: ¿Cómo afecta el agua contaminada en el desarrollo de una planta?, clase 4:

En relación al actual currículo nacional, precisamente en los planes y programas de ciencias naturales de quinto año básico, y enfocados en el objetivo de aprendizaje N° 14¹¹, el cual propone la investigación y explicación como habilidades de aprendizaje, frente a las actividades humanas y sus efectos, proponemos la secuencia didáctica basada en el diseño didáctico del método indagatorio, es aquí cuando se espera que los estudiantes sean capaces de responder a cada una de las preguntas planteadas clase a clase; ¿Creen ustedes que estos efectos negativos producto de las diversas actividades humanas pudieron haberse evitado?, ¿Por qué las aves murieron de desnutrición? ¿Cómo afecta el agua contaminada en el desarrollo de una planta? ¿Qué acciones cotidianas podrían contribuir a evitar futuras contaminaciones del recurso hídrico? Todas estas preguntas están relacionadas con la prevención como eje principal, para generar concientizar en las competencias logradas.

El método indagatorio se basa en el constructivismo permitiendo que edifiquen una comprensión de los fenómenos de la realidad. El ciclo de aprendizaje en sus cuatro pasos del método de indagación científica este compuesto por la Focalización, exploración, Reflexión y aplicación, los cuales deben basar y responder las diferentes preguntas de la secuencia didáctica, y que finalmente sean capaces de proponer acciones reales, en donde ellos sean los principales impulsores de cambio.

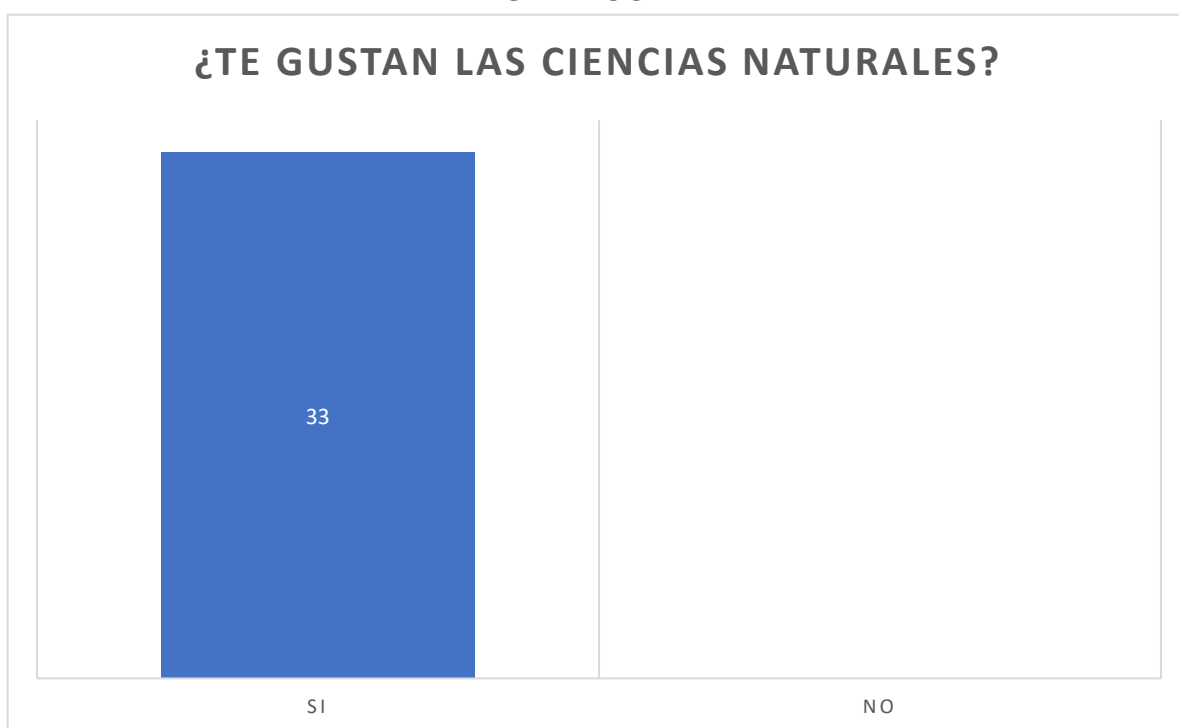
¹¹ Objetivo de Aprendizaje (OA) 14: Investigar y explicar efectos positivos y negativos de la actividad humana en los océanos, lagos, ríos, glaciares, entre otros, proponiendo acciones de protección de las reservas hídricas en Chile y comunicando sus resultados. (currículum en línea mineduc, 2017)

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

A continuación, se presentan los resultados que provienen del análisis de las respuestas dadas por los estudiantes del colegio Palmarés, en el pre test aplicado al comienzo de la secuencia didáctica, el cual consta de 13 preguntas.

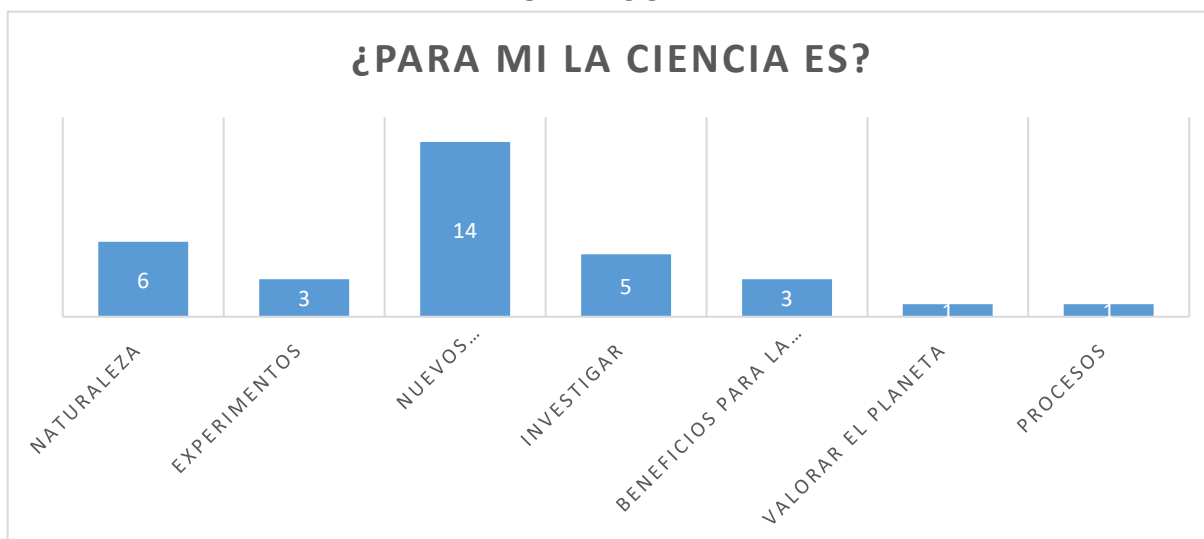
GRÁFICO 1.



Fuente: Elaboración propia.

El total de los estudiantes dice que les gustan las Ciencias Naturales.

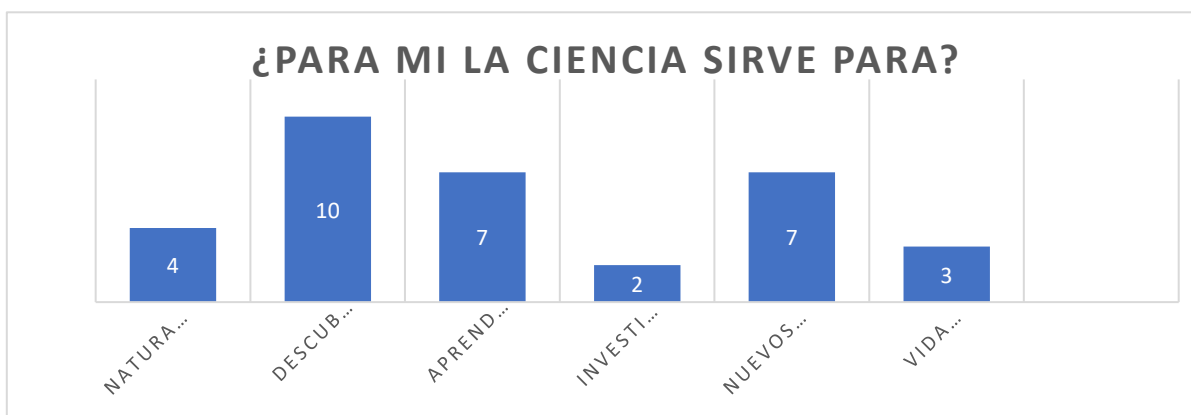
GRAFICO 2.



Fuente: Elaboración propia.

Como es posible evidenciar en el gráfico, para los estudiantes la ciencia, hasta esta instancia está relacionada con la naturaleza, experimentos, nuevos conocimientos, investigación, valoración del planeta y procesos.

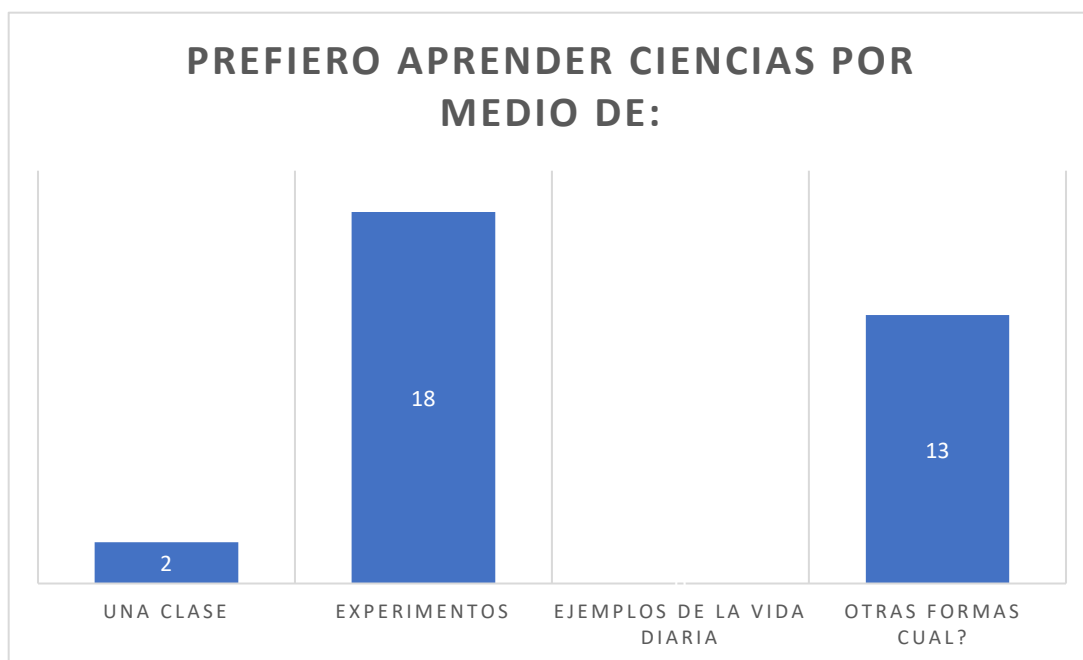
GRAFICO 3.



Fuete: Elaboración propia.

Al consultar a los estudiantes ¿Para qué sirve la ciencia?, sus respuestas están relacionadas con la naturaleza, el descubrir, aprender, investigar, nuevos conocimientos y vida diaria. Estos muy similares a la pregunta anterior ¿qué es la ciencia?

GRÁFICO 4.



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la forma de aprender ciencia, queda evidenciado que los estudiantes prefieren aprender ciencias a través de experimentos.

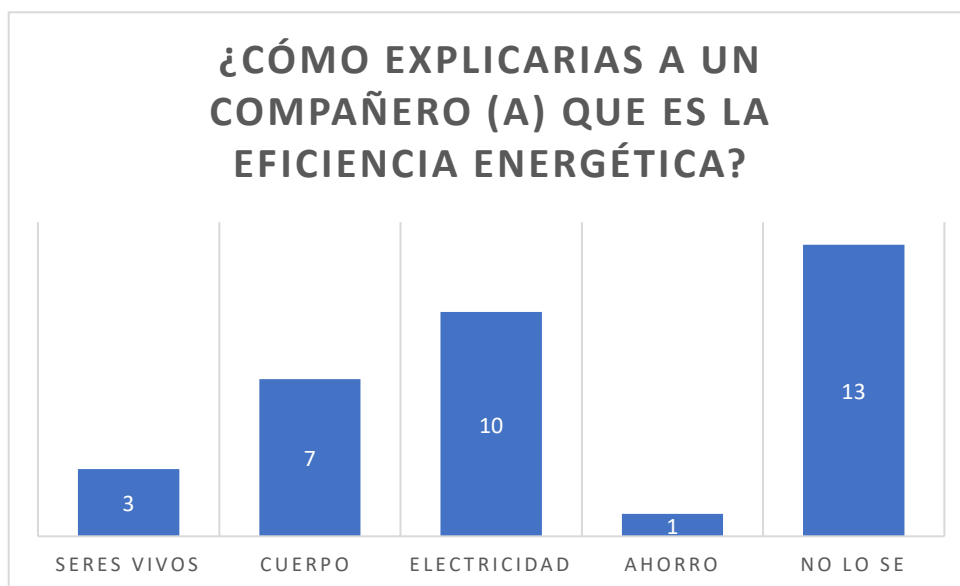
GRÁFICO 5.



Fuente: Elaboración propia.

De los contenidos vistos durante el curso de este año, antes de aplicar la unidad didáctica el que más les ha gustado aprender a los estudiantes corresponde al eje Ciencias de la Tierra y el Universo “El agua”

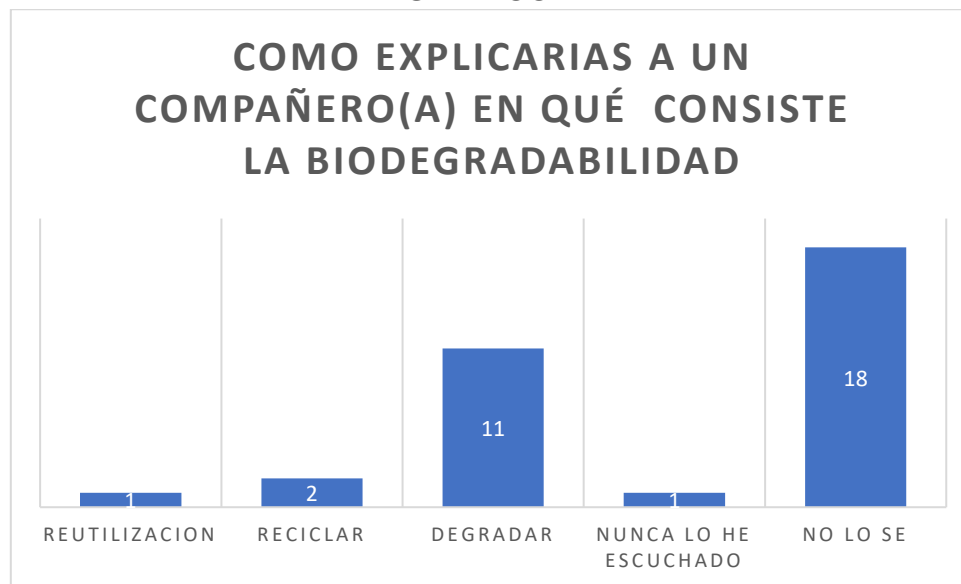
GRÁFICO 6.



Fuente: Elaboración propia

Un gran número de estudiantes no maneja el concepto de eficiencia energética o lo confunde con otros conceptos.

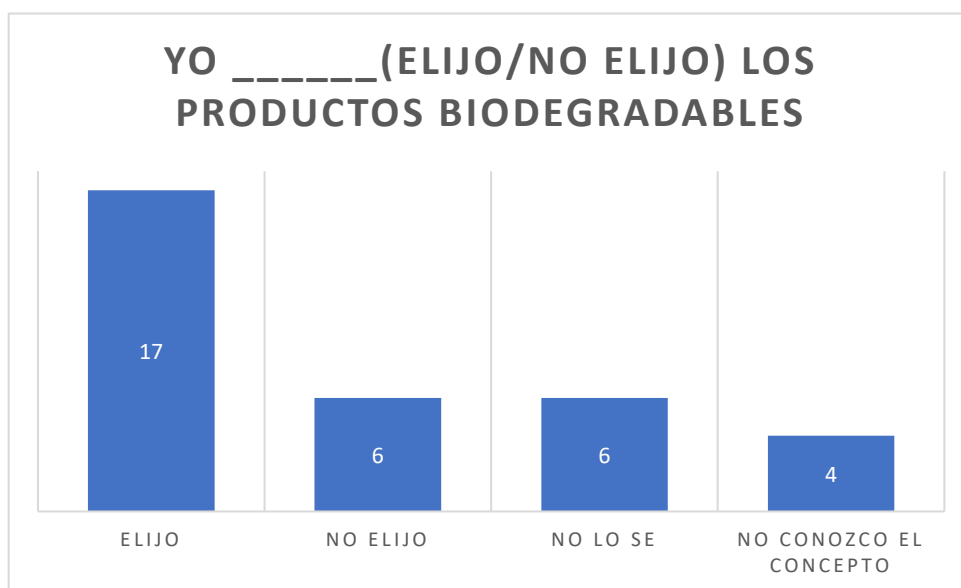
GRÁFICO 7.



Fuente: Elaboración propia.

Un gran número de estudiantes no sabe o no ha escuchado el concepto, mientras que otros lo relacionan con reutilizar y reciclar.

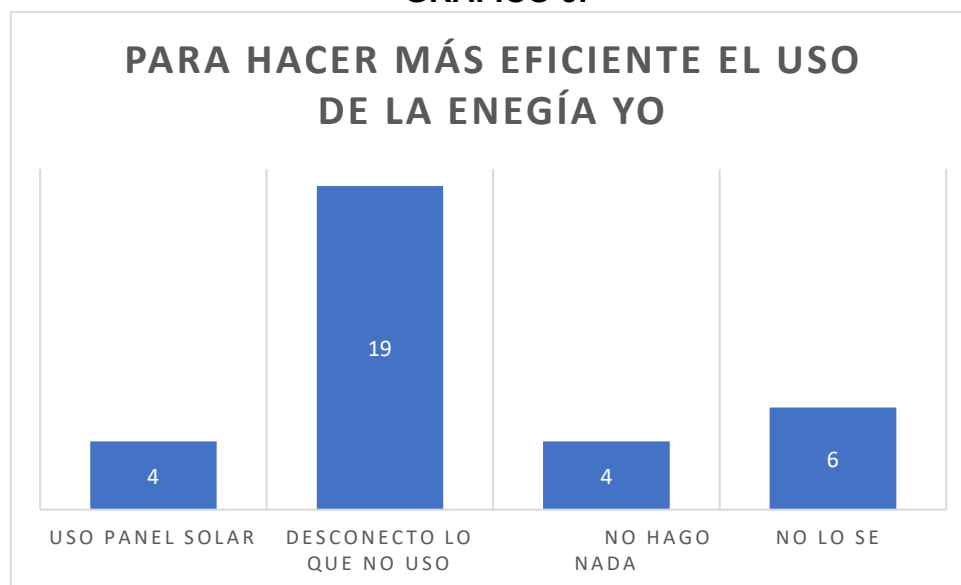
GRÁFICO 8.



Fuente: Elaboración propia.

Al consultar acerca de su elección personal frente a productos biodegradables, más de la mitad de los estudiantes elige productos biodegradables.

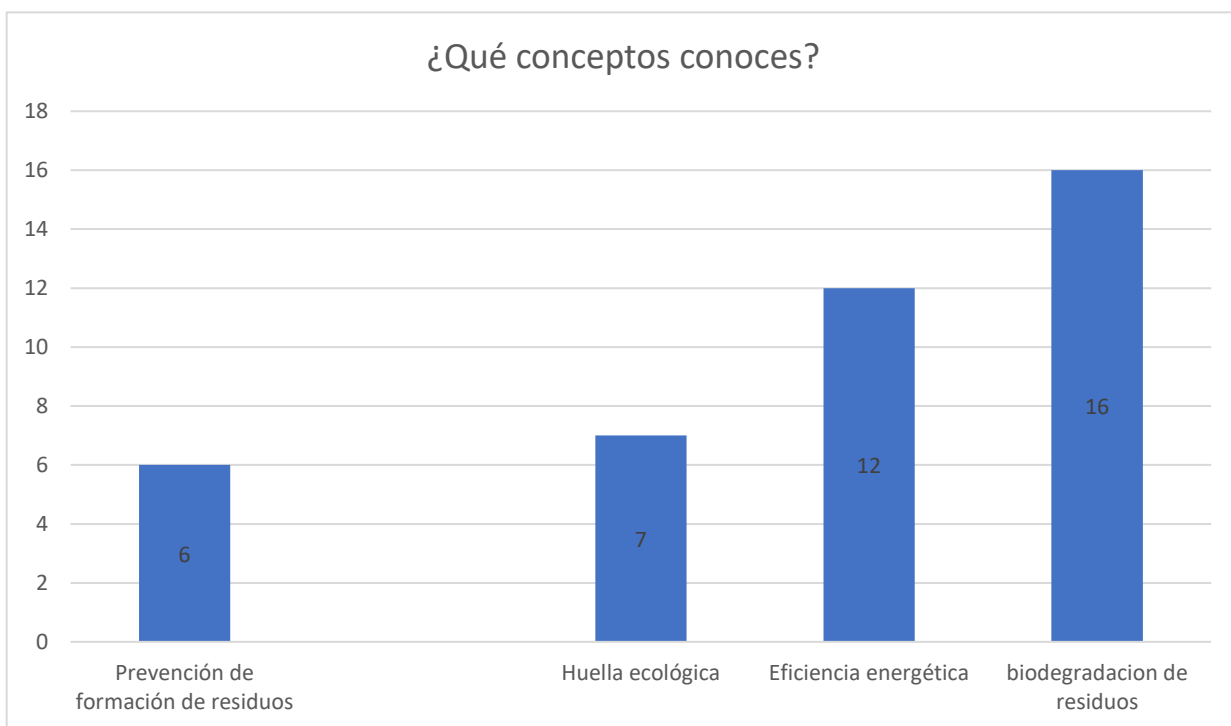
GRÁFICO 9.



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a sus conductas diarias relacionadas con el uso eficiente de la energía, la mayoría coincide en desconectar los artefactos eléctricos que no están usando.

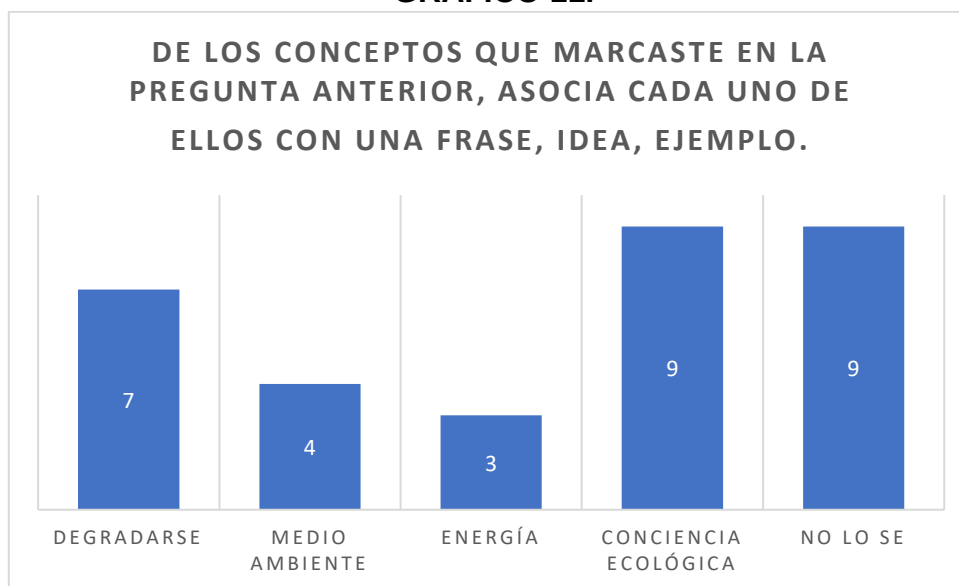
GRÁFICO 10.



Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia una contradicción, ya que aparentemente el concepto que más conocen es el de biodegradación de residuos. Sin embargo, en una de las preguntas anteriores se les consultó en que consiste la biodegradabilidad, más de la mitad dice no conocer el concepto.

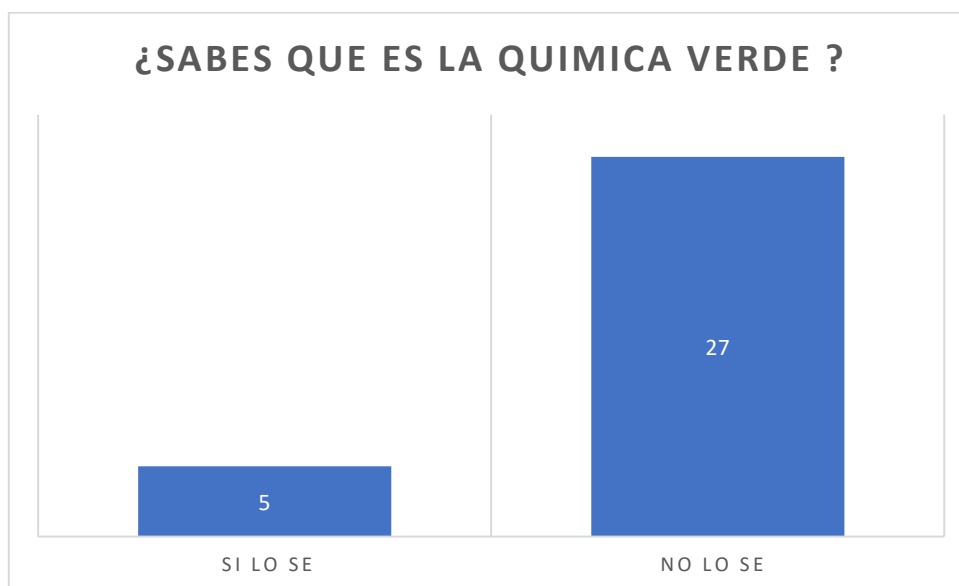
GRÁFICO 11.



Fuente: Elaboración propia.

Las asociaciones realizadas por los estudiantes, más que ideas, frases o ejemplos, son reiteraciones de los conceptos mencionados con anterioridad.

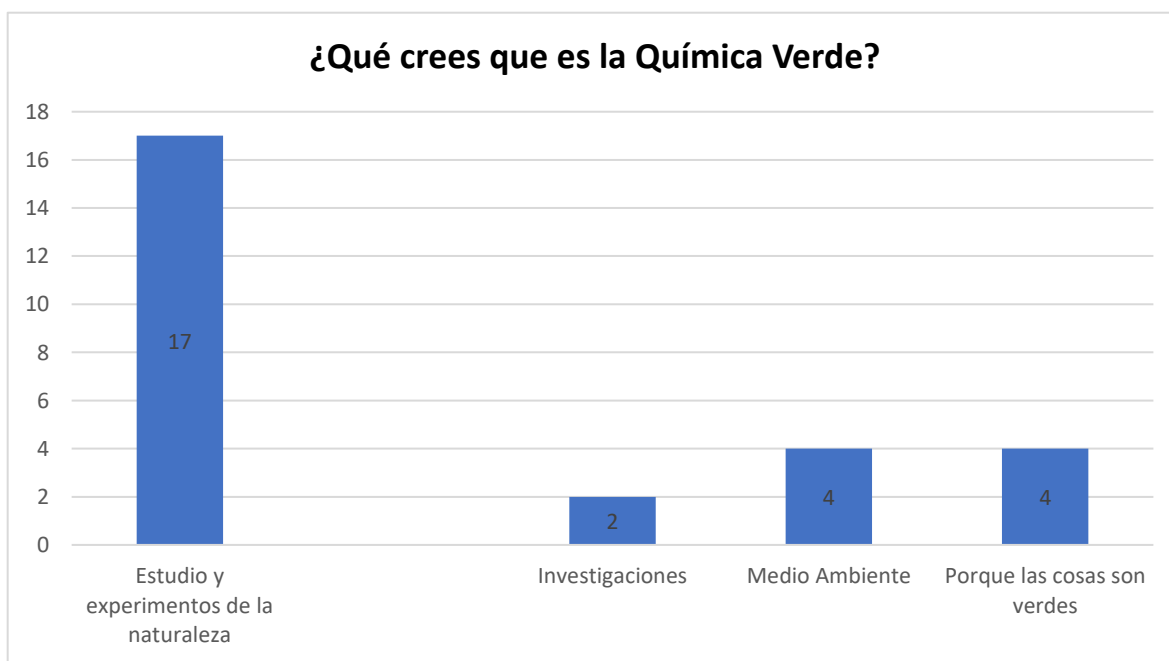
GRÁFICO 12.



Fuente: Elaboración propia.

Una minoría dice conocer el concepto, sin embargo, más de la mitad de los estudiantes no lo sabe.

GRÁFICO 13.

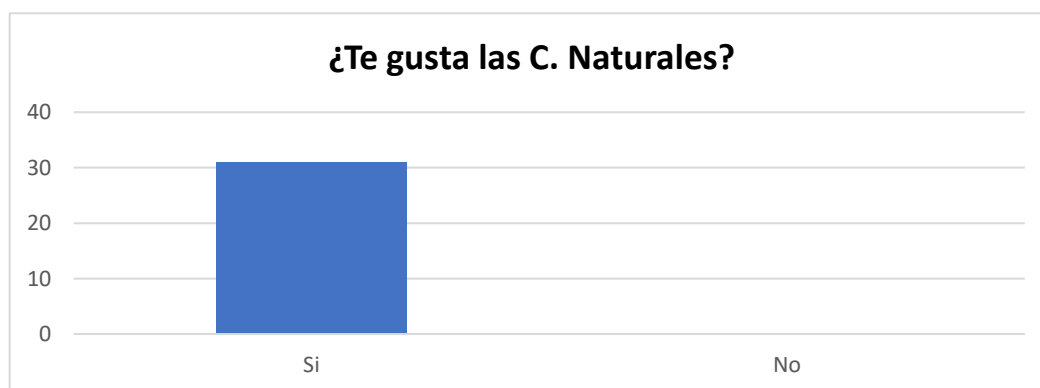


Fuente: Elaboración propia.

A pesar de que, en la pregunta anterior, la mayoría de los estudiantes dice no conocer el concepto de química verde, al consultar que creen ellos que es, más de la mitad de los estudiantes lo relaciona con el estudio y experimentos de la naturaleza.

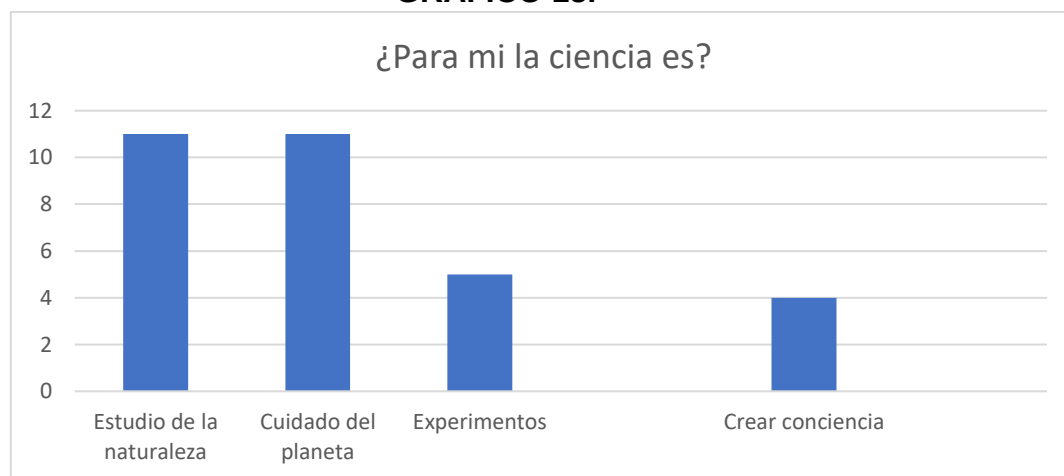
POST TEST.

A continuación, se presentan los resultados que provienen del análisis de las respuestas dadas por los estudiantes en el post test, aplicado al final de la secuencia didáctica, el cual consta de 9 preguntas.

GRÁFICO 14.

Fuente: Elaboración propia.

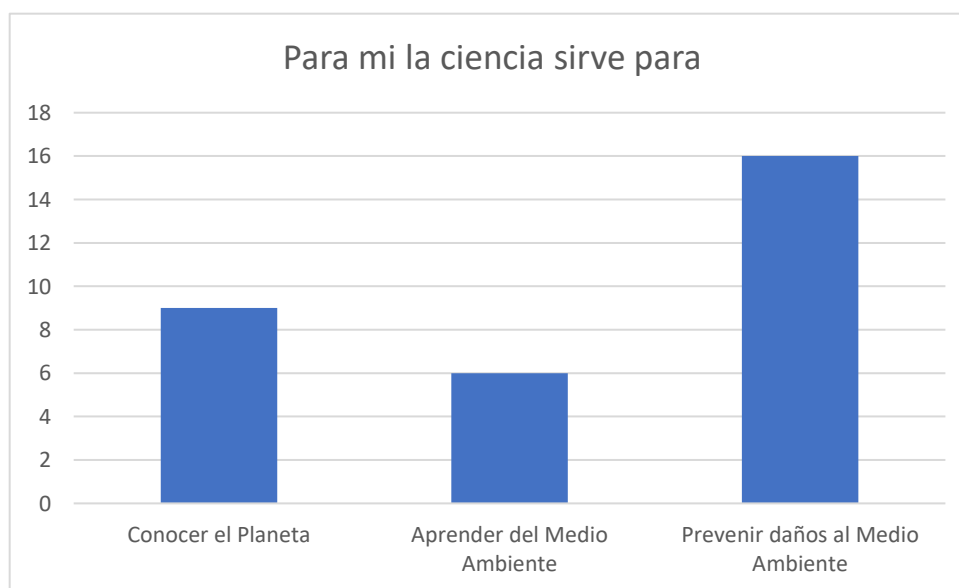
Al igual que en el pre test todos los estudiantes afirman que les gusta las Ciencias Naturales.

GRÁFICO 15.

Fuente: Elaboración propia.

Como es posible observar en el gráfico, para los estudiantes la ciencia, tiene relación con el estudio de la naturaleza, cuidado del planeta, crear conciencia y experimentos.

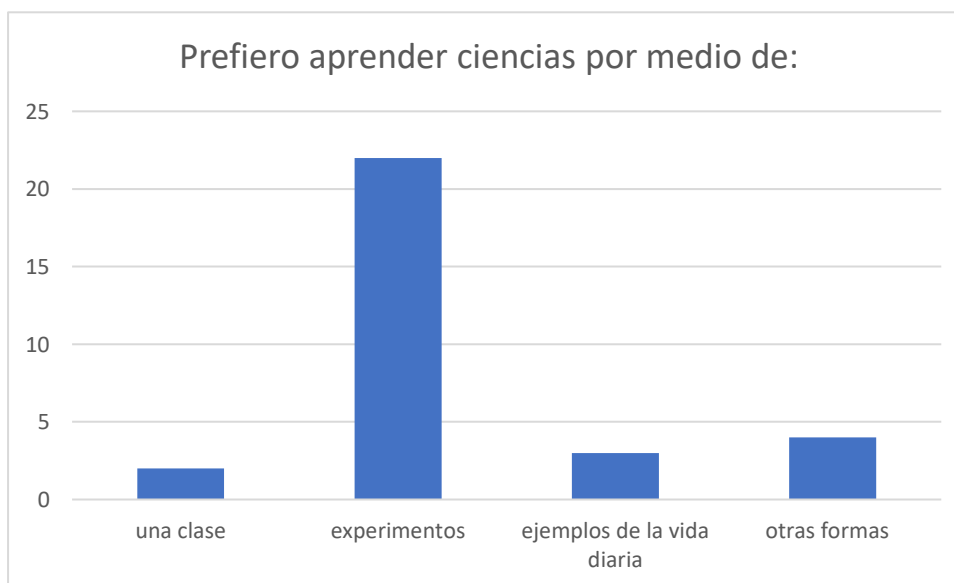
GRÁFICO 16.



Fuente: Elaboración propia.

Para los estudiantes la ciencia sirve para conocer el planeta, aprender del medio ambiente y para prevenir daños a este último.

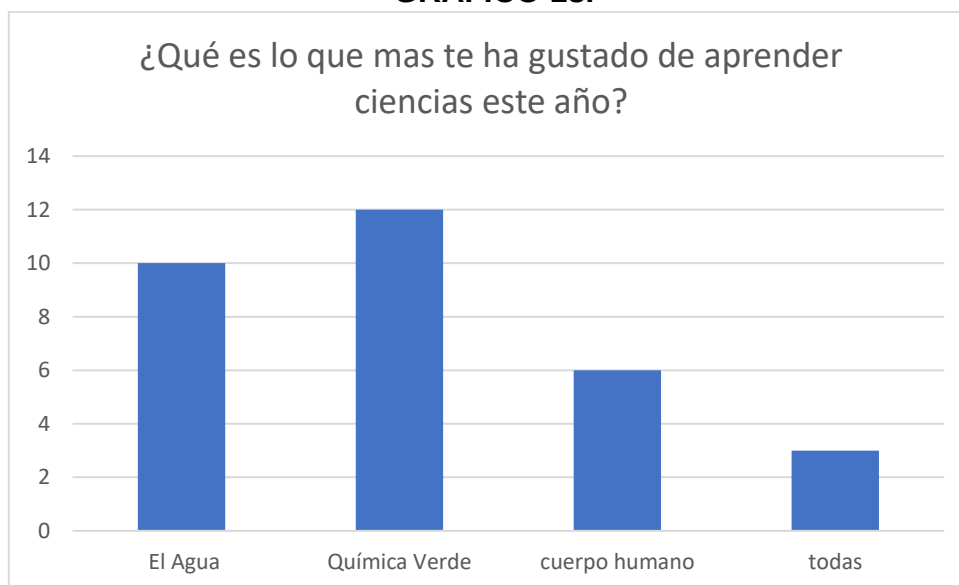
GRÁFICO 17.



Fuente: Elaboración propia.

Más de la mitad de los estudiantes prefiere aprender ciencias por medio de experimentos.

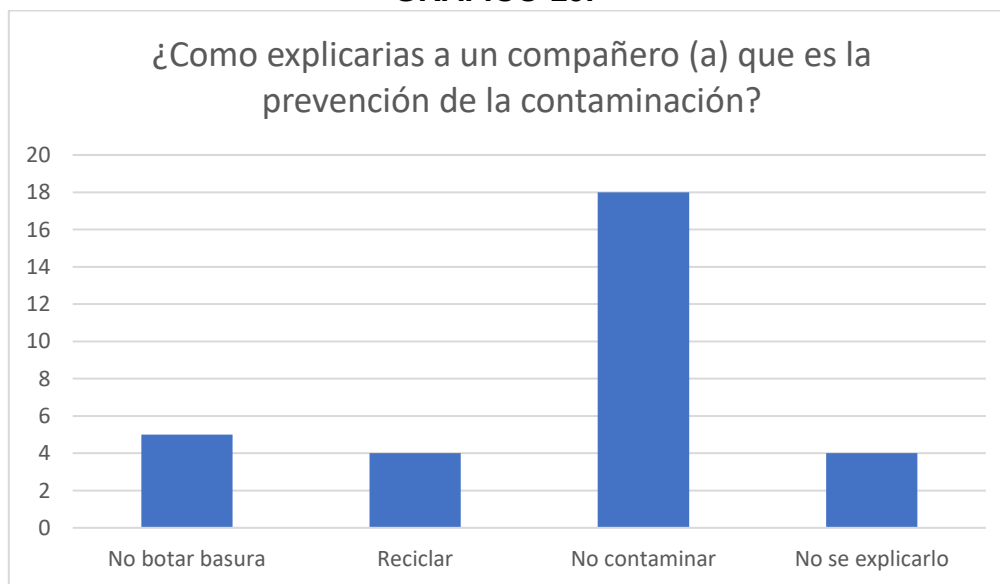
GRÁFICO 18.



Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en el gráfico, los contenidos que más han gustado durante el curso de este año han sido cuerpo humano, el agua y Química verde.

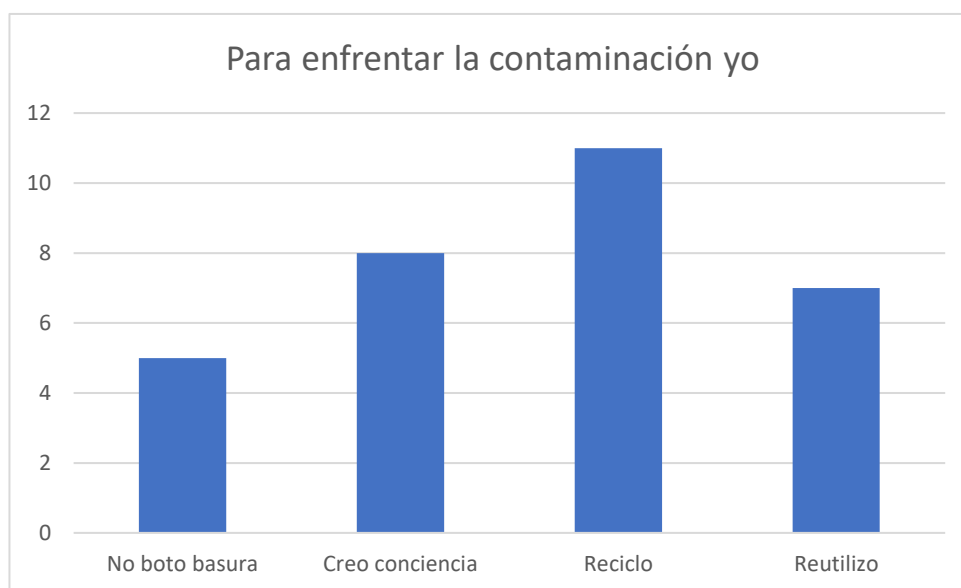
GRÁFICO 19.



Fuente: Elaboración propia.

La mayoría de las explicaciones de los estudiantes están relacionadas con “No” contaminar, otro grupo más pequeño menciona no botar basura y reciclar.

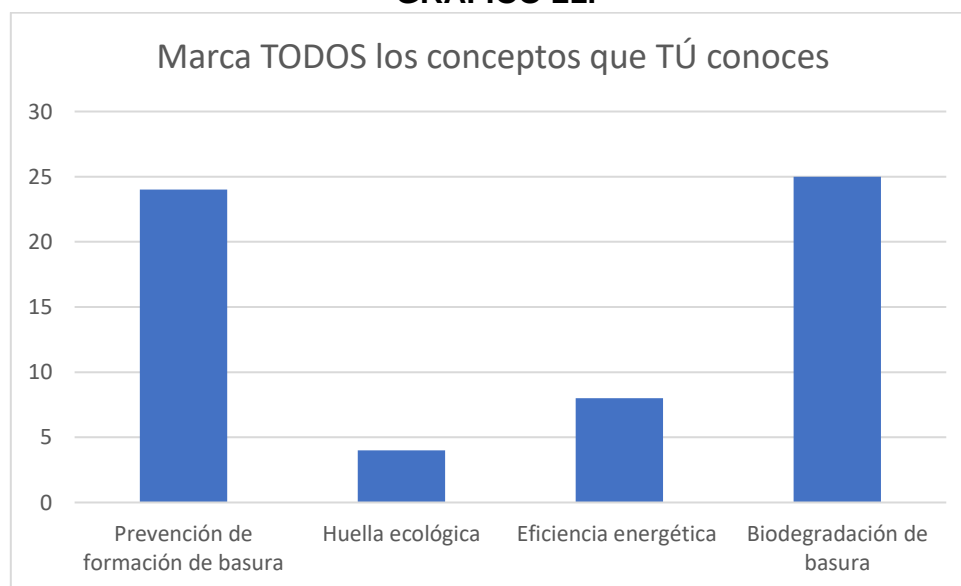
GRÁFICO 20.



Fuente: Elaboración propia.

Para enfrentar la contaminación algunos estudiantes dicen no botar basura, otros reutilizar, un número mayor de ellos dice crear conciencia y otro grupo mayor aun recicla.

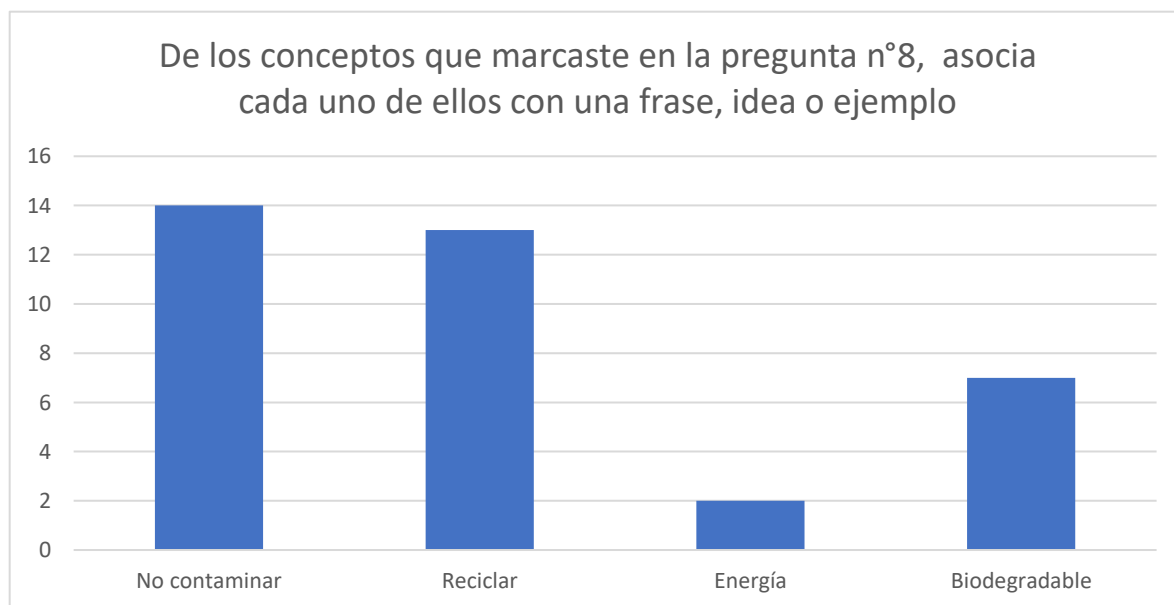
GRÁFICO 21.



Fuente: Elaboración propia.

El concepto más conocido por los estudiantes según el grafico es Biodegradación de basura, por otra parte, el que menos dicen conocer es el de huella ecológica.

GRÁFICO 22.



Fuente: elaboración propia.

Las frases, ideas o ejemplos más relacionados con los conceptos de la gráfica anterior son mayoritariamente no contaminar y reciclar.

CAPÍTULO IV

RECURSOS USADO EN LA IMPLEMENTACIÓN

El material usado en la implementación de la secuencia didáctica consta de los siguientes recursos.

- Clases en PPT
- Videos
- Cuadernos
- Sala de computación
- Porotos, lentejas, plantas acuáticas
- Vasos de precipitados u otros
- Aceite y agua
- Algodón

Clase N°	Clase	Recursos didácticos
1	Objetivo de la clase: Conocer los efectos negativos de la actividad humana en la contaminación de las aguas.	• Clase en PPT • Videos • Sala de computación
2	Objetivo de la clase: Conocer los efectos negativos de la actividad humana en la contaminación de las aguas.	• Clase en PPT • Videos • Cuadernos
3	Objetivo de la clase: Conocer los efectos negativos de la actividad humana en la contaminación de las aguas.	• Porotos, lentejas o plantas acuáticas • Vasos de precipitados • Aceite • Agua • Algodón
4	Objetivo de la clase: Proponer acciones de protección de las reservas hídricas en Chile.	• Sala de computación

La evidencia de los recursos se anexará en el capítulo correspondiente a las evidencias.

CAPÍTULO V

FODA DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA

Fortalezas

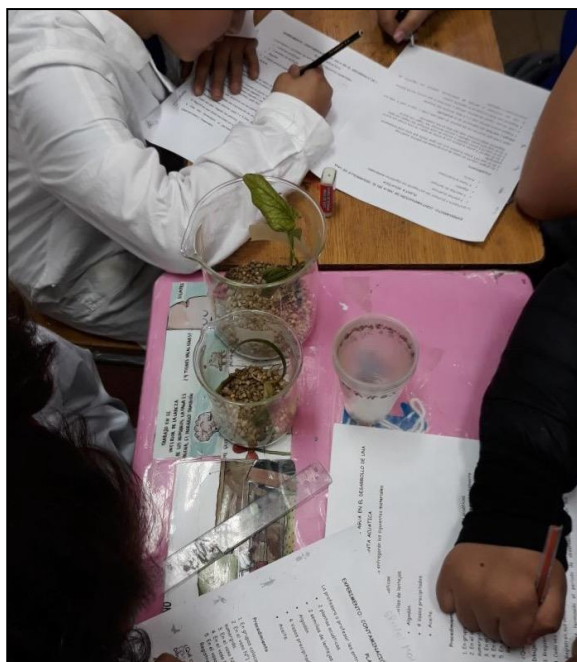
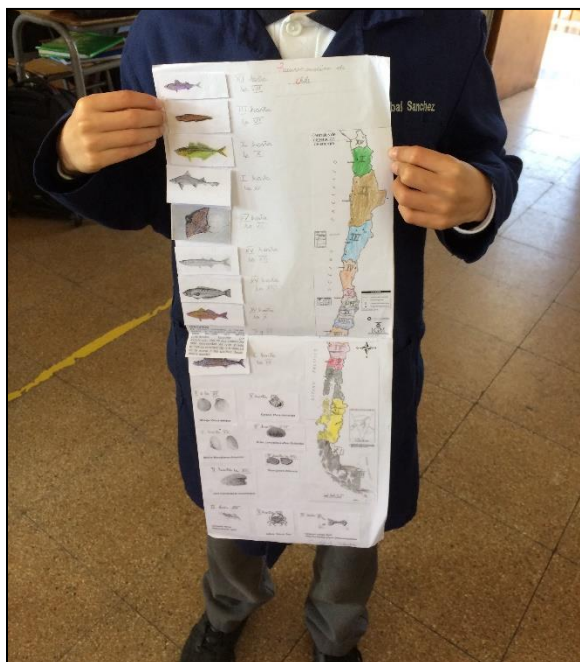
- Los estudiantes mantuvieron su interés y participación en la secuencia didáctica de inicio a fin.

Debilidades

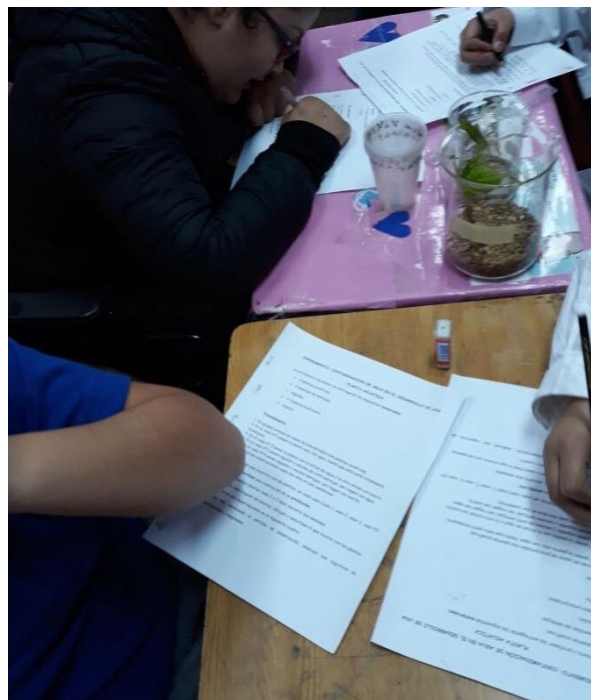
- La secuencia didáctica no pudo mantener una secuencia adecuada (muchos Lunes sin clases, feriados y otros)
- El tiempo requerido no fue el planificado (menor).
- Las actividades debieron ser modificadas por otras más sencillas.

CAPÍTULO VI

ANEXOS







EXPERIMENTO: CONTAMINACIÓN DE AGUA EN EL DESARROLLO DE UNA PLANTA ACUÁTICA

La profesora o profesor les entregarán los siguientes materiales:

- 2 plantas acuáticas.
- 2 semillas de lentejas.
- Algodón.
- 4 Vasos precipitados.
- Aceite.

Procedimiento

1. En grupos colocan en vasos de precipitados dos plantas acuáticas.
2. En el vaso N°1 ponen la planta solo con agua, hasta que esta esté totalmente sumergida.
3. En el vaso N° 2 ponen la planta con la mitad de agua y la otra mitad con aceite
4. En el vaso N°3 ponen algodón y encima de esté lentejas, las riegan con agua.
5. En el vaso N°4 ponen algodón y encima lentejas, las riegan con aceite.

Registran observaciones cada dos días en sus cuadernos.

¿Qué creen que ocurrirá con las plantas, en cada caso (vaso 1, vaso 2, vaso 3, vaso 4)?

Dibujen y escriban una explicación de su predicción.

3. Rieguen ambas plantas cada 2 o 3 días, durante dos semanas.
4. Cada vez que rieguen las plantas, dibujen y describan lo que ocurre con las plantas.
5. Registren sus observaciones en el siguiente cuadro.
6. Una vez terminado el período de observación, analicen sus registros de observaciones y respondan.

Cuadro de registro Experimento

DÍA/Fecha	DIBUJO	DESCRIPCIÓN
1		

Análisis de los resultados

- ¿Fue correcta la predicción? Expliquen.
- ¿Qué conclusiones pueden obtener de los resultados del experimento?
- ¿Qué pregunta pueden responder con los resultados obtenidos en el experimento?





BIBLIOGRAFÍA

- (2011). Obtenido de Las ciencias naturales en educación básica: Formación de ciudadanía para el siglo XXI:
http://www7.uc.cl/sw_educ/educacion/grecia/plano/html/pdfs/biblioteca/LIBROS/LibroAgustin.pdf
- BCN. *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile*. (17 de agosto de 2009). Obtenido de
http://portales.mineduc.cl/usuarios/convivencia_escolar/doc/201103050142570.Ley_N_20370_Ley_General_de_Educacion.pdf
- curriculum en linea mineduc*. (4 de octubre de 2017). Obtenido de
<http://www.curriculumenlineamineduc.cl/605/w3-propertyvalue-49430.html>
- Méndez, D. C. (2012). *Química Verde, perspectivas para Chile* . Obtenido de
http://codeciam.org/wp-content/uploads/2015/11/Ciclo_II_2012-CPerez-Quimica-Verde.pdf
- RAE. (miercoles de octubre de 2017). *Real Academia Española* . Obtenido de www.rae.cl :
<http://dle.rae.es/?id=U9JkQmL>

5.1.2 SEA 2: Propuesta didáctica Química Verde: El desecho de aceite doméstico, como materia prima: Al rescate de los océanos



Universidad de Chile

Diploma en Extensión en Enseñanza y Aprendizaje de la Química Verde para la Enseñanza de las Ciencias.

Comunidad de Química Verde



“Propuesta didáctica Química Verde:

El desecho de aceite doméstico, como materia prima: Al rescate de los océanos

Integrantes: Margarita Parra

Alejandra Riquelme

Ignacio Reinoso

Fecha de Entrega: miércoles 11 de octubre del 2017

“Diseño de la secuencia didáctica y/o experiencia educativa”. Investigación / investigación en el aula

I. Identificación

Nombre de la escuela:	Escuela Pedro Aguirre Cerda.
Nombre profesor/a:	Margarita Parra Ignacio Reinoso. Alejandra Riquelme Estrada.
Nivel de enseñanza y n° de alumnos/as:	5º año - NB2 38 alumnos
Objetivo de aprendizaje	OA: 14 investigar y explicar efectos positivos y negativos de la actividad humana en océanos, lagos, ríos, glaciares, entre otros, proponiendo acciones de protección de las reservas hídricas en Chile y comunicando sus resultados.
Nombre de la actividad indagatoria	El desecho de aceite doméstico como materia prima: al rescate de los océanos.
Objetivo específico de la actividad.	Analizar las consecuencias que provoca el desecho de aceite doméstico, al ser tirado a las alcantarillas del hogar y que luego llegan al océano.
Concepto clave a enseñar	- Efectos y consecuencias de la acción humana en los océanos, materias primas y biodegradación. - Reconocer la importancia del entorno natural y sus recursos, desarrollando conductas de cuidado y protección del ambiente.
Habilidades de pensamiento científico a estudiar.	<u>Analizar</u> las consecuencias de la acción humana sobre los ecosistemas. <u>Explorar</u> Descubrir y conocer el medio a través de los sentidos y del contacto directo, tanto en la sala de clases como en terreno. <u>Clarificar</u> hechos y su significado por medio de la indagación. <u>Comunicar</u> Transmitir una información en forma verbal o escrita, mediante diversas herramientas como dibujos, ilustraciones científicas, tablas, gráficos,

Actitudes científicas a lograr	- Reconocer la importancia del entorno natural y sus recursos, desarrollando conductas de cuidado y protección del ambiente. - Asumir responsabilidades e interactuar en forma colaborativa y flexible en los trabajos en equipo, aportando y enriqueciendo el trabajo común.

II. Estructura ciclo de aprendizaje

CLASE N°1

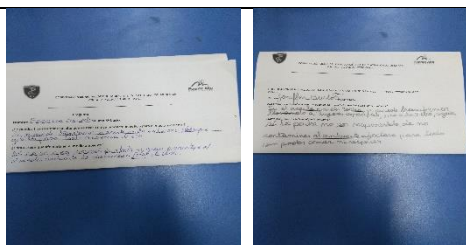
Objetivo de la clase	Reconocer la importancia del entorno natural y los efectos de la actividad humana en los océanos, mares, lagos y cursos de agua dulce, valorando las conductas de cuidado y protección del ambiente.
Focalización / inicio de una clase.	Investigar ideas previas que poseen los estudiantes acerca de él o los conceptos a desarrollar y motivarlos hacia el aprendizaje. Se aplica un pre test de “Enseñanza y aprendizaje de las ciencias”. Se inicia la clase con una pregunta acerca de si les gustan las papas fritas y si saben cómo estas se preparan. Se muestra una imagen de papas fritas
Imagen de motivación.	
Descripción de la actividad a realizar.	

Se les presenta a los estudiantes un PPT con imágenes de lugares naturales con abundante agua. La idea es que los estudiantes puedan describir lo que observan y aportar con sus ideas y experiencias previas relacionadas a lo observado.

Luego, se les realizan preguntas de descripción y de predicción, como por ejemplo ¿Cómo se vería afectado el medio ambiente cuando se contamina con aceite? ¿Qué efectos provoca el aceite en los océanos? ¿Qué cantidad de aceite utilizan sus mamás y apoderados para freír en sus casas? ¿Dónde lo botan? ¿Qué se podría hacer con él? ¿Qué es la Química Verde? La idea es que los estudiantes reflexionen y generen nuevas preguntas.



Evidencias a reunir: fotos de las hojas de respuesta de los estudiantes

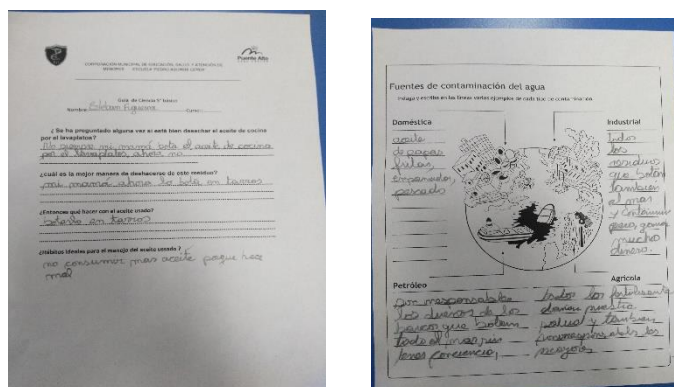


Desarrollo:

Se presenta un video, para que los estudiantes comprendan el daño que el ser humano provoca al ecosistema <https://www.youtube.com/watch?v=CEQmu6wPKsA>, Luego se procederá a enseñar de forma teórica las características del aceite como materia prima a investigar y de los efectos tóxicos; y el principio de la Química Verde asociado “Materias primas renovables”. Como actividad los estudiantes resuelven una guía, donde tendrán que identificar acciones cotidianas que realiza el hombre, que contaminan y dañan al ecosistema. El docente solicita a los alumnos voluntarios que anoten en la pizarra un efecto negativo de la acción humana sobre océanos, lagos, ríos, etc. Se elabora un listado.

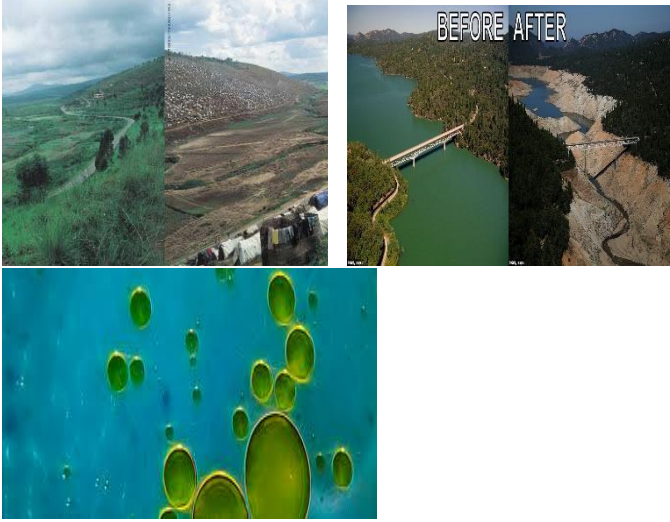
Se hace corrección de la guía y una retro alimentación de los contenidos.

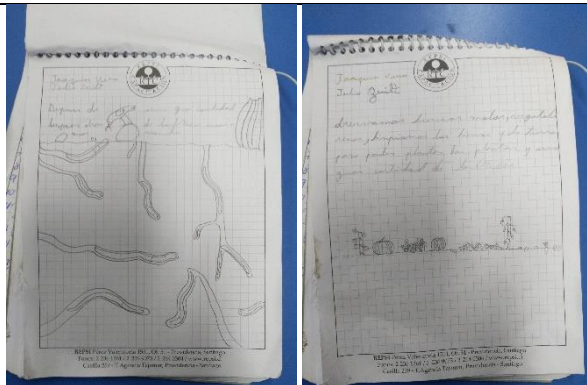
Evidencias. Revisar anexo 2



Cierre:	Se hace una síntesis de la clase, recordando el objetivo y se pregunta ¿Qué hábitos se deben incorporar en el hogar, para no contaminar con aceite el agua? ¿Qué debemos hacer con el aceite usado? Se pide a los estudiantes que reflexionen sobre el cuidado del medio ambiente y sobre la importancia del agua para todos los seres vivos, también acerca del principio de Química Verde utilizado, como agente transformador de la conducta de las personas, que comprendan que ellos son responsables directos de la contaminación de estas, por lo tanto deben tomar conciencia y establecer conductas que contribuyan a mejorar. Los estudiantes socializan sus opiniones y las comparten con sus compañeros y las transmiten en sus hogares.
Evaluación:	Formativa, monitoreo del logro de aprendizaje de parte del docente.
Niveles de Bloom y Anderson	Recordar, Aplicar, analizar, comprender.

CLASE N° 2	Comprender y describir las consecuencias del impacto de la contaminación del agua con el residuo domestico de aceite, reconociendo su responsabilidad en dichas consecuencias.
Objetivo	
Focalización / inicio de una clase.	Se iniciará mostrando unas imágenes de lugares sin contaminación y contaminados, producto los efectos de la acción humana sobre ellos y de lugares contaminados por el aceite. Se les pide a los estudiantes que den a conocer sus impresiones respecto de lo que observan, que analicen y comparen propiciando un respecto de las causas y responsabilidades de las personas en ello.

Imagen de motivación.	
Desarrollo	Los estudiantes formaran grupos de 5 integrantes considerando a los niños del PIE, trabajaran en la sala Enlaces e investigarán el tema <i>“Daño que produce el residuo del aceite de comer a los océanos y la lombricultura”</i>, sus aportes y características. Con la información elaboraran un PPT. El PPT será enviado al correo del curso para su evaluación.
Evidencia	PPT: Revisar archivo adjunto. Video: https://www.youtube.com/watch?v=xPxKJ9HcVrE
Cierre	Se hace una síntesis de la clase, recordando el objetivo y se pregunta: De lo que ustedes investigaron ¿Cuál es su opinión considerando todo lo que han averiguado? ¿Qué daños provocan los residuos de aceite usado en casa al ecosistema? ¿Dónde arrojan comúnmente los residuos de aceite en el hogar? ¿Visualizan alguna forma de solución? ¿Qué debemos hacer con el aceite usado? ¿Las lombrices son un real aporte a la contaminación por el residuo de aceite doméstico? ¿El principio n° 7 de Química Verde de Materias primas renovables, es una vía de aporte a solucionar estos problemas de contaminación? ¿Cómo se vinculan estos hechos con la Química Verde? Cada grupo presentan sus opiniones a partir de lo que investigaron y lo socializan ante el curso.
Evaluación	Monitoreo directo de la actividad y formativa de proceso, aplicación de Pauta de evaluación. (Revisar anexo 1.)
Bloom y Anderson	Comprender, aplicar y analizar

CLASE N° 3 Objetivo	Aplicar los conocimientos adquiridos de sus propias investigaciones y proponer alternativas de trabajo, como posibles vías de solución.
Inicio	Al azar de escogen 2 grupos y exponen frente a sus compañeros lo que investigaron, sobre el <i>“Daño que produce el residuo del aceite de comer al ecosistema y la lombricultura”</i> , los demás grupos escuchan con atención y aportan a los temas desde los conocimientos adquiridos. Se obtiene conclusiones generales respecto a los temas y las posibles formas de trabajar con ellos.
Desarrollo	A partir de lo investigado, los estudiantes elaboran una propuesta para trabajar con las lombrices Californianas y los residuos del aceite doméstico. Comienzan a mezclar el papel usado con el aceite de frituras traído desde sus casas, realizan cálculos y mediciones de cantidad del papel utilizado, la cantidad de aceite y analizan la conducta y características de las lombrices, luego depositan sobre el papel picado a las lombrices y las cubren con más papel, trabajan en sus bitácoras y anotaciones a partir de lo observado y registrado. Socializan sus anotaciones.
Evidencia	
Cierre	Síntesis de la clase, se recoge los resultados de las anotaciones y trabajo de los alumnos, cada grupo da a conocer dichos resultados y responden preguntas como: ¿Qué sintieron al trabajar con seres vivos? ¿Qué descubrieron del comportamiento de las lombrices? ¿Cómo se comportan el aceite a entrar en contacto con el papel? ¿Se puede transformar un producto contaminante como el aceite en una materia prima amigable con el medio ambiente? ¿El trabajo con las lombrices es una forma de hacer Química Verde? Comentan, discuten, reflexionan y Realizan conclusiones generales.
Evaluación	Formativa de proceso y monitoreo directo de la actividad.
Bloom y Anderson	Comprender, aplicar y analizar.

CLASE N° 4 Objetivo	Analizar los resultados obtenidos del trabajo realizado en clases y su vínculo con la Química Verde. Valorando el aporte de lombricultura como vía de transformación de la materia.
Inicio	Luego de unas tres semanas vuelven a observar y realizan nuevos registros, dan cuenta de las transformaciones de la materia (Papel picado mezclado con el residuo de aceite traído desde sus casas) y analizan lo que le ocurrió a la materia y responden preguntas acerca de los cambios observados, también observan a las lombrices y su comportamiento. Luego se les pregunta a los estudiantes ¿En qué se transformó el residuo de aceite? ¿La materia observada se encuentra en el mismo estado del comienzo? ¿Qué le ocurrió al aceite? ¿Qué se puede hacer con el producto obtenido y se aclara que se llama humus y se explica cuál es el aporte de este al ecosistema? Se presenta un video sobre los huertos escolares urbanos. https://www.youtube.com/watch?v=tDUUpmrFw5E comentan el video y se los anima a realizar su propio huerto en el colegio.
Desarrollo	Forman grupos de 8 estudiantes y realizan un estudio del terreno donde se realizará el huerto del colegio, toman registro del estado del terreno y comienzan la limpieza y preparación. Se le pregunta a cada grupo cual es el aporte del humus obtenido y el proceso por el cual esto es humus, (su origen, el residuo de aceite doméstico). Y el vínculo con el principio 7 de Química Verde. Se seleccionan los almácigos de las especies a cultivar.
Evidencia	
Cierre	Se reúne a todo el grupo de estudiantes y se les pregunta acerca de la importancia de transformar las materias primas en recursos renovables y por qué se deben llegar a estas acciones, se le hace reflexionar acerca de búsqueda de nuevas formas de crear productos que no requieran dicha transformación y de que estos sean de principio a fin. Materia inocua para el planeta.
Evaluación	Formativa de proceso y monitoreo directo de la actividad.
Bloom y Anderson	Comprender, aplicar y analizar.



Argumentación Teórica:

La Química Verde es una visión de la química, la cual consiste en el desarrollo de nuevas metodologías para modificar la naturaleza de los productos o procesos, para reducir los riesgos que estos representan para la salud y el ambiente (1). Con la finalidad de prevenir, antes que de remediar daños al mundo, por lo tanto enseñarlos permite un cambio en la mentalidad de niñas y niños quienes son los llamados a elaborar los cambios y transformaciones desde diferentes disciplinas.

La química sostenible supone un cambio en la forma en que la ciencia plantea el diseño y la síntesis de las sustancias. Lo que implica el diseño, desarrollo y aplicación de productos y procesos químicos para la reducción o eliminación del uso y generación de sustancias peligrosas para la salud humana y para el medioambiente. La Química Verde, se basa en doce principios formulados originalmente a finales de los años noventa del pasado siglo por Paul Anastas y John Warner (1998) (2).

La secuencia didáctica propuesta, pretende primero incorporar en los niños y niñas del 5° año Los principios de la Química Verde, específicamente se trabajará a partir del "Principio N° 7 "Materias primas renovables". El que se relaciona perfectamente con la promoción del respeto y cuidado del medio ambiente, el cual se puede vincular de forma muy directa con el OA: 14 ***"Investigar y explicar efectos positivos y negativos de la actividad humana en océanos, lagos,***

rios, glaciares, entre otros, proponiendo acciones de protección de las reservas hídricas en Chile y comunicando sus resultados". Esto se realizará a partir de los desechos contaminantes que genera el hombre, como el aceite, y que potencialmente pueden llegar a los océanos, produciendo efectos catastróficos en éstos, y en los ecosistemas del planeta. Por lo cual, utilizaremos el aceite usado como materia prima, para transformarlo en fertilizantes orgánicos a través de la Lombriz Roja Californiana, vinculando así el principio N°7.

Sin embargo, si consideramos los principios de la Química Verde de una forma "purista" perderemos la oportunidad de incorporarlos con mayor fuerza. De hecho, esta misma actividad se ve enriquecida, si tomamos aspectos del principio de **Prevención y de Biodegradabilidad**; desde este punto de vista la Química Verde puede aportar distintos matices y de forma gradual llegar a entregar mayores conocimientos, ya que la actividad elegida considera la prevención a través de las conductas como por ejemplo al evitar que el aceite llegue al océano cuando se deja de tirar el aceite a las alcantarillas. También la biodegradabilidad, debido a que el trabajo con la Lombriz Californiana, es una forma de transformar mediante la Biodegradación una materia prima contaminante como el aceite en un producto que lejos de contaminar es una ayuda importante al medio ambiente. El desecho o humus de lombriz sirve para la fertilización, aireación, formación del suelo, y es posible obtener materia orgánica estable en un tiempo relativamente corto para su uso inmediato en la agricultura (3).

Las actividades, las estrategias y los recursos utilizados, promueven la inclusión, debido a que son posibles de realizar por la mayoría de los estudiantes, respetan los ritmos individuales de aprendizaje,

Los recursos didácticos utilizados son elementos domésticos y de fácil adquisición, lo que permite que esta actividad se pueda replicar en variados contextos de espacio y niveles socioeconómicos.

La gran ventaja que vemos de esta actividad es el hecho de que los estudiantes vean de forma concreta y evidente los resultados en un corto tiempo, lo que fortalece la experiencia de aprendizaje, el hecho de trabajar con seres vivos y la tierra en sí, se vuelve algo placentero y motivante, ingredientes fundamentales para la significación e incorporación de nuevos aprendizajes. Al relacionar el proceso educativo con lo que el estudiante ya sabe, nos permite relacionarlo con lo que deseamos que el estudiante deba aprender. En este caso, como el estudiante ya tiene ideas sobre lo que estamos trabajando, contaminación, el aprendizaje se vuelve significativo, debido a que se conecta el concepto pre-existente, con la nueva información, esto implica que, *las nuevas ideas, conceptos y proposiciones pueden ser aprendidos significativamente en la medida en que otras ideas, conceptos o proposiciones relevantes estén adecuadamente claras y disponibles en la estructura cognitiva del individuo y que funcionen como un punto de "anclaje" a las primeras.* (4)

La experiencia permite incorporar habilidades claves para el desarrollo potencial de los estudiantes y del pensamiento científico, como es comprender, analizar, comparar, inferir, aplicar, observar, entre otras.

Tampoco se puede dejar de mencionar que el trabajo directo con seres vivos muestra el real aporte de ellos en el ecosistema y en esta actividad precisamente, los seres vivos seleccionados

son la vía utilizada para dar solución a una problemática existente en el ecosistema, específicamente ellos van al rescate de océanos usando como móvil la transformación de una materia prima renovable, teniendo conductas preventivas usando la Biodegradabilidad. Se espera que los estudiantes puedan comprender el daño que produce el hombre al ecosistema al desechar los desperdicios domiciliarios irresponsablemente y se transformen en “super héroes de los océanos”.

Fortalezas y debilidades de la experiencia educativa	
Fortalezas	Debilidades
Actividad motivadora para los estudiantes	Es complejo trabajar en grupos grandes
Permitió concientizar a los estudiantes sobre la prevención de eliminar los desechos irresponsablemente.	Hay que trabajar con cuidado con las lombrices, ya que al ser fotofóbicas, mueren cuando los estudiantes las exponen a la luz.
Fomenta el respeto y cuidado del medioambiente.	Puede que inicialmente si se desea replicar la actividad, sea algo complejo conseguir las lombrices necesarias para aplicar la actividad a varios cursos.
Logra que el estudiante identifique acciones propias, o de su entorno, que perjudican al medioambiente.	El tiempo que se tarda en ver resultados, así como el de investigación de los estudiantes, puede que requiera de varias sesiones.
Es vinculable con varias unidades en el área de ciencias, que estén vinculados con la contaminación, las aguas, la tierra, seres vivos, entre otros.	Puede que existan estudiantes escrupulosos, que no les guste trabajar con lombrices, lo que dificultaría un poco la experiencia.
Permite que los estudiantes involucren a sus familias, debido a que se considera el modo en que éstas manipulan sus desechos, y puedan eliminarlos de la mejor manera.	

Resultados y discusión:

A partir de los pre-test y post-test entregados a los estudiantes, los cuales sus apoderados habían firmado el consentimiento informado, se obtuvieron los siguientes resultados en cada ítem

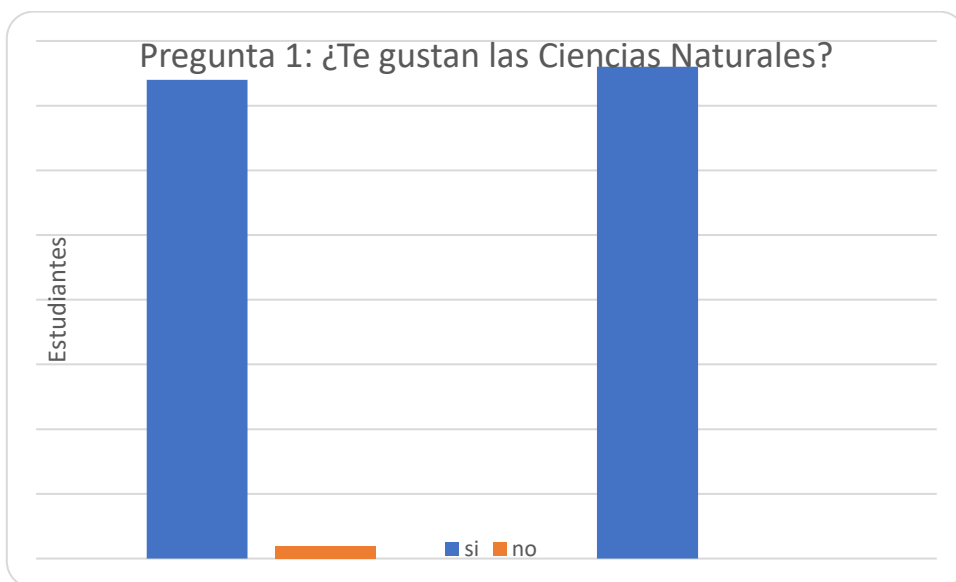


Gráfico 1: Respuesta de los estudiantes a la pregunta ¿Te gustan las Ciencias Naturales? En azul los estudiantes que respondieron que sí a la pregunta, y en naranja los estudiantes que respondieron que no.

Según los resultados que aparecen en el Gráfico 1, al aplicar el pre-test, casi la totalidad de los estudiantes hace alusión a que le gustan las Ciencias Naturales, a excepción de un alumno, lo que indica que, en éste curso, las percepciones de los estudiantes en relación de la ciencia, en general, es buena. Luego al compararlo con el post-test, la totalidad de los estudiantes respondió que les gustan las Ciencias Naturales, por lo que, a ese estudiante en particular, se le logró cambiar su percepción de las Ciencias Naturales después de la implementación de la propuesta.

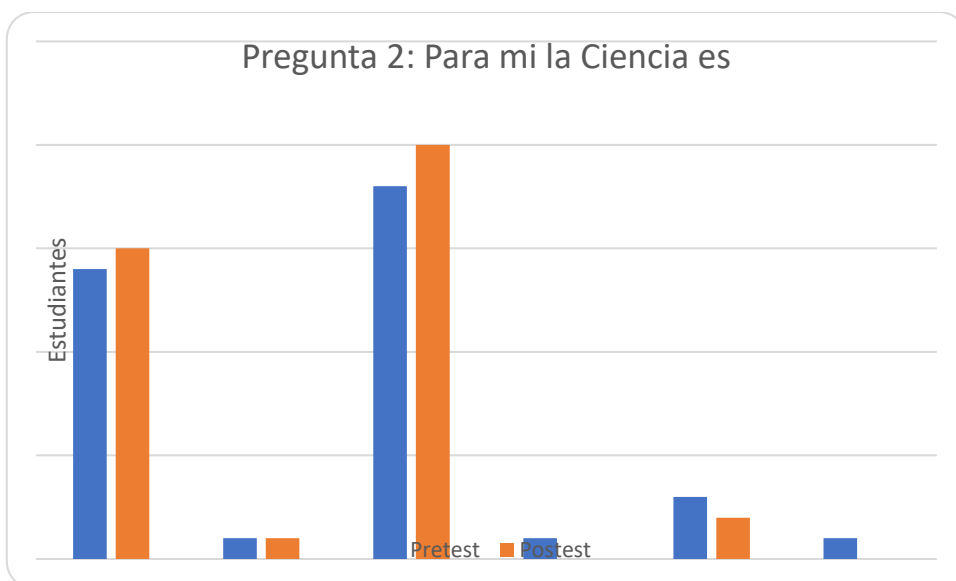


Gráfico 2: Respuesta de los estudiantes a la pregunta “Para mí la Ciencia es” en diferentes categorías. En azul se presentan las respuestas del pre-test, y en naranja las respuestas del post-test.

Al agrupar las respuestas de los estudiantes en categorías, se logró separar en 6 categorías, donde 14 estudiantes indicaron en el pre-test, que la Ciencia para ellos estaba relacionada con la naturaleza, o sobre una manera de ver la naturaleza; 1 estudiante indicó que no le gusta; 18 estudiantes indicaron que la es otra forma o manera de aprender; 1 estudiante señaló que la Ciencia es aburrida; y 3 estudiantes indicaron que la Ciencia sirve para investigar o para hacer investigación, para explorar el mundo o para observar su alrededor; y un estudiante indicó que no sabe lo que es la ciencia. Al analizarlo con el post-test, algunas de las categorías se repitieron, aumentando en el número de estudiantes que considera que la ciencia es naturaleza, además de aumentar estudiante que indicó que es otra forma de aprender. Esto pudo deberse a que, en la implementación en el aula, al mostrar que los desechos de algunas sustancias pueden generar nuevos productos útiles para el medioambiente, los estudiantes lo relacionaran con la naturaleza, además de que con este nuevo enfoque, la enseñanza de las ciencias se hace más interactiva y motivadora para los estudiantes.

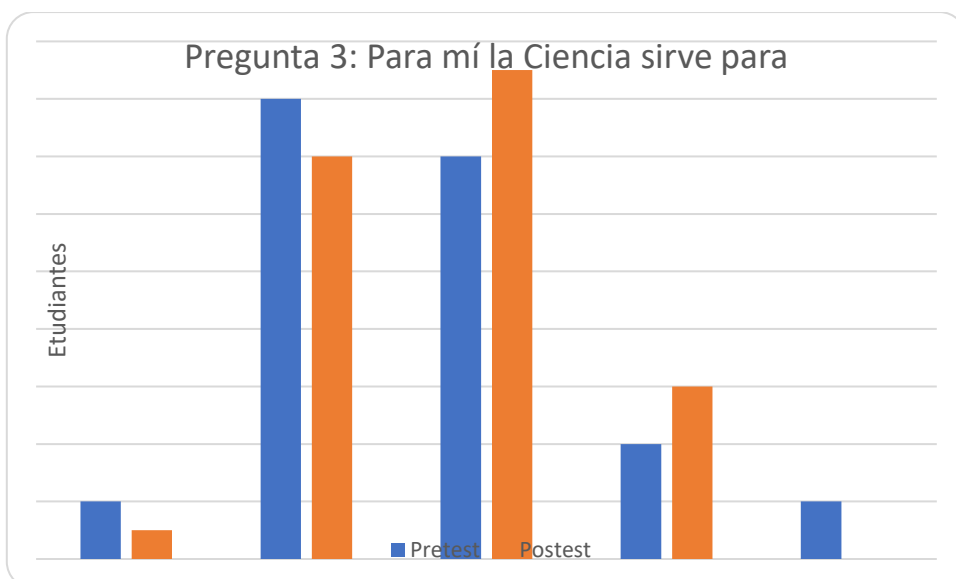


Gráfico 3: Respuesta de los estudiantes a la pregunta “Para mí la Ciencia sirve para” en diferentes categorías. En azul se presentan las respuestas del pre-test, y en naranja las respuestas del post-test.

En el Gráfico 3 se presentan las respuestas de los estudiantes a la pregunta “para mí la Ciencia sirve para”, acá se agruparon las respuestas de los estudiantes en 5 categorías, en el pre-test, los estudiantes indicaron mayoritariamente que para ellos la Ciencia es Naturaleza, la otra categoría que se repitió bastante, fue la de aprender sobre el mundo, por lo que se podría inferir que los estudiantes, en su mayoría, tienen claro que sirve para entender fenómenos cotidianos que ocurren en el mundo. Otro pequeño grupo de estudiantes, indicaron que sirve para investigar sobre animales y el cuerpo humano. Las categorías que tuvieron un menor número de respuestas fueron sobre ayudar al mundo, y sobre contaminación, por lo que en su mayoría, no creen que las ciencias en sí ayuden o se vinculen principalmente con la contaminación. Al comparar los resultados con el post-test, los estudiantes ahora opinaban mayoritariamente que la Ciencia servía para aprender sobre el mundo, y luego sobre naturaleza. Esto se puede deber a que los estudiantes al observar cómo pueden las lombrices ayudar a transformar una sustancia tóxica, como lo es el aceite usado, a un producto que es amigable con el medioambiente, les cambió su percepción sobre los usos que puede tener la Ciencia. Respecto a las otras categorías, los estudiantes indicaron que ya no sirve para contaminar, y se redujo el número de estudiantes que opinó sobre que sirve para ayudar al mundo. En relación a investigar y el cuerpo humano, las respuestas fueron mayores en el post-test, lo que se puede deber a que la actividad estaba relacionada con lombrices, por lo que los estudiantes lo relacionaron con la investigación de animales.

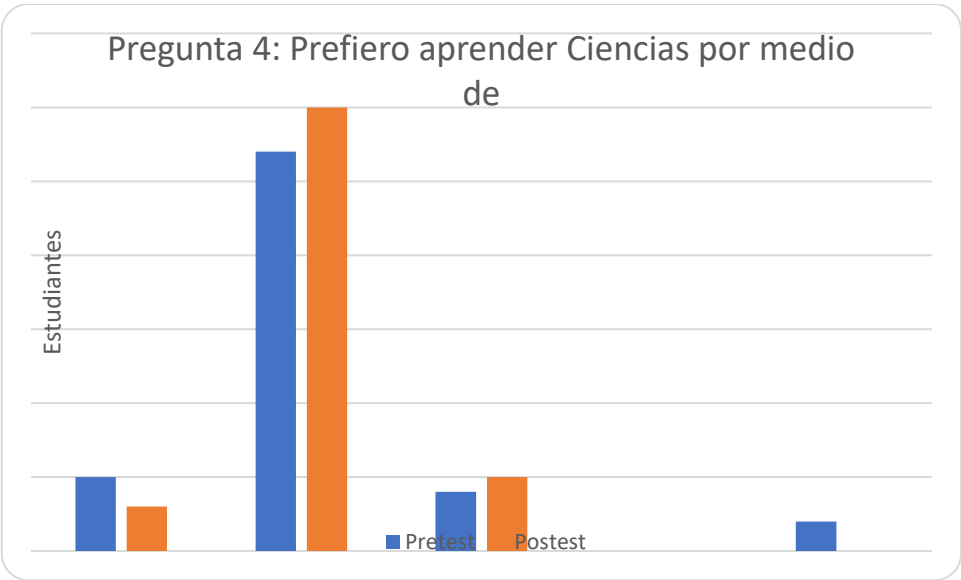


Gráfico 4: Respuesta de los estudiantes a la pregunta “Prefiero aprender Ciencias” en diferentes categorías. En azul se presentan las respuestas del pre-test, y en naranja las respuestas del post-test.

En el gráfico 4, al comparar los resultados tanto del pre-test, como del post-test, podemos observar que la mayoría de los estudiantes prefiere aprender Ciencia por medio de experimentos, y en menor medida por medio de una clase o por ejemplos de vida cotidiana, esto puede deberse a que es más fácil o más motivante para ellos realizar experimentos, a que tener una clase teórica, o que les den ejemplos de la vida cotidiana. En relación a la implementación de la actividad, podemos observar que los resultados no se ven afectados en gran medida, solo aumento el número de estudiantes que piensa que es mejor aprender a través de experimentos, en vez de una clase normal.

En la pregunta 5, donde los estudiantes debían responder a la pregunta ¿Qué es lo que más te ha gustado de aprender Ciencias este año?, los resultados se observan en la siguiente tabla (Tabla 1)

Tabla 1: Respuesta de los estudiantes a la pregunta ¿Qué es lo que más te ha gustado de aprender Ciencias este año?

	Estudiantes	
	Pre-test	Post-test
Huerto	5	4
Naturaleza	8	7
Células	2	2

Tipos de agua	4	3
Conocer gente nueva	1	0
Contaminación	2	1
Todo	2	1
Fósiles-rocas	1	1
Aprender ciencias	5	3
Bases y ácido	2	1
Lombriz	3	7
Hacer experimentos	3	4
Biodegradación	0	3

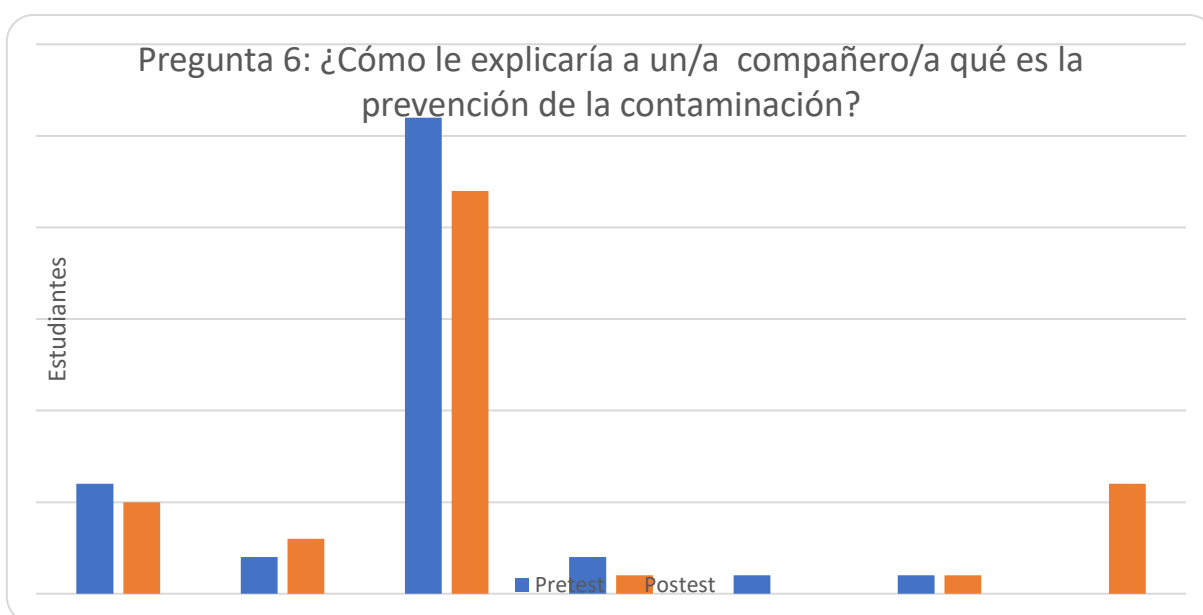


Gráfico 5: Respuesta de los estudiantes a la pregunta "¿Cómo le explicaría a un/a compañero/a qué es la prevención de la contaminación?" en diferentes categorías. En azul se presentan las respuestas del pre-test, y en naranja las respuestas del post-test.

Cuando se les pregunto a los estudiantes ¿Cómo le explicaría a un/a compañero/a qué es la prevención de la contaminación? (Gráfico 5), los estudiantes en su mayoría respondieron que lo harían a través de explicar qué es la contaminación, y cómo esta afectaría al mundo, este resultado fue similar tanto para el pre-test, como para el post-test. Luego, la respuesta que más se repitió fue sobre la basura, los residuos, y la consecuencia que estos pueden tener en el medioambiente, algunos estudiantes recalcando, en qué lugares se deben botar ciertos desechos. Este resultado sólo disminuyó en una unidad entre el pre-test y el post-test. Otro resultado que se obtuvo, fue que los estudiantes le explicarían qué es la prevención a través de la reutilización o reciclaje de algunos productos, por lo que este sería un medio más fácil para explicar, ya que lo podrían explicar de una manera práctica. En menor medida, unos estudiantes indicaron que lo harían a través de maquetas, disertación y mapa conceptual. Un resultado que apareció en el post-test, fue el de explicarlo a través del aceite, y como este contamina y se puede prevenir, con lo cual se puede inferir que, por la propuesta implementada, algunos estudiantes cambiaron su manera de explicar cómo explicarían qué es la prevención, debido a que pudieron observar cómo fue el proceso con el cual se trató el aceite para que este no contamine.

Tabla 2: Respuesta de los estudiantes a la pregunta “Para enfrentar la contaminación yo”.

	Estudiantes	
	Pre-test	Post-test
Reciclar- reutilizar	15	7
No contaminar	2	5
Boto papeles en la basura	9	15
Mandar a limpiar	2	0
Cuidar al mundo	4	3
Difusión	1	0
No basurero	4	0
Experimentos	0	1
Ser limpio con los desechos producidos	0	1
Reciclar aceite usado	0	5
Omite	1	1

Cuando a los estudiantes se les preguntó sobre qué medidas realizan ellos para enfrentar la contaminación, los estudiantes respondieron, en el pre-test, que la mayoría de ellos recicla, o reciclaría si pudiesen. Otra manera que tendrían los estudiantes para no contaminar sería no botar los residuos en el piso, o donde no correspondan, sino que en botes de basura. También indicaron que cuidarían el mundo, para que este no se contaminará, no especificando en la forma de realizarlo, y otros jóvenes, indicaron que usarían la medida de no tener basureros, para prevenir que las personas produzcan residuos, o en el caso particular de ellos, de no tirar papeles en la sala de clases, sino que llevárselos para la casa, para evitar ensuciar su aula de clases. Las respuestas que se repitieron menos en los estudiantes fueron la de mandar a limpiar, donde hacían referencia a que personas se dedicara a limpiar los productos que fueran contaminantes para el mundo. Finalmente 2 estudiantes indicaron que no contaminan, y uno expresó que una manera de evitar la contaminación sería realizando difusión sobre los efectos de los problemas que produce la contaminación.

Al comparar estos resultados con el post-test, se puede observar que ahora los estudiantes piensan que la mejor manera que pueden tener ellos para enfrentar la contaminación, es simplemente no botando papeles o desechos en cualquier parte, sino que utilizando los basureros. Esto puede deberse a que después de la aplicación de la actividad, los estudiantes observaron los efectos dañinos que se producen cuando uno bota desechos irresponsablemente, ya sea en la tierra, las aguas, océanos, etc. Por lo que una manera de que ellos pueden contribuir, es botando los desechos donde corresponda. Luego la respuesta que más se dio en los estudiantes, fue reciclar-reutilizar desechos. Una de las respuestas nuevas que aparecieron en el post-test, fue la de reciclar el aceite usado, donde los estudiantes indicaron que, en sus casas, empezarían a botar el aceite usado en envases, o si se pudiera, utilizando las lombrices Rojas Californianas para producir compost y humus de lombriz. Otros estudiantes también indicaron que podrían ayudar a prevenir la contaminación, a través de ser limpio, y no generar desechos, tratando de no perjudicar con sus acciones el medioambiente. Finalmente un estudiante indicó que se podría cuidar el planeta a través del aprendizaje con experimentos y pruebas que pudieran ayudar a no contaminar.

Cuando los estudiantes tenían que indicar que conceptos conocían, indicaron lo que aparece en la siguiente tabla (Tabla 3)

Tabla 3: Respuestas de los estudiantes en relación a los conceptos que conocían, comparando el pre-test, con el post-test. Donde "a" es Prevención deformación de basura; "b" Huella ecológica; "c" Eficiencia energética; y "d" Biodegradación de basura.

	Estudiantes	
	Pre-test	Post-test
a	9	16
b	3	2
c	1	1
d	3	2

a,c	5	3
a,c,d	4	3
a,d	10	8
c,d	1	0
a,b,d	1	0
a,b,c,d	0	1
omite	1	2

Al preguntar a los estudiantes con que frase relacionan los conceptos que aparecen en la Tabla 3, se obtuvieron los siguientes resultados en cada aplicación del test.

Tabla 4: Frases descritas por los estudiantes con el concepto de "Prevención de formación de basura"

a	Estudiantes	
	Pre-test	Post-test
Prevención	5	5
No botar basura	3	11
Reciclar	3	2
Cuidar el planeta	1	0
Donde botar la basura	3	0
Reducir la contaminación	1	3
es bueno	0	1
Con experimentos	0	1
No se	0	2
Omite	8	5

Tabla 5: Frases descritas por los estudiantes con el concepto de "Huella Ecológica"

b	Estudiantes	
	Pre-test	Post-test
Huella ecológica	2	0

Paneles solares	0	1
Huella es para pintar documentos	1	0
Omite	2	2

Tabla 6: Frases descritas por los estudiantes con el concepto de "Eficiencia energética"

c	Estudiantes	
	Pre-test	Post-test
Paneles solares	2	1
Uso del petróleo eficiente con la naturaleza	1	0
Renovable	1	0
Usar mejor la luz	1	1
Prevenir	1	0
Electricidad	1	0
Energía	2	2
Omite	2	2
No se	0	2
Botar la basura en el basurero	0	1

Tabla 7: Frases descritas por los estudiantes con el concepto de "Biodegradabilidad de basura"

d	Estudiantes	
	Pre-test	Post-test
Biodegradación	2	0
No botar basura	3	5
No contaminar	4	3
Reutilizar	1	1
Estudiar la contaminación	1	0

Cuantos años se demora en degradar la basura	1	0
La basura se descompone sola	1	1
Cuidar la energía	0	1
Omite	5	2

Conclusión

Introducir la Química Verde en la escuela, sobre todo en el primer y segundo ciclo de educación, permite incorporar de una forma natural conductas consientes del daño que se produce al ecosistema, se pretende lograr que las personas tengan actos que incluyan el cuidado del medioambiente en cada uno de sus diversos escenarios, como conductas cotidianas y conductas arraigadas en los futuros profesionales, incorporándolos a toda su vida de forma natural; por ejemplo, si deciden comprar un jabón el ciudadano actual lo compra solo con un criterio económico, sin embargo el ciudadano del futuro considerará además, criterio de inocuidad para el medio ambiente, es decir al momento de elegir, opten por aquel producto que no cause daño; si el caso es que él fue uno de los innovadores y un nuevo creador de este producto, al momento de hacer este producto u otro, tendrá presente elaborarlo con materiales que no contengan productos dañinos para el medio ambiente ¿Por qué no trabajar para que esto sea posible? Y así sucesivamente.

A través de la actividad implementada, logramos observar en los estudiantes, que su apreciación sobre las ciencias cambio, sobre todo en la utilidad que le daban algunos estudiantes a ésta. También se les logró enseñar el cómo algunos desechos que pueden ser peligrosos para el medioambiente, como lo es el aceite, pueden ser reutilizados y darles una nueva vida útil a través del principio 7 de la Química Verde de Materias primas renovables. De manera transversal se les enseñó sobre Biodegradabilidad, y de la prevención y la responsabilidad que tenemos como individuos en la directa contaminación y que muchas veces las acciones parecen inofensivas, pero que al informarnos nos damos cuenta que se transforman en grandes desastres.

En relación al experimento, algunos estudiantes indicaron en el post-test, que es una buena manera para que ellos mismos ayuden a prevenir la contaminación que se producen en sus hogares, no necesariamente con las lombrices, también previniendo desechar el aceite directamente en las aguas o en la tierra, ya que aprendieron los efectos dañinos que puede tener este cuando no se es precavido en el lugar donde se tiran los desechos de éste.

Cabe destacar que si bien, dar un enfoque de Química Verde a la enseñanza es una manera novedosa de entregar contenidos a los estudiantes desde una mirada de cuidado al medioambiente, tiene que hacerse un trabajo en conjunto con la comunidad para que se produzcan resultados significativos en el medioambiente, esto a través de la familia, colegio, comunidades, autoridades, leyes, etc. Siempre teniendo en cuenta que es mejor prevenir que lamentar, utilizando bien los recursos, y no desperdiciando ni botar productos que nos da el planeta.

Los niños y niñas al ser educados desde la primera infancia con estas acciones y consideraciones, no tendrán que pensar en un futuro en provocar cambios; si no que ellos en sí mismos serán el cambio.

Bibliografía

- 1) Yarto, M., Gavilán, A., Martínez M. A. (2004). La Química Verde en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Gaceta ecológica. México.
- 2) Mascarell, L., Vilches, A. (2016) Química Verde y Sostenibilidad en la educación en ciencias en secundaria. Enseñanza de las ciencias, Número 34.2.
- 3) Díaz, E. (2002). Guía de Lombricultura. Lombricultura: Una alternativa de producción. Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior. Municipio Capital de la Rioja. Argentina.
- 4) AUSUBEL-NOVAK-HANESIAN (1983) Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo .2° Ed. TRILLAS México
- 5) Manterola, M. (2003). Psicología educativa, conexiones con la sala de clases. Edición, UCSH, abril. 2° edición.
- 6) L.Freild, R. (2004). La Pasión de Aprender, Que los niños recobren el goce de descubrir, ediciones 4 vientos editorial, Santiago. 1| Edición.

Anexo 1: Evaluación clase 2

Pauta de Evaluación de Disertaciones PPT

Nombre: _____ 5°basico

Tema de investigación: ***“Daño que produce el residuo del aceite de comer al ecosistema y la lombricultura”***, _____

1. Introducción:

a. Presentación de los expositores. Presentación clara de los objetivos y estructura de la disertación. Explicación de metodología de trabajo.	3 puntos.
b. Sólo se presenta parte de los elementos esenciales, pero en algo contribuye a la comprensión de la actividad.	2 puntos.
c. No se percibe una introducción clara. Cumple con lo mínimo solo lectura.	1 punto.
d. Presenta en forma adecuada, con la complejidad y profundidad requerida el tema. Da ejemplos.	3 puntos.
e. El desarrollo del marco teórico es correcto, pero no se profundiza.	2 puntos.
f. El marco teórico presentados son muy débiles no están desarrollados en la profundidad requerida.	1 punto.

1.1. Claridad y coherencia de la exposición :

a. Se expresa con fluidez, coherencia y claridad.	3 puntos.
b. Su exposición no es fluida, lo que afecta la coherencia y claridad	2 puntos.
c. La exposición no es clara ni coherente	1 punto.

1.2. Dominio del tema:

a. Demuestra dominio del tema y explica sin necesidad de leer	4 puntos.
b. Domina el tema, pero se apoya en la lectura durante algunos pasajes de su exposición.	3 puntos.
c. Presenta problemas cotidianos. Lee parte de la exposición	2 puntos.
d. Su apoyo constante en la lectura demuestra que no domina el tema que expone.	1 punto.

2. Conclusión:

a. Se produce una síntesis adecuada, se sintetiza el trabajo expuesto y se ofrece la palabra a sus compañeros a través de preguntas o presentación de inquietudes.	3 puntos.
b. Sólo se produce la síntesis.	2 puntos.
c. No hay claridad en el término de la actividad. No hay acción sintetizadora.	1 punto.

3. Material de Apoyo:

a. Presenta PPT, no presenta faltas de ortografía y es pertinente al tema.	4 puntos.
b. El material de apoyo es pertinente, sin embargo, es presentado de manera poco didáctica. Presenta faltas ortográficas.	3 puntos.
c. El material de apoyo es mínimo. Presenta serias fallas ortográficas. Es poco claro.	2 puntos.
d. El material expuesto no contribuye a la exposición. Serios errores de contenido y redacción. Trabajo desordenado y mal presentado.	1 punto.

4. Diseño de la presentación.

a. Número adecuado de Diapositivas, adecuado tamaño de la letra. (visible)	3 puntos.
b. Demasiadas diapositivas, letra adecuada, pero muy recargadas.	2 puntos.

c. Número y diseño de diapositivas inadecuado. Letras pequeñas. (poco visibles)	1 punto.

5. Otros aspectos evaluados:

a. La presentación personal de los estudiantes es impecable.	1 punto.
b. Lenguaje técnico utilizado es pertinente y adecuado al tema expuesto.	2 puntos.
c. La exposición se adecua al tiempo indicado.	3 puntos.
d. Se percibe un buen trabajo en equipo.	1 punto.
e. Hay presencia de elementos creativos o novedosos en la disertación.	3 puntos.

Comentarios:

- Se asigna un solo puntaje por cada aspecto evaluado
- Se suman todos los puntos para calcular el puntaje total de la disertación.
- Usar la escala para transformar a nota.
- Se evalúa con la escala del 60% de nivel de exigencia, según corresponda.
- El puntaje máximo es 33 puntos para un siete.

60 % EXIGENCIA

Puntaje	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Nota	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,2	2,4	2,5	2,7	2,8	3,0	3,1	3,3	3,4	3,6

Puntaje	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Nota	3,7	3,9	4,0	4,3	4,5	4,7	5,0	5,2	5,4	5,6	5,9	6,1	6,3	6,5	6,8	7,0

Anexo 2: Guía de trabajo en clases.



CORPORACIÓN MUNICIPAL DE EDUCACIÓN, SALUD Y
ATENCIÓN DE MENORES ESCUELA "PEDRO AGUIRRE
CERDA"



Guía de Ciencia 5° básico

Nombre: -----Curso:.....

¿Se ha preguntado alguna vez si está bien desechar el aceite de cocina por el lavaplatos?

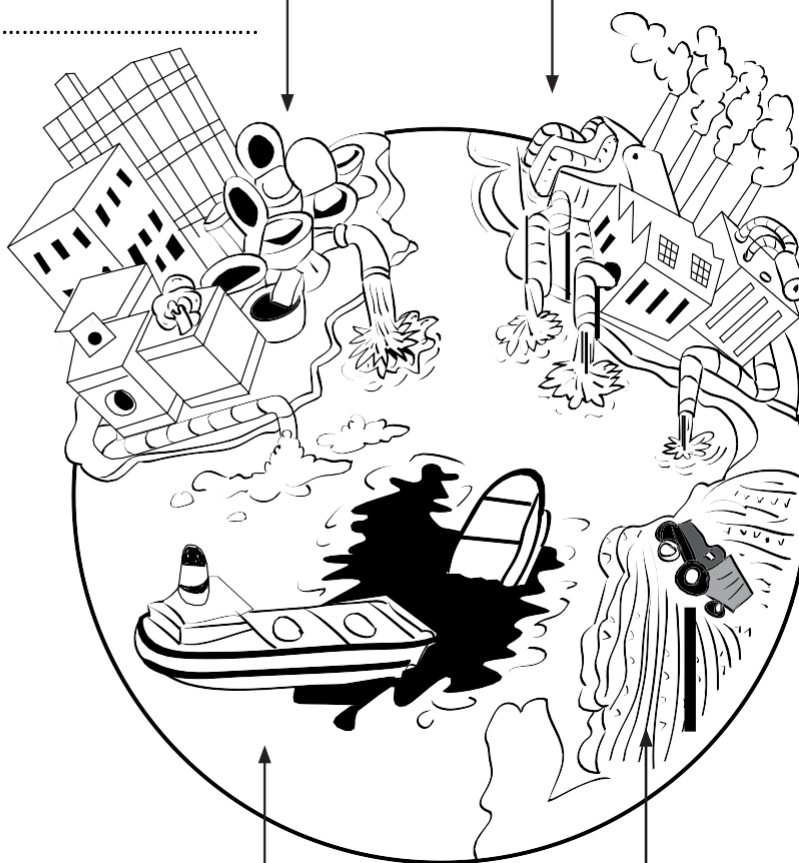
.....
.....
.....

¿Cuál es la mejor manera de deshacerse de este residuo?

.....
.....
.....

¿Entonces qué hacer con el aceite usado?

¿Hábitos ideales para el manejo del aceite usado?



5.1.3 SEA 3: Propuesta didáctica de vinculación curricular en octavo año básico con principios de Química Verde. Energía y Eficiencia Energética

Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Químicas
Diplomado en Química Verde

Propuesta didáctica de vinculación curricular en octavo
año básico con principios de Química Verde

“Energía y Eficiencia Energética”

Victoria Martínez Cuevas
Oriana Aravena García
Cristian Reyes Valdivia
Claudia Fernández Contreras

I.- Elementos curriculares

Para realizar esta experiencia de aprendizaje hemos decidido trabajar en octavo año básico, en la unidad 3 “Electricidad y Calor” vinculando los objetivos de aprendizaje planteados por el ministerio de Educación, específicamente el ¹²OA 11

“Desarrollar modelos e investigaciones experimentales que expliquen el calor como un proceso de transferencia de energía térmica entre dos o más cuerpos que están a diferentes temperaturas, o entre una fuente térmica y un objeto, considerando:

- > Las formas en que se propaga (conducción, convección y radiación).
- > Los efectos que produce (cambio de temperatura, deformación y cambio de estado, entre otros).
- > La cantidad de calor cedida y absorbida en un proceso térmico.
- > Objetos tecnológicos que protegen de altas o bajas temperaturas a seres vivos y objetos.
- > Su diferencia con la temperatura (a nivel de sus partículas).
- > Mediciones de temperatura, usando termómetro y variadas escalas, como Celsius, Kelvin y Fahrenheit, entre otras.” (MINEDUC: 2016)

¹² Bases curriculares para 8vo año básico. MINEDUC. 2016.

Encontramos en las bases curriculares, emanada por el ministerio de educación, Grandes Ideas de la Ciencia, que se proponen desarrollar durante el trabajo en Ciencias Naturales. Para fines de esta propuesta didáctica trabajaremos sobre:

¹³“**Gl.6 La cantidad de energía en el Universo permanece constante. La energía, en el Universo conocido, presenta varias propiedades siendo su conservación una de las más importantes. Al ser utilizada en un proceso, puede transformarse, pero no puede ser creada o destruida. En los fenómenos que ocurren suele haber transferencia de energía entre los cuerpos que intervienen. La energía se puede presentar de variadas formas. La energía puede transferirse entre diversas estructuras cósmicas por radiación o por interacciones entre ellas. La energía también se puede transferir a través de las ondas**” (MINEDUC: 2016)

II.- Planificación de la secuencia didáctica

La presente secuencia didáctica está diseñada en función de lograr que los y las estudiantes sean capaces de experimentar y evidenciar la eficiencia energética desde la perspectiva de la química verde dando de esta forma el sentido del estudio de la electricidad.

Curso: Octavo año básico	Objetivo de aprendizaje: OA 11 Desarrollar modelos e investigaciones experimentales que expliquen el calor como un proceso de transferencia de energía térmica entre dos o más cuerpos que están a diferentes temperaturas, o entre una fuente térmica y un objeto, considerando: > Las formas en que se propaga (conducción, convección y radiación). > Los efectos que produce (cambio de temperatura, deformación y cambio de estado, entre otros). > La cantidad de calor cedida y absorbida en un proceso térmico. > Objetos tecnológicos que protegen de altas o bajas temperaturas a seres vivos y objetos. > Su diferencia con la temperatura (a nivel de sus partículas). > Mediciones de temperatura, usando termómetro y variadas escalas, como Celsius, Kelvin y Fahrenheit, entre otras.

¹³ Bases curriculares para 8vo año básico. MINEDUC. 2016.

Clase n°1	Objetivo de la actividad: Reflexionan sobre el uso de la energía eléctrica y su producción, reconociendo consecuencias medioambientales y sociales del alto consumo eléctrico.
	Inicio: Se presenta el objetivo de la clase. Los estudiantes activan conocimientos previos respecto a la energía eléctrica, respondiendo las siguientes preguntas: -¿Qué es la energía eléctrica? ¿Dónde podemos encontrarla? -¿Qué tipo de energía usa en su hogar para el alumbrado, la calefacción y artículos de entretenimiento, entre otros? <i>Es importante registrar en un listado las diferentes respuestas a esta pregunta ya que serán utilizadas en el desarrollo de la actividad n°1</i> - ¿De qué manera en sus hogares tienen acceso a la energía eléctrica? -¿Cómo se genera? Con estas preguntas se espera motivar a los estudiantes a participar y construir algunas definiciones Desarrollo: en un segundo momento se les invita a revisar algunas consecuencias de la obtención de energía y a les presenta un video(N°1) https://www.youtube.com/watch?v=IVNqmc21fA0 Este nos evidencia la generación de energía eléctrica y los costos medioambientales asociados a su producción. Se realiza una discusión respecto a los costos sociales y ambientales observados. En un segundo momento el profesor muestra a los estudiantes algunas noticias relacionadas con el uso eficiente de la energía, potenciando el vínculo con la química verde. Cierre: Mediante un plenario, exponen sus conclusiones y opiniones respecto al tema abordado.
Clase n°2	Objetivo de la actividad: Comprenden el concepto de Eficiencia Energética, desde la mirada de su uso cotidiano. Inicio: Los estudiantes comentan y realizan un listado de artefactos electrónicos que utilizan diariamente, tanto ellos como en sus hogares, comentan que sucede cuando se corta la luz y no logran utilizar éstos. Desarrollo: Se introduce en concepto de eficiencia energética. Observan video N°2, https://www.youtube.com/watch?v=MD4v_DVTQVA Registran en sus cuadernos conceptos claves. Se les presentan imágenes de etiquetados de artefactos eléctricos y desarrollan un trabajo de investigación, reconociendo el significado de los etiquetados que reflejen la eficiencia energética de los artefactos eléctricos. Realizan un registro de éstos. Cierre: Los estudiantes exponen sus trabajos y realizan una heteroevaluación de ellos.

Clase n°3	Objetivo de la actividad: Experimentan el uso de diversas fuentes de energética, comparando tiempo y eficiencia de éstas para llevar a cabo la cocción de un huevo
	Inicio: Se presenta el objetivo de la clase. Los estudiantes activan conocimientos previos. Comparten los etiquetados completando un cuadro resumen. Instrucciones trabajo experimental de Laboratorio. Se definen roles para el trabajo colaborativo. Desarrollo: En un segundo momento, se les invita a experimentar la cocción de un huevo en : • Horno eléctrico. • Horno Microonda. • Cocinilla. En un segundo momento registran la Temperatura en intervalos de tiempo. Cierre: Exponen sus conclusiones (Plenario). Instrucciones de construcción de gráficos. (Actividad transversal asignatura Matemática)
Clase n°4	Objetivo de la actividad: Comunican los resultados del laboratorio, reconociendo elementos que hacen más eficiente el objetivo para vincularlo al principio de eficiencia energética de la Química verde.
	Inicio: Los estudiantes comentan sus apreciaciones sobre el trabajo práctico realizado, orientado por el docente para abordar aristas sobre: manipulación de materiales, trabajo en equipo, determinación de roles, seguridad en el laboratorio, completación de la guía. Desarrollo: En un primer momento los grupos registran en la pizarra y exponen los datos y conclusiones obtenidos en el laboratorio (gráficos y tablas de datos creadas en la asignatura de matemática) En un segundo momento, el profesor guía la reflexión sobre la relevancia que tiene a nivel ecológico y social el utilizar bien la energía, haciendo el enlace con el video de la primera clase. Finalmente, los estudiantes completan el post test. Cierre: Los y las estudiantes proponen medidas simples que apunten a adquirir un cambio en su conducta cotidiana, propiciando el enfoque de la eficiencia energética, desde la mirada de la química verde.

	.

III.- Argumentación teórica

a. Descripción del contexto donde se realizara la implementación

El curso donde se realizará la implementación es el octavo año básico, perteneciente a la escuela Anne Eleonor Roosevelt, ubicada en la comuna de Recoleta. La escuela es de dependencia municipal.

El índice de vulnerabilidad acreditado por la escuela es de 87,2, lo que ayuda a configurar las características socio-económica de las familias que conforman la comunidad educativa.

La presencia de estudiantes con necesidad educativas especiales hace un desafío constante la metodología a utilizar en las clases de Ciencias Naturales. El curso cuenta con 5 estudiantes con necesidades educativas transitorias y 2 estudiantes con necesidades educativas permanentes.

Existe una valoración positiva a la asignatura, aun cuando los estudiantes no han tenido la oportunidad de realizar experiencias de experimentación, salvo algunas muy dirigidas y propuestas en el texto de estudio.

b. Justificación de la temática seleccionada a partir de argumentos que responda a los aprendizajes que ha adquirido sobre la Química Verde.

Creemos importante abordar la temática de la eficiencia energética con nuestros estudiantes ya que el requerimiento energético de nuestra sociedad es cada vez mayor y la generación de energía , sus costos y consumo, son problemáticas que creemos deben ser visualizadas y reflexionadas para tomar decisiones que trasformen y ayuden al planeta tierra y a las actuales sociedades que lo habitan.

Primeramente creemos importante reflexionar sobre la matriz energética de nuestro país, entendiendo con esto desde donde proviene la energía que utilizamos día a día. Al entender de donde proviene la energía eléctrica nos permite plantear preguntas que busquen asociar los costos medioambientales que se generan a partir de su elaboración, distribución y consumo.

Respecto a la responsabilidad de los sujetos en la toma de decisiones responsable con el medio ambiente creemos importante destacar el reconocimiento de la fuente energética y de los costos de estas en la dimensión sociocientífica ¹⁴“En la enseñanza de las ciencias son considerados problemas socio-científicos aquellos problemas sociales en los que la causa, la posible vía de solución, o ambas cuestiones, recaen en alguna aplicación del conocimiento tecnocientífico” (España y Prieto: 2009)

Uno de los costos medioambientales en la generación de energía eléctrica, que utilizaremos como elemento pedagógico, es la erosión del suelo y la alteración del ecosistema, producto de la inundación de praderas, para la construcción de represas de plantas hidroeléctricas.

c. Justificación de la secuencia didáctica en términos de coherencia curricular y de la incorporación de la Química verde.

El objetivo de trabajo (OA 11) seleccionado nos permite abordar la temática del uso de la energía y del calor, además de la eficiencia energética como sentido o enfoque para la reflexión. Nos permitirá dar espacio a educación para la sostenibilidad proponiendo la eficiencia energética como perspectiva a abordar, vinculando la química verde, específicamente su principio número 6 con el aprendizaje propuesto. Nos permite vincular ideas de la Química Verde con el quehacer en la escuela, mirando la idea de acción de cambio, desde las escuelas. En síntesis educación para la transformación.

Respecto al desarrollo de actitudes científicas creemos importante destacar el vínculo que es posible hacer con principios de la química verde. Creemos posible establecer una relación entre el proceso de concientización hacia el cuidado del medioambiente y la práctica investigativa propia de las ciencias naturales. La vinculación curricular propuesta pretende ser un espacio de mediación planificada para que niños y niñas puedan tomar conciencia frente a problemáticas medioambientales, y como desde una mirada de las ciencias son capaces de proponer e implementar cambios para una mejora de planeta.

¹⁴ Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien., 2009, 6(3), pp. 345-354 EDUCAR PARA LA SOSTENIBILIDAD: EL CONTEXTO DE LOS PROBLEMAS SOCIO-CIENTÍFICOS.

El MINEDUC declara como objetivo de aprendizaje transversal, el desarrollo de habilidades científicas. Para fines de este trabajo seleccionamos ¹⁵OA G: *Reconocer la importancia del entorno natural y sus recursos, y manifestar conductas de cuidado y uso eficiente de los recursos naturales y energéticos en favor del desarrollo sustentable y la protección del ambiente. Creemos importante intencional el quehacer pedagógico hacia el ámbito actitudinal en los y las estudiantes*".

Para abordar la temática de eficiencia energética utilizaremos como insumo teórico el texto "guía para la buena energía" elaborado por la ACHEE, desarrollando conceptos como etiquetado, uso eficiente de la energía, tipos de energía, entre otros.

d. Justificación de la secuencia didáctica en términos de coherencia pedagógica, didáctica y/o educacional, en función de establecer una fundamentación coherente en todos los planos trabajados.

En el trabajo diseñado creemos importante precisar la metodología de trabajo que incorporaremos. La propuesta integra una actividad de experimentación científica que apunta a dar sentido a una problemática socio científica como es el requerimiento energético, propio de las sociedades, y de la dependencia por tanto a las distintas fuentes energéticas, analizando su eficiencia e impacto. *"A nivel escolar, hacer ciencia se traduce en construir -o reconstruir- los conceptos científicos a partir de investigaciones científicas, que pueden ser de naturaleza experimental, no experimental o documental, entre otras. La experimentación, además de ser utilizada para desarrollar y evaluar explicaciones, puede llevar al uso, adaptación o creación de modelos, que también permiten realizar predicciones y, junto con la experimentación, incentivan el pensamiento crítico y creativo."*(MINEDUC: 2016)

Esta perspectiva de trabajo nos ofrece la posibilidad de orientar una experiencia educativa, que apunte a la construcción de aprendizajes significativos en las y los estudiantes. Respecto al aprendizaje significativo Silvia Marcela Veglia en su libro Ciencias Naturales y Aprendizaje Significativo nos señala respecto a la enseñanza de las ciencias ¹⁶*educar debe ser algo más que proporcionar conocimientos, debe servir para la vida.*

¹⁵ Bases curriculares para 8vo básico. Ciencias naturales. MINEDUC .2016

¹⁶ VEGLIA, Silvia Marcela 2007 "ciencias naturales y aprendizaje significativo, claves para la reflexión . Editorial Novedades.

Debe estar en relación directa con las necesidades del sujeto, poniendo el acento en las capacidades y en favorecer la mejor inserción de los individuos en la sociedad”. (VEGLIA : 2007). Respecto a la construcción de aprendizaje significativo y a la metodología de trabajo grupal señalamos ¹⁷“Hablar de aprendizaje significativo, sugiere ante todo, poner en relieve el proceso de construcción de significado, como elemento central del proceso de enseñanza-aprendizaje” (COOL:1988)

Respecto al rol de la ciencia en la construcción de pensamiento crítico y reflexivo, la autora señala ¹⁸“Podemos decir entonces que al enseñar ciencias se puede mejorar la calidad de vida de las personas”. El trabajo escolar que nos permite re significar es el que puede ser evidenciado por los y las estudiantes.

v. Descripción y/o elaboración del material con el cual evidenciará la implementación (video, fichas, juego, etc).

Para implementar nuestra secuencia didáctica utilizaremos

1. Obtención de la energía Eléctrica
 - 1.1 Video de consecuencias sociales y medioambientales: “*Lugares que hablan*”
<https://www.youtube.com/watch?v=IVNqmc21fA0>
Este fue elegido por la inundación de un cementerio Mapuche en el alto Bio Bio, a raíz del llenado de un Embalse, por lo que las transnacionales no cumplieron con los acuerdos establecidos, esto causo un impacto de la flora, fauna y la vida de los habitantes.
 - 1.2 PPT con noticias relacionan la Eficiencia energética con el principio de la química verde.
2. ¿Qué es la eficiencia energética?
 - 2.1 Se les presentará el siguiente video que explica el concepto de Eficiencia Energética: https://www.youtube.com/watch?v=MD4v_DVTQVA
 - 2.2 Este video da pie a una actividad que se relaciona con un afiche que los estudiantes deben realizar sobre el etiquetado, se adjuntan fotografías como evidencia.
 - 2.3 Lista de cotejo para la evaluación del trabajo.

¹⁷ COOL, Cesar 1988 “ significado y sentido en el aprendizaje escolar. Reflexiones en torno al aprendizaje significativo”. Universidad de Barcelona.

¹⁸ VEGLIA, Silvia Marcela 2007 “ciencias naturales y aprendizaje significativo, claves para la reflexión . Editorial Novedades.

3. Trabajo de laboratorio

3.1 Guía de trabajo: los grupos reciben una guía con las instrucciones detalladas del laboratorio: objetivo, materiales, procedimiento, tabla de registro de datos, preguntas que orienten su reflexión para la conclusión.

3.2 Lista de cotejo sobre evaluación de la pregunta reflexiva.

4. Carta de compromiso de estudiantes con medidas que favorezcan la Eficiencia Energética en su vida cotidiana.

VI. DEBILIDADES Y FORTALEZAS DE LA IMPLEMENTACIÓN

FORTALEZAS

1. La propuesta didáctica resultó atractiva y motivante para los y las estudiantes. Se realizaron todas las actividades planificadas en la secuencia. Los estudiantes participaron activamente de las clases.
2. La implementación del laboratorio fue una experiencia innovadora para los y las estudiantes. Dentro de la experiencia se utilizaron materiales de laboratorio desconocidos por las y los niños.
3. La metodología de trabajo grupal permitió generar un trabajo entre pares, colaborativo, orientado a sus intereses y a la distribución de roles.
4. La propuesta didáctica fue valorada por la comunidad educativa.
5. La propuesta didáctica nos permitió abrir la evaluación hacia y desde los estudiantes (autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación)

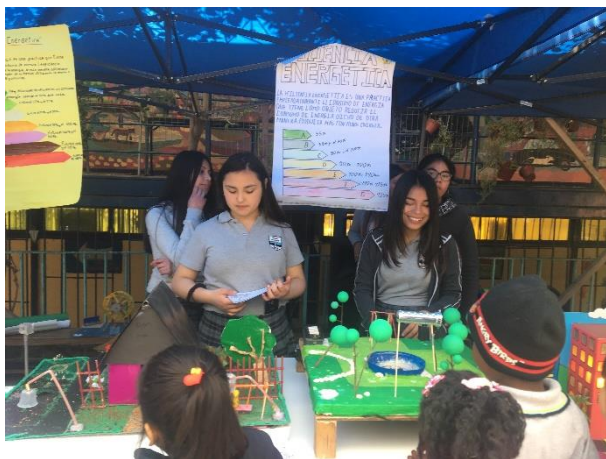
DEBILIDADES

1. El establecimiento no cuenta con la infraestructura necesaria para el trabajo científico, ya que, no existe el espacio físico para un laboratorio, ni los recursos propios de este.
2. Visualizamos como una debilidad la baja asistencia el día de la implementación del laboratorio, ya que por fecha, este correspondió a la semana después de fiestas patrias.
3. Faltó mayor profundidad y vinculación del principio de la química verde con el OA trabajado, al momento de presentarlo a las y los estudiantes.
4. Aunque planificamos una transversalidad curricular entre ciencias naturales y matemática, esta actividad no fue llevada a cabo por tiempo acotado.
5. El principio de prevención no fue incorporado en el trabajo de planificación de la experiencia, sin embargo, fue abordado con los estudiantes, previo a la implementación del laboratorio, por tanto no tenemos como evidenciarlo.

VII. EVIDENCIAS DE LA IMPLEMENTACIÓN

Para evidenciar la implementación de la propuesta didáctica planificada reconocemos como evidencias los siguientes elementos:

- 1.- Pre test y consentimiento (anexo 1 y 2)
- 2.- elaboración de carteles de eficiencia energética



- 3.- implementación del laboratorio

- Guía de trabajo de laboratorio (anexo 3)
- Rubrica de evaluación de pregunta socio científica. (anexo 4)
- Fotos de implementación del laboratorio de eficiencia energética.

Anexos



4.- instrumentos de evaluación:

- Auto- evaluación (anexo 5)
- Co-evaluación (anexo 6)

5.- Post test. (anexo 7)

VIII. Anexos

Anexo 1



Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias

Nombre o RUT: _____

Instrucciones.

- Escriba su nombre o RUT claramente.
- Lea las siguientes frases y/o preguntas y conteste o llene los espacios vacíos según sus conocimientos y/o creencias.
- Sus respuestas no serán calificadas ni tendrán incidencia en el desarrollo de la clase.

CUESTIONARIO

1. ¿Te gusta las Ciencias Naturales?

- a) Sí b) No

2. Para mí la Ciencia es _____

3. Para mí la Ciencia sirve para _____

4. Prefiero aprender Ciencias por medio de:

- a) una clase,
b) experimentos,
c) ejemplos de la vida diaria,
d) Otra forma. ¿Cuál? _____

5. ¿Qué es lo que más te ha gustado de aprender Ciencias este año?

6. ¿Cómo le explicaría a un/a compañero/a qué es la Eficiencia Energética?

7. Para hacer más eficiente el uso de la energía yo _____

8. Marca TODOS los conceptos que TÚ conoces:

- a) Prevención de formación de basura.
b) Huella Ecológica.
c) Eficiencia Energética.
d) Biodegradación de basura.

9. De los conceptos que marcaste en la pregunta N°8, asocia CADA UNO de ellos con una frase, idea, ejemplo, entre otros:

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LOS APODERADOS

El estudiante bajo su responsabilidad ha sido invitado a participar en una investigación que se llevará a cabo en el curso _____ (Escribir Curso y Colegio) del cual su hijo es parte. Este proyecto tiene como objetivo Identificar las percepciones de los estudiantes de _____ (Escribir Curso y Colegio) de la comuna de _____ en relación la Química Verde y con ellas elaborar acciones que promuevan esta perspectiva de enseñanza. La investigación será conducida por el área de estudios del Centro Interdisciplinario de Líquidos Iónicos y el Programa de Educación Continua para el Magisterio (PEC), ambos de la Universidad de Chile, y se realizará en las clases de Química o Ciencias Naturales del Colegio _____, del presente año.

La investigación consiste en entrevistas, notas de campo y aplicación de dispositivos de evaluación a los estudiantes. Esta investigación no incluye riesgos a los estudiantes, eventualmente la incomodidad propia de la presencia de alguien externo al aula, y no contempla ningún pago por su participación.

Esta investigación preservará la confidencialidad de identidad del estudiante bajo su responsabilidad, eliminando de las bases de datos toda la información sensible que pudiera servir para su identificación. Los datos se usarán sólo con propósitos profesionales manteniéndola en archivos seguros y resguardados en bases de datos dentro de la Universidad, a la que tendrán acceso sólo la investigadora responsable de la presente investigación.

Los resultados del estudio serán usados para la elaboración de una investigación, por lo tanto también serán presentados en encuentros y/o publicados en revistas especializadas del área de educación, sin embargo, en ninguno de estos casos se revelarán datos sensibles de los estudiantes participantes en la muestra del estudio.

DERECHOS DE LOS PARTICIPANTES

- He leído la descripción de la investigación. He tenido la oportunidad de hacer preguntas acerca del propósito y procedimientos en relación con el estudio.
- La participación en esta investigación del estudiante bajo mi responsabilidad es voluntaria, pudiendo negarse o renunciar a participar en cualquier momento, sin perjuicio para su futuro, estatus del estudiante u otros derechos.
- El investigador puede eliminarlo de la investigación bajo su discreción profesional.
- Si, durante el transcurso del estudio, llega a estar disponible nueva información significativa que haya sido desarrollada y se relaciona con mi voluntad de continuar participando, el investigador deberá entregarme esta información.
- Cualquier información derivada del proyecto de investigación que identifique personalmente al estudiante bajo mi responsabilidad, no será publicada o revelada sin mi consentimiento particular, excepto cuando sea requerido específicamente por la ley.
- Si en algún momento tengo alguna pregunta relacionada con la investigación o mi participación, puedo contactarme con el profesor de la asignatura de ciencias naturales del curso del estudiante quien responderá mis preguntas. También puedo contactarme con los encargados de la investigación, señorita Pía José González García y Claudio Pérez Méndez (Correos: piajo@ug.uchile.cl, claudioperez@ug.uchile.cl).
- Recibo una copia del presente consentimiento informado.
- Mi firma significa que estoy de acuerdo a que el estudiante, bajo mi responsabilidad, participe en este estudio.

Firma _____ del _____ Apoderado: _____
Fecha: ____/____/____
Nombre: _____
Nombre _____ del _____ estudiante _____ bajo _____ su _____ responsabilidad: _____

Guía de Laboratorio Eficiencia Energética

Integrantes: _____

Curso: _____ Fecha: _____

Profesor Christian Reyes

1. Objetivo de Laboratorio: Conocer y entender las diferencias entre algunos tipos de energías como la electromagnética, la eléctrica y la calórica .

2. Materiales y reactivos:

- 3 Huevos.
- Agua destilada. 200 mL.
- Agua de la llave. 200 mL.
- Plato plástico.
- Mechero
- Trípode
- Rejilla para trípode.
- 3 Vasos de precipitado. 500 mL.
- Horno de Microondas.
- Horno eléctrico
- Termómetro
- Espátula o cuchara Cronometro.

3. Metodología de trabajo:

- a) Tome uno de los huevos y póngalo dentro del vaso de precipitado de 500 mL.
- b) Agregue suficiente agua (de la llave) hasta que el huevo quede sumergido.
- c) Arme el sistema (trípode, rejilla y mechero) y ponga a calentar el vaso de precipitado con el huevo en su interior. Tome el tiempo desde el momento en que ponga a calentar el huevo.
- d) Cuando lleve un minuto calentando, mida la temperatura del agua.
- e) Saque el huevo cuando considere que está "duro". En ese instante termine de tomar el tiempo.
- f) Haga un pequeño agujero en la cáscara del huevo. Inserte el termómetro a través del agujero y mida la temperatura dentro del huevo.
- g) Por otro lado, tome el segundo huevo, haga un pequeño agujero en la cáscara y póngalo en el plato de plástico.
- h) Ponga el plato de plástico junto con el huevo dentro del horno de microondas. Caliente el huevo durante 30 segundos. Finalizado ese tiempo, saque el huevo revise si no se ha reventado y vuelva a ponerlo dentro del microondas durante 30 segundos más.
- i) Saque el huevo del horno. A través del agujero que hizo en la cáscara del huevo al inicio de la experiencia, inserte el termómetro y mire la temperatura dentro del huevo.

- j) Finalmente haga un agujero en la cáscara del tercer huevo, y luego en un plato dentro del horno eléctrico, tome el tiempo que demora en que usted lo considere duro y al sacarlo, introduzca el termómetro en el orificio y tome la temperatura.
4. Registro de datos: A partir de las observaciones y mediciones realizadas complete los datos de las tablas.

Variable a medir	Huevo en baño maría	Huevo en microondas	Huevo en horno eléctrico
Tiempo (s)			
Temperatura (°C)			
Observaciones de lo realizado			

5. Conclusiones: comenta las siguientes preguntas con tu equipo de trabajo y luego realicen conclusiones a la pregunta sociocientífica.
- ¿Qué fuente calórica logró dejar el huevo duro? ¿Cuál lo realizó en un menor tiempo? ¿cambia el sabor de los huevos cocidos? ¿En cuál necesite utilizar más recursos para hacer la tarea? ¿Pensaban que obtendrían los resultados finales o tenían otras hipótesis? ¿cuál utilizarías para hacer huevos en tu casa? ¿por qué?

Uso de Microondas, ¿eficiente al cocinar?

RUBRICA PARA EVALUAR EL DESEMPEÑO INDIVIDUAL Y COLABORATIVO DE LOS ESTUDIANTES EN EL LABORATORIO.

CRITERIOS	MUY BIEN 3	BIEN 2	REGULAR 1	DEFICIENTE 0
A. PRESENTACION DE LA PRACTICA ESCRITA	Presenta al termino del laboratorio la copia de la practica a realizar, tabla de datos y conclusiones.	Tarda algunos minutos en presentar la copia de la práctica, y/o le falta completar la tabla de datos y conclusiones.	Se presenta tarde al laboratorio por estar sacando copia de la práctica y/o solo colocó el mínimo de datos y no hizo la conclusión.	No lleva la copia de la practica y/o material.
B. MEDIDAS DE SEGURIDAD AL ENTRAR AL LABORATORIO	El estudiante mantiene una actitud acorde con el laboratorio. En el caso de las señoritas deben asistir con el cabello recogido.	El estudiante distrae el trabajo de sus compañeros de grupo. En el caso de las señoritas además asisten con el cabello sin recoger.	El estudiante juega , molesta e interrumpe el trabajo de sus compañeros.. En el caso de las señoritas además asisten con el cabello sin recoger.	El estudiante molesta y realiza el trabajo de laboratorio, con el cabello suelto y mantiene una actitud inadecuada al laboratorio.
C. CONOCIMIENTO DEL OBJETIVO Y EL PROCEDIMIENTO DE LA PRACTICA	El estudiante responde acierta a las preguntas que el profesor hace sobre el objetivo y/o el procedimiento de la practica.	El estudiante duda al principio, pero responde adecuadamente a las preguntas sobre el objetivo y/o el procedimiento de la practica	El estudiante duda, y muestra desconocimiento en gran parte del contenido del procedimiento y/o el objetivo.	El estudiante ignora por completo cual es el objetivo y/o el procedimiento de la practica.

D. INTEGRACIÓN AL EQUIPO	Cada alumno del equipo están bien integrados, son propositivos trabajan de forma colaborativa y son totalmente activos en las actividades.	Los alumnos están bien integrados en el trabajo pero no son propositivos, colaboran a medias, aunque la mayor parte del tiempo son activos en el desarrollo de la práctica.	Los alumnos no están bien integrados, trabajan de forma irregular. No son propositivos y activos en la mayor parte del desarrollo de las actividades de la práctica.	Los alumnos no están bien integrados. No son propositivos no trabajan colaborativamente y son totalmente pasivos, durante el desarrollo de la practica.
E. DESEMPEÑO EN LA PRACTICA	Son puntuales. Realizan el experimento de acuerdo al procedimiento. Obtienen los resultados. Participan en la Limpieza y ordenan el material utilizado.	Son puntuales. No obtienen todos los resultados o No participan en la limpieza y el orden del material utilizado.	No son puntuales. No obtienen los resultados de acuerdo a los pasos del procedimiento. No limpian y ordenan todo el material utilizado.	No asisten o llegan tarde los integrantes. No trabajan en su experimento. No . No limpian y ordenan el material utilizado

Anexo 4

Pauta de Corrección Guía de laboratorio

1. Registro de datos:

Variable para medir	Huevo en baño maría	Huevo en microondas	Huevo en horno eléctrico
Tiempo (s)	El tiempo debe estar registrado de igual modo en las 3 variaciones, observando la unidad de medida (s) <i>1 punto por cada cuadro registrado: total 3 puntos.</i>		
Temperatura (°C)	La temperatura debe estar registrada con su unidad de medida (°C) <i>1 punto por cada cuadro registrado: total 3 puntos.</i>		

Observaciones de lo realizado	Las observaciones deben apuntar a lo visto en la experiencia y no a sus inferencias. Ejs. correctos: La clara y la yema están duras/ siguen blandas. El huevo se reventó en X momento. La cáscara cambió de color/textura. La cáscara se siente caliente. Etc. Ejs. Incorrectos: Parece que el agua influyó. La fuente X fue más rápida (conclusión) No hay cambios. Mi compañero X se equivocó. Está rico el huevo. 1 punto por cada cuadro registrado; 1 punto por observaciones correctas; total 6 puntos

Puntaje total: 12 puntos.

2. Pregunta reflexiva: Uso de Microondas, ¿eficiente al cocinar?

Se espera que los estudiantes junto a sus grupos lleguen a una conclusión donde puedan reconocer que el microondas es energéticamente eficiente al cocinar, fundamentando con:

- Disminución del tiempo para efectuar la tarea.
- Similitud de resultados en todas las fuentes
- Aumento de la temperatura en un menor tiempo.
- Seguridad al manipular la fuente calórica (comparada con el fuego directo y gas)
- Facilidad de conseguir la fuente.
- Limpieza de la electricidad sobre la combustión (emisión de gases)
- Costo económico de la electricidad sobre el gas licuado (en relación con el tiempo utilizado)

Detalle del puntaje:

Respuesta Afirmativa: 1 punto	Ortografía: 1 punto
3 fundamentaciones: 3 puntos	Caligrafía: 1 punto
2 fundamentaciones: 2 puntos	Coherencia texto: 1 punto
1 fundamentación: 1 punto	Ejemplificación: 1 punto.

Puntaje máximo: 7 puntos Puntaje Ideal: 19 puntos

Anexo 5 y 6

NOMBRE DE QUIEN EVALÚA:

La siguiente es una pauta que permitirá evaluar y calificar su trabajo y el de sus compañeros de grupo en el Laboratorio desarrollado.

Evalúe y califique según la siguiente escala:

Sobresaliente: 7.0 a 6.5 – Muy bueno: 6.4 a 6.0 – Bueno: 5.9 a 5.0 – Aceptable 4.9 a 4.0 – Deficiente: 3.9 a 3.0

Criterio/Integrante	Autoevaluación:	Co - evaluación:	Co - evaluación:	Co - evaluación:	Co - evaluación:	Co - evaluación:
Asistí (Asistió) a las reuniones de trabajo con mi grupo						

Anexos

durante todo el proceso del laboratorio.						
Asistí (Asistió) a las sesiones de trabajo con el material necesario para avanzar satisfactoriamente en las discusiones en grupo.						
Cumplí (Cumplió) con las tareas encomendadas a tiempo y con profundidad.						
Fui (fue) responsable con las tareas asignadas para el desarrollo del Trabajo.						
Utilicé (Utilizó) recursos apropiados para investigar sobre el tema en estudio y su construcción.						
Aporté (Aportó) con discusión bien fundada e información relevante en las sesiones de trabajo con mi grupo.						
PROMEDIO						

Anexo 7



Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias

Nombre o RUT: _____

Instrucciones.

- Escriba su nombre o RUT claramente.
- Lea las siguientes frases y/o preguntas y conteste o llene los espacios vacíos según sus conocimientos y/o creencias.
- Sus respuestas no serán calificadas ni tendrán incidencia en el desarrollo de la clase.

CUESTIONARIO

1. ¿Te gusta las Ciencias Naturales?

- a) Sí b) No

2. Para mí la Ciencia es _____

3. Para mí la Ciencia sirve para _____

4. Prefiero aprender Ciencias por medio de:

- a) una clase,
b) experimentos,
c) ejemplos de la vida diaria,
d) Otra forma. ¿Cuál? _____

5. ¿Qué es lo que más te ha gustado de aprender Ciencias este año?

6. ¿Cómo le explicaría a un/a compañero/a qué es la Eficiencia Energética?

7. Para hacer más eficiente el uso de la energía yo _____

8. Marca TODOS los conceptos que TÚ conoces:

- a) Prevención de formación de basura.
b) Huella Ecológica.
c) Eficiencia Energética.
d) Biodegradación de basura.

9. De los conceptos que marcaste en la pregunta N°8, asocia CADA UNO de ellos con una frase, idea, ejemplo, entre otros:

5.1.4 SEA 4: Diplomado Química Verde. Química Orgánica y biodegradabilidad



Diplomado Química Verde.

“Química Orgánica y biodegradabilidad”

Nombres: Francisco Aravena Donoso.
Aracelly Naranjo Ramírez.

Profesores: Sebastián Figueroa.
Pía José González.
Anakenna Ortega.
Claudio Pérez.

Contexto:

El colegio Alcántara de los Altos de Peñalolén de dependencia Particular subvencionado con modalidad de enseñanza Humanista – científico, cuenta con una población de 1435 estudiantes aproximadamente desde prekínder a 4° medio. El establecimiento se encuentra ubicado en Av. Grecia 8797 en la comuna de Peñalolén. El curso que se escogió para aplicar nuestra propuesta es el 2° Medio B; el cual, consta de 38 estudiantes con modalidad mixta de edades entre 15 y 16 años, la mayoría provenientes de la comuna de Peñalolén. Los contenidos a trabajar son los correspondientes a la tercera unidad de química en específico a la química orgánica y que podemos resumir en los siguientes:

- Descomposición
- Hibridación.
- Tetravalencia.

Nuestra propuesta se enmarca en el Aprendizaje Esperado (AE) número dos de la tercera unidad de química del nivel y que corresponde a la unidad de **química orgánica**, el cuál es:

Distinguir las propiedades del carbono que hacen posible la formación de una amplia gama de moléculas:

- › Tetravalencia del carbono
- › Hibridación sp^3 ; sp^2 ; sp
- › Ángulos, distancias y energía de enlace
- › Enlaces π y σ .

Cuyos indicadores de evaluación son:

- Explican la tetravalencia del carbono a partir de sus propiedades electrónicas.
- Describen los tipos de hibridación que caracterizan al carbono, para establecer distintos tipos de enlace (enlaces π y σ).
- Caracterizan los compuestos químicos orgánicos a través de cadenas de carbono.
- Dan ejemplos en representaciones gráficas de las formas en las cuales se puede encontrar el carbono en su estado elemental.
- Representan moléculas orgánicas de variadas formas: fórmula molecular, estructural expandida, estructural condensada, esferas y varillas, entre otras.
- Verifican experimentalmente la presencia de carbono en distintas sustancias cotidianas.

Argumentación teórica de la propuesta:

Aunque actualmente en nuestra sociedad las Ciencias Naturales juega un rol importante, lo que se busca hacer resaltar en las aulas, sigue siendo enseñada de forma tradicional, transmitiendo leyes, principios y reglas de memoria, donde el profesor es el que tiene todo el conocimiento y el estudiante es solo un agente pasivo que memoriza. “Como consecuencia de este tipo de enseñanza se muestra una imagen deformada de la ciencia y los científicos (Schibeichi, 1986).

Es por esto, que en nuestro trabajo se utilizarán experimentos y actividades cercanas y contextualizadas a su realidad, a su actualidad, donde los protagonistas sean los estudiantes y puedan ser un agente comprometido, activos y pensante en las actividades, realizando predicciones y construyendo conclusiones, en base a sus aprendizajes, ya que, nos permitirá cambiar la visión de las ciencias que los estudiantes suelen tener, de que son aburridas y fomes (Sabariego Del Castillo & Manzanares Gavilán, 2006).

Debido a que la asignatura es química utilizaremos los problemas medio ambiente contingentes, y así poder concientizar a los estudiantes de su realidad, utilizando la química verde, para plantear otra mirada a nuestra forma de mirar la asignatura y nuestros actos más cotidianos. Teniendo en cuenta que “...la química verde o tecnología sostenible se ocupa del diseño de productos o procesos químicos que reducen o eliminan el uso y producción de sustancias peligrosas.” (González M. Luz, 2009), lo que nos permitirá introducir los términos degradables y biodegradables, en los compuestos orgánicos e inorgánicos, como la forma en la que estos construyen sus enlaces modifica e interviene su relación con el planeta, asimismo como pueden ayudarlo en su vida cotidiana al seleccionar productos que cumplan las funciones deseadas, pero sin perjudicar su medio.

Como el propósito de la unidad 3 “bases de la química orgánica”, del programa de estudio de segundo año medio, presentado por el Ministerio de Educación (MINEDUC) en el año 2011 y actualmente vigente, es que “A través de esta unidad, los estudiantes aprenderán qué es la química orgánica y cómo se constituye en una especialidad de la química debido a su importancia. Conocerán la naturaleza que está viva; se pondrá énfasis en la relación de la química orgánica con esa naturaleza viva; aprenderán que las propiedades del carbono permiten que se forme una infinidad de compuestos químicos, con características propias y distintos unos de otros. Esta unidad también pretende que los alumnos analicen el impacto del uso de los distintos compuestos orgánicos en la naturaleza y la industria” (MINEDUC, 2011). Permitiéndonos que los estudiantes puedan conocer que la naturaleza está viva y que la química orgánica se relaciona con ella teniendo un impacto directo sobre ella. Por esta razón que decidimos trabajar el principio 10 de la química verde

“Generar productos biodegradables”, puesto que *“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.* Una aplicación de este principio es el desarrollo de polímeros biodegradables que están diseñados para sustituir a los plásticos tradicionales, que son persistentes en el medio ambiente. Se sintetizan a partir de biomoléculas abundantes en la naturaleza, unidas por enlaces que pueden ser hidrolizados por los sistemas enzimáticos de los microorganismos presentes en el suelo” (Doria Serrano, 2009).

Por otra parte, es ampliamente sabido que el avance de la sociedad está ligado fuertemente con el avance de las Ciencias Naturales y en especial con la química, debido a que muchos de estos avances tiene que ver directamente con la síntesis de nuevos productos químicos, es por esta razón que los estudiantes deben poseer los conocimientos necesarios para poder desenvolverse en el mundo del mañana y poseer una consciencia de cuidado con el planeta a la misma vez, tal como queda planteado en la declaración de Rio del 1992 sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, en donde, en su décimo principio plantea “El mejor modo de tratar las cuestiones ambientales es con la participación de todos los ciudadanos interesados, en el nivel que corresponda. En el plano nacional, toda persona deber tener acceso adecuado a la información sobre el medio ambiente de que dispongan las autoridades públicas, incluida la información sobre los materiales y las actividades que encierran peligro en sus comunidades, así como la oportunidad de participar en los procesos de adopción de decisiones. Los Estados deberán facilitar y fomentar la sensibilización y la participación de la población poniendo la información a disposición de todos. Deber proporcionarse acceso efectivo a los procedimientos judiciales y administrativos, entre estos el resarcimiento de daños y los recursos pertinentes” (UNESCO, 1992). Es por esto que por medio de la química verdad pretendemos que nuestro estudiantes adquieran las herramientas para poder informarse adecuadamente y así poder actuar de forma responsable en el cuidado del medio ambiente, tal como concluye en su trabajo M^a del Carmen Doria Serrano “En cuanto al aspecto docente, es interesante la propuesta del Dr. Cann (1999) de llevar a la clase de Química Orgánica o Química Ambiental las propuestas ganadoras del Programa Presidencial de Premios a los Retos de la Química Verde a través de seminarios o proyectos, ya que, constituyen ejemplos de síntesis química y procesos industriales en la frontera del conocimiento actual” (Doria Serrano, 2009), así del mismo modo lo plantean Osorio y Di salvo, en donde plantean que los principios de la química verde se deben incorporar en la educación y en la formación de los nuevos docentes de química, para que a futuro tengamos más ciudadanos conscientes y sensibilizados frente a los problemas ambientales, “Esta iniciativa debe ser incorporada en el ámbito educativo, puesto que es este el escenario propicio para llegar a las sociedades. La práctica educativa del docente de química, adquiere en este contexto una gran importancia, puesto que en la misma, las actividades de laboratorio juegan un papel muy significativo, sobre todo a nivel superior. Los trabajos de laboratorio deben trascender el tradicional espacio en que los estudiantes manipulan los instrumentos, realizan montajes, efectúan observaciones y las traducen en otro lenguaje; para convertirse en un escenario que

permita crear valores y actitudes en los educandos de cualquier nivel educativo, entre los cuales deben destacar los referidos a la conservación del entorno.” (Osorio & Di Salvo, 2008).

Nuestra propuesta fue diseñada bajo la secuencia didáctica de Jorba y Sanmartí que consiste en una serie de etapas en donde se va desarrollando el aprendizaje de los estudiantes a partir de lo simple y concreto hasta llegar a lo abstracto y complejo.

El modelo propone la articulación de la enseñanza, la regulación y la evaluación la cuál presenta la siguiente estructura:

- Etapa de exploración: En donde los estudiantes sitúan el tema u objeto de estudio y les permite indagar sus propios puntos de vista.
- Etapa de introducción de nuevos conocimientos: En donde los estudiantes interpretan y modelan de nueva forma los fenómenos que se le presentan o que puedan establecer comparaciones entre sus creencias y las de sus compañeros de esta forma les permite definir los conceptos, las relaciones entre conocimientos anteriores y los nuevo. Estas actividades tienen por objetivo facilitar a los estudiantes el enriquecimiento de su visión inicial del problema y su explicación.
- Etapa de sistematización: Esta etapa está regulada por el profesor en donde se introducen actividades que favorezcan a los estudiantes a explicar lo que han aprendido o que están aprendiendo, cuáles son los cambios en sus puntos de vistas, sus conclusiones, etc., son actividades que promueven la abstracción de las ideas importantes, formuladas de forma descontextualizada y general
- Etapa de sistematización: En esta etapa las actividades están orientadas a transferir las nuevas formas de ver y explicar a nuevas situaciones, más complejas que las iniciales, estimulando la creación de nuevos cuestionamientos sobre la temática abordada (sanmartí, 2005).

Etapas.	Objetivos Específicos	Actividades	Recursos	Evaluación
Exploración	Identificar las nociones previas, sobre los conceptos de elementos orgánicos e inorgánicos.	• Para comenzar se aplica un pre-test, que tiene como fin conocer las apreciaciones de los(as) estudiantes, con respecto a las Ciencias, la Química y la Química Verde, entre otros. • Se realiza un diagnóstico mostrando diferentes imágenes de: bolsas, metales, frutas, cerámica, madera y otros. Con las cuales se realizará una pregunta para determinar los contenidos previos de las estudiantes: ¿Cuál de los siguientes materiales crees tú presentan átomos de carbono en su estructura? • Los(as) estudiantes deberán responder de acuerdo a sus conocimientos previos y se anotarán en la pizarra. Enseguida se les presenta la actividad de observación, que consiste en colocar en envases de vidrio distintos materiales (orgánicos e inorgánicos) cubiertos con tierra y construir una bitácora con los cambios observados, mediante una pauta entregada. • Se solicita a los estudiantes exponer su predicción con lo que ocurrirá en cada pote. (Esta observación se expone a un comienzo de la unidad, debido a que conlleva bastante tiempo para poder observar cambios)	Pretest Pizarra. Plumón. Imágenes.	Diagnostica: Pretest. Imágenes para evaluar. Pauta para la observación

Introducción Nuevos Conocimientos	Conceptualizar ideas de electronegatividad, electrones de valencia, enlace covalente.	• Para poder consensuar las ideas previas sobre algunos conceptos a utilizar, se realiza un plenario de los siguientes temas: ✓ Las propiedades periódicas y su variación en el sistema periódico: electronegatividad. ✓ Determinación de los electrones de valencia de un átomo. ✓ Formación del enlace químico a través de los electrones de valencia. ✓ Enlace covalente y enlace iónico, describiendo las propiedades fisicoquímicas de las sustancias que poseen este tipo de enlace. • En este contexto, se definen los conceptos de hibridación y tetravalencia, los cuales se encuentran relacionados con la Unidad de trabajo, asociad a la Química Orgánica. • Para definir los conceptos se utilizarán clases expositivas, por medio de presentaciones de power point y actividades de modelamiento de moléculas las cuales son las siguientes: (hipervínculo ppt)	Proyector Computador.	Formativa: Modelos de moléculas de carbono simples, presentación power point

Sistematización	Analizar los resultados obtenidos de las observaciones utilizando los tipos de enlace. Construir un afiche de difusión.	• Por medio de la bitácora de observación de sus frascos de investigación analizarán los términos presentados en la etapa anterior, con foco en los tipos de enlace, que permiten la introducción a la Química Orgánica. • Comparten resultados y predicciones • A partir de lo observado, se trabajan los conceptos: orgánicos, inorgánico,gradable y biodegradable. Con esto, los(as) estudiantes, crean afiches informando a la comunidad que materiales son orgánicos, inorgánicos, biodegradables y degradables, para difundir la utilización de materiales amigables con el medio ambiente.		Sumativa de proceso: Criterios:

Aplicación	Evaluar las acciones cotidianas	• Una vez expuestas las bitácoras realizadas y sus conclusiones se les entregará una encuesta a los estudiantes. • Los estudiantes contestan una encuesta muy breve, en la cual deben marcar sí o no según sea la alternativa de su preferencia, con lo que estarán respondiendo a la siguiente pregunta: ¿Qué estarías dispuesto a dejar para cuidar el Medio Ambiente? Para terminar, se aplica el posttest para evidenciar las percepciones de los(as) estudiantes, al final del proceso.		Formativa:

Debilidades o dificultades.

En la implementación de la secuencia didáctica que se propuso para trabajar el principio 10 de la química verde, el cual trata la problemática de la degradación controlada y en lo posible que los productos que se creen sean biodegradables, Se presentaron algunas dificultades que impidieron el desarrollo completo de la actividad teniendo que modificarla casi por completo, lo cual tuvo como consecuencias un muy bajo impacto en la comprensión de los contenidos que se pretendían enseñar por medio de este principio.

Comenzando la implementación por medio de la actividad de indagación de los preconceptos que tenían los estudiantes sobre química orgánica, se pudo apreciar que estos poseían preconceptos demasiados alejados de lo esperado. Esto derivó en tener que comenzar con la introducción de conceptos más atrás de lo esperado, esto inmediatamente produjo un retraso en la secuencia, la cual se vio afectada por la dificultad que presentaban algunos estudiantes para comprender los conceptos que se estaban entregando, esta dificultad, en parte, venía porque ellos presentaban muy poco interés por aprender y no les daban un sentido mayor a los conceptos y tampoco eran capaces de relacionarlos con lo que pretendíamos enseñar.

En relación a lo anterior, una de las mayores dificultades que se presentaron fue la baja motivación que presentaron los estudiantes hacia el contenido y en general hacia la asignatura, esto se demuestra en que los estudiantes pensaban que el laboratorio iba a ser mucho más entretenido y al ver que tenían que realizar en su primera etapa (poner los materiales en tierra, para ver que iba a suceder después de un tiempo) no les llamó la atención mayormente, lo que posteriormente se vio reflejado en la toma del registro de los cambios no se produjeran no se realizara al detalle y que en algunas ocasiones no se realizaran y solo se limitaran a tomar una fotografía al frasco y material seleccionado.

Otro factor que jugó en contra de la implementación de la secuencia, fue el reglamento de evaluación de la institución en donde se realizó y un error en la formalidad al momento de presentar la planificación en coordinación académica. La secuencia didáctica estaba pensada en ser evaluada de forma formativa y calificada con el registro directo en el libro de clases, sin embargo, al momento de presentar la planificación al coordinador académico, se hizo en base a la planificación de la unidad anterior, la cual fue evaluada por medio de una prueba de selección única, este antecedente se mantuvo en la presente planificación y cuando se estaba en la mitad de la implementación se solicitó la prueba mencionada en la planificación, se explicó el error cometido y se dieron a conocer los antecedentes para realizar la calificación de forma distinta a lo que estaba estimulado en la planificación, sin tener respuesta positiva, debido a que el reglamento de evaluación impide modificar la forma de calificar los contenidos que se ven en una unidad determinada.

“La planificación del año escolar está agrupada en unidades. Las pruebas de unidad evalúan los aprendizajes adquiridos por los estudiantes en cada una de ellas... El calendario de aplicación de tales pruebas debe ser presentado por la Dirección Académica, tanto para la Educación Básica como para la Educación Media, la primera quincena de

clases de cada semestre escolar... Las pruebas de unidad han de ser aplicadas en todas las asignaturas.” (Dirección del Colegio Alcántara de los Altos de Peñalolén, 2015).

Ante este error cometido se debió interrumpir la implementación y tener que realizar clases de contenidos para poder realizar la prueba en cuestión, esto fomenta más el desinterés de los estudiantes frente al contenido que se quería entregar y a la asignatura en cuestión.

Aspectos positivos.

Los positivos de la implementación es que no se necesitan material demasiado complicado para realizarla a cabo, es más no es necesario la utilización del laboratorio, esta unidad se puede desarrollar perfectamente en el aula.

Otro factor que es positivo es el tiempo, ya que en la mayoría de los establecimientos la asignatura de química solo tiene dos horas pedagógicas a la semana, con este tiempo no se puede profundizar en ocasiones en algunos contenidos, sin embargo, como la degradación de las sustancias se demoran, durante este periodo de tiempo se utiliza para incorporar los nuevos conceptos y con la profundidad que uno estime conveniente.

Si bien en los párrafos anteriores se dijo que una de las debilidades de esta propuesta fue la poca motivación de los estudiantes, igual hubo un grupo pequeño de estudiantes que si mostró interés sobre el tema de la biodegradación de las cosas, lo que indica que esta forma de trabajar si genera interés en los estudiantes y abre la puerta para debatir sobre temas relacionados al cuidado del medio ambiente.

Conclusiones

Después de poder realizar el análisis de los datos obtenidos en el pretest y posttest realizado, podemos notar en general el cambio o variación de si les gusta o no ciencias es mínimo, y la verdad es despreciable estadísticamente hablando, ya que, en un curso aumento y en el otro disminuyo.

Con respecto a lo que es la ciencia para ellos, sufrió algunos cambios en las categorías en común que aparecieron, como por ejemplo al definir la ciencia como todo, el ambos cursos esta definición aumento bastante, al igual que lo hizo el que es una asignatura, mientras tanto que otras tendieron a la bajar o desaparecer, como el que les sirve para comprender, para explorar.

Algo muy similar ocurrió con las respuesta a para que les sirve la ciencia, puesto que el conocer, aprender saber y entender fueron las categorías mayormente recurrentes, las cuales dejaron atrás incluso el crear, descubrir, avanzar e incluso explicar.

Con respecto a la forma en la que prefieren aprender, fue bastante repartido, aunque sigue siendo preferido la utilización de experimentación y ejemplos de la vida, o sea que sean más cercanos a su realidad, entorno y vida diaria, pero luego de la implementación tanto una clase y los ejemplos de la vida cotidiana ase equipararon baste, llevando la delantera totalmente la realización de experimentos.

La pregunta ligada directamente con nuestro principio y objetivo que es la biodegradabilidad obtuvo un cambio muy notorio, ya que, la categoría de desconocimiento descendió en gran manera luego de la intervención realizada, aumentando la categoría de degradación natural, relacionando los estudiantes al tiempo y en la forma en la que las cosas se degrada en nuestro medio.

Por lo mismo la pregunta de si elijen o no productos biodegradables, fue mayoritariamente en que si los escogían, siendo las razones de esta elección bastante variadas, pero en general consistían por una ayuda al planeta o porque no lo contaminaban, teniendo el desinterés o la indiferencia bastante renegada.

Es por esto que podemos concluir, que el gusto por las ciencias no siempre va de la mano por la metodología que uno utilice, si no que va mucho más allá, viéndose influenciados por distintos elementos, además de quedarse muy pragmáticos antes la respuestas de para que les sirve o que es para ellos, dejando notar que es todo o renegándola, solo como a un saber intelectual, relacionado con el conocer o explicación de ciertos sucesos, pero muy pocos lo relacionaron con el ayudar o crear o descubrir nuevas formas, lo que deja que la movilidad o el utilizar este conocimiento es una opción muy cotizada por los estudiantes de estos cursos. Pero el tema medio ambiental si es un tema conocido por ellos, al momento de los productos que estos dicen escoger, aunque a un comienzo no tenían muy claro el concepto o que eran esta estos productos, lo asociaban a una ayuda o a no contaminar el planeta, y aunque las razones no sufrieron cambios, el sustento de lo que es biodegradable o a que se deben que algunos elementos lo son, cambio notoriamente después de la implementación, permitiendo fortalecer su conocimiento

Bibliografía

Doria Serrano, M. d. (Octubre de 2009). Química verde: un nuevo enfoque para el cuidado del medio ambiente. *De aniversario educación química*.

González M. Luz, V. A. (2009). *Educación química EducQ*. Recuperado el 24 de junio de 2017, de <http://publicacions.iec.cat/repository/pdf/00000063%5C00000009.pdf>

MINEDUC. (2011). *Química: Programa de estudio segundo año medio*. Santiago, Metropolitana, Chile: Ministerio de Educación.

Osorio, R., & Di Salvo, A. (2008). Química verde: Un nuevo enfoque para las actividades experimentales de química. *Multiciencia*.

UNESCO. (1992). DECLARACIÓN DE RIO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y EL DESARROLLO. *DECLARACIÓN DE RIO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y EL DESARROLLO*. Rio De Janeiro: Naciones Unidas.

Sanmartí, N. (2005). La unidad didáctica en el paradigma constructivista. Barcelona.

Dirección del Colegio Alcántara de los Altos de Peñalolén. (2015). *Reglamento de evaluación*. Colegio Alcantara de los Altos de Peñalolén, Santiago.

Anexos.

Tabulación del Pretest 2ro B

1. Te gusta ciencias	Si	No	Química	Biología	Física	No especifica
TOTAL	29	7	7	22	9	5

2. Para mí la ciencia es	Explicación 1	Comprender 2	La Naturaleza 3	Enseña 4	Vida 5	Investiga 6	Material 7	Interesante 8	Exploración 9	Evolución 10	Saber 11	Todo 12	Utilidad 13	Desarrollo 14
TOTAL	7	2	9	1	1	1	1	2	2	2	4	2	1	1

3. Para mí la ciencia sirve	Explicación 1	Conocer 2	Aprender 3	Investigar 4	Desmostar 5	Entender 6	Crear 7	Descubrir 8	Avanzar 9	Experimentar 10	Evolucionar 11
TOTAL	5	8	4	3	1	3	4	5	1	1	1

4. Prefiero aprender Ciencias por medio de	Una clase 1	Experimentos 2	Ejemplos de la vida diaria 3	Internet 4	Revisión de Cuaderno 5	Salidas Pedagógicas 6	Buscando Información 7
TOTAL	13	21	17	1	1	1	1

6. Cómo explicarías a un/a compañero/a en qué consiste la biodegradabilidad	Degradación de Objeto artificial 1	Reutilizar 2	No hay respuesta 3	Degradación Natural 4	Desconocimiento 5	Producción de energía 6	Reciclaje 7	Ejemplos de la vida cotidiana 8
TOTAL	2	0	3	18	6	2	4	1

Anexos

7. Yo (elijo/no elijo) los productos biodegradables por que	Elijo 1	No Elijo 2	Sano 1	Desconoce 2	Desinterés 3	Inconsecuencia 4	Ayuda 5	Descomposición 6	No Responde 7	No contamina 8	Crear 9	Reutilizar 10
TOTAL	24	6	2	5	1	1	10	3	4	7	2	1

Tabulación del Pretest 2ro C

1. Te gusta ciencias	Si	No	Química	Biología	Física	No especifica
TOTAL	29	0	4	18	12	7

2. Para mí la ciencia es	Explicación 1	Comprender 2	La Naturaleza 3	Vida 4	Materia 5	Interesante 6	Exploración 7	Saber 8	No sabe 9	Descubrir 10	Apertura de un nuevo mundo 11	Esencial 12	Estudio 13	Entender 14	Todo 15	Reacciones 16	Ayuda 17
TOTAL	6	1	2	0	1	5	1	1	1	2	1	1	3	1	1	1	1

3. Para mí la ciencia sirve	Explicación 1	Conocer 2	Aprender 3	Investigar 4	Desmostrar 5	Entender 6	Crear 7	Descubrir 8	Avanzar 9	Experimentar 10	Evolucionar 11	Vivir 12	Argumentar 13	Comprender 14	Dominar 15	Todo 16	Resolver 17	Saber 18	Importante 19
TOTAL	3	2	6	0	0	4	1	1	0	1	0	1	1	2	1	3	1	1	1

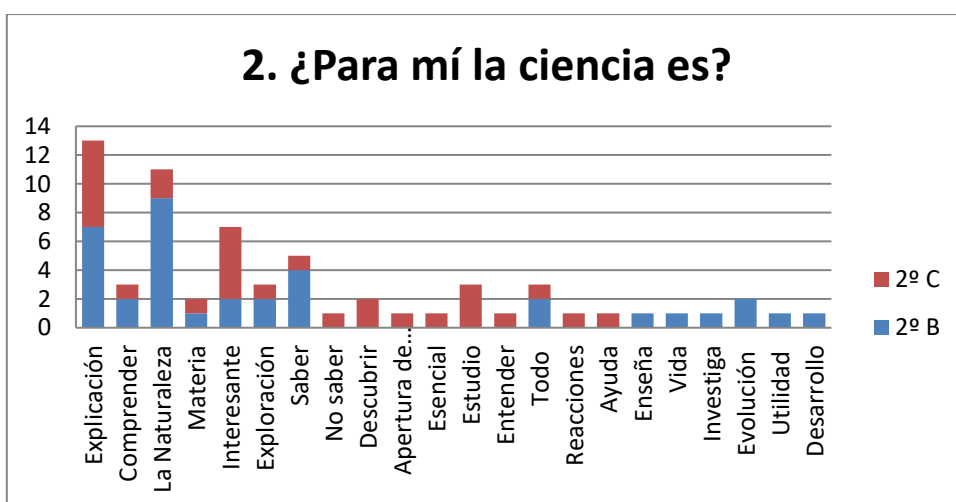
Anexos

4. Prefiero aprender Ciencias por medio de	Una clase 1	Experimentos 2	Ejemplos de la vida diaria 3	Internet 4	Revisión de Cuaderno 5	Salidas Pedagógicas 6	Buscando Información 7	Videos 8
TOTAL	16	21	18	1	0	1	1	2

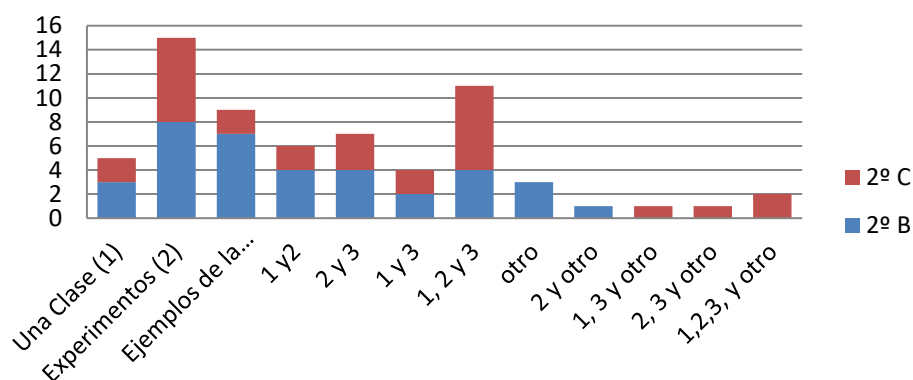
6. Cómo explicarías a un/a compañero/a en qué consiste la biodegradabilidad	Reutilizar 1	No hay respuesta 2	Degradación Natural 3	Desconocimiento 4	Reciclaje 5
TOTAL	1	2	10	15	1

7. Yo (elijo/no elijo) los productos biodegradables por que	Elijo 1	No Elijo 2	Sano 1	Desconoce 2	Desinterés 3	Ayuda 4	No Responde 5	No contamina 6	Necesidad 7	Cuidar 8	Utilidad 9	No consume 10
TOTAL	18	3	0	5	0	11	3	6	1	1	1	1

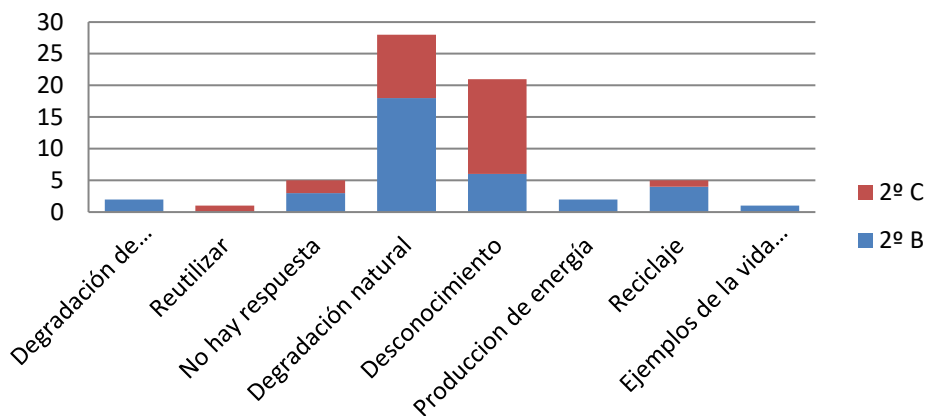
Gráficos de pretest

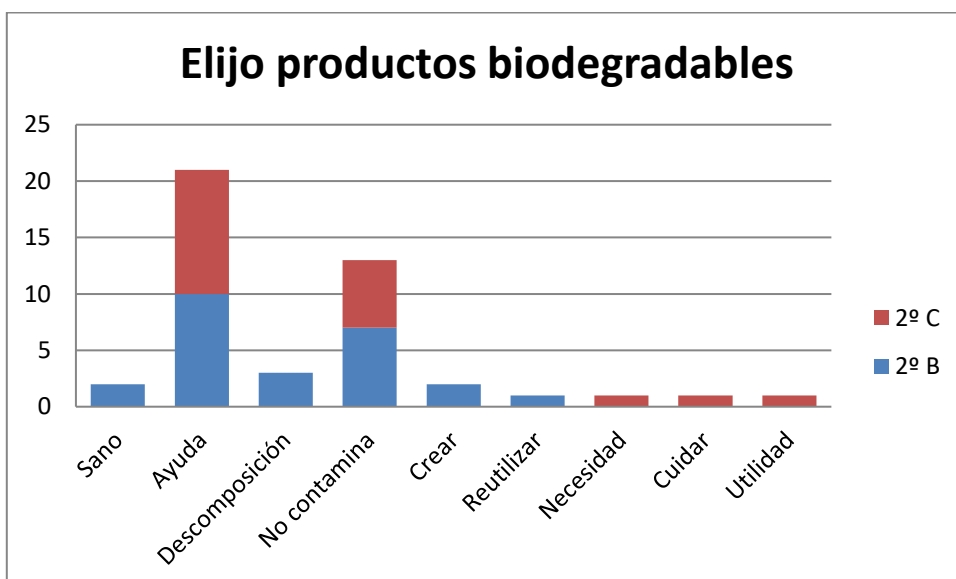
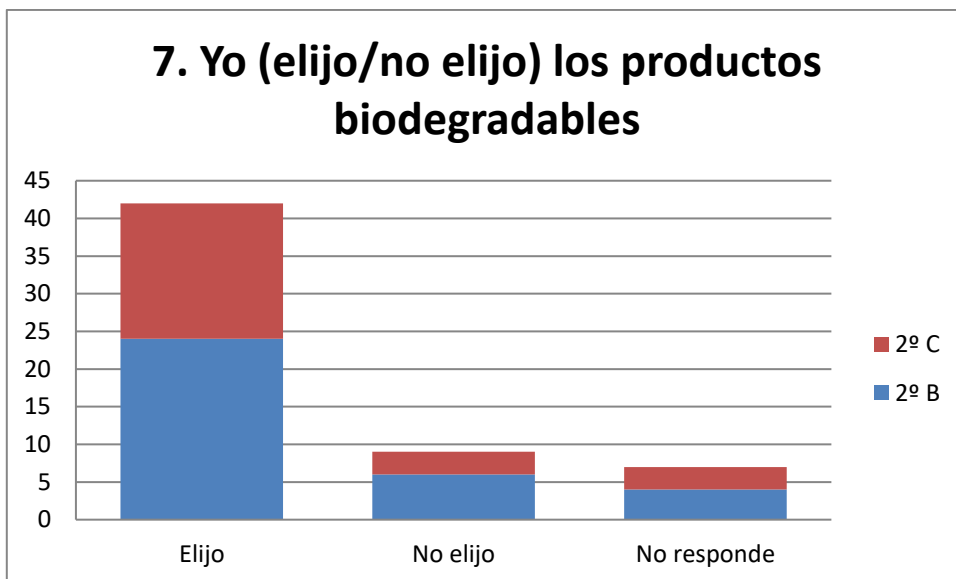


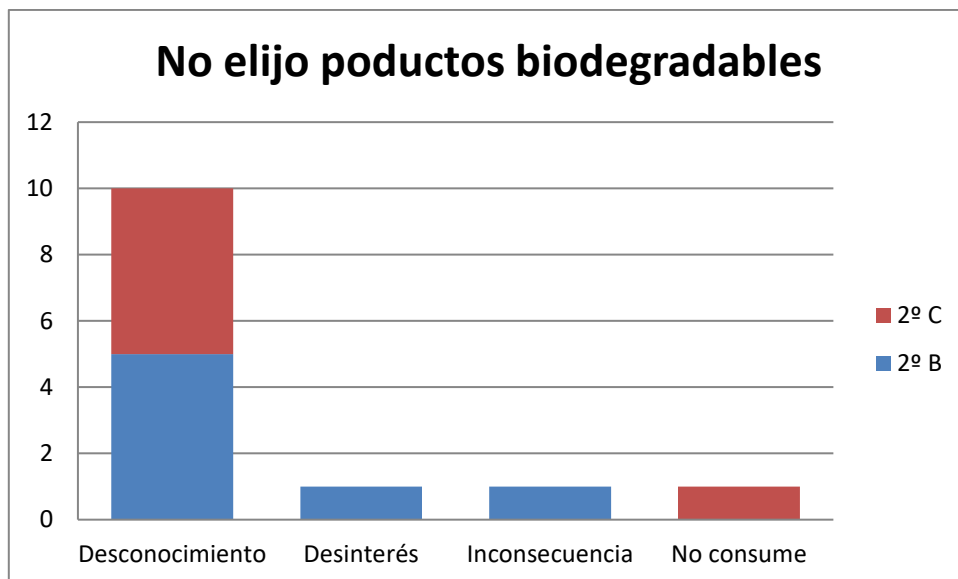
4. Prefiero aprender ciencias por medio de



6. ¿Cómo explicarías a un/a compañero/o en que consiste la biodegradabilidad







Anexos

Tabulación del Postest 2ro B

1. Te gusta ciencias	Si	No	Química	Biología	Física	No específica	No responde
Total	25	8	2	3	1	22	1

2. Para mí la ciencia es	Explicación 1	Entender 2	Mística 3	Vida 4	Investiga 5	Asignatura 6	Interesante 7	descubrimiento 8	Evolución 9	Saber 10	Conocimiento 11	Todo 12	Desinterés 13	Impresindible 14
Total	4	2	1	2	2	4	1	1	1	4	4	6	1	1

3. Para mí la ciencia sirve	Explicación 1	Conocer 2	Aprender 3	Investigar 4	cultura 5	Entender 6	Crear 7	Descubrir 8	Avanzar 9	ayudar10	Saber 11	Respuesta 12	Justificar 13
Total	5	4	5	1	1	3	2	4	1	1	5	1	1

4. Prefiero aprender Ciencias por medio de	Una clase 1	Experimentos 2	Ejemplos de la vida diaria 3	Internet 4	Revisión de Cuaderno 5	Salidas Pedagógicas 6	Buscando Información 7	Libro 8	Video 9
Total	10	21	13	2	0	0	0	2	1

6. Cómo explicarías a un/a compañero/a en qué consiste la biodegradabilidad	Degradación de Objeto artificial 1	Reutilizar 2	No hay respuesta 3	Degradación Natural 4	Desconocimiento 5	Producción de energía 6	Reciclaje 7	Ejemplos de la vida cotidiana 8	No contamina9
total	0	0	0	27	3	0	1	1	2

Anexos

7. Yo (elijo/no elijo) los productos biodegradables por que	Elijo 1	No Elijo 2	Sano 1	Desconoce 2	Desinterés 3	Cooperan 4	Ayuda 5	Amigable 6	No Responde 7	No contamina 8	Cuidar 9	Consciente 10	Descomposición 11
Total	30	2	2	1	1	1	9	1	2	13	2	1	1

Tabulación del Postest 2ro C

1. Te gusta ciencias	Si	No	Química	Biología	Física	No especifica	No responde
Total	29	1	0	3	0	26	1

2. Para mí la ciencia es	todo 1	conocimiento 2	Aprender 3	Respuestas 4	asignatura 5	Interesante 6	Forma de ver 7	Saber 8	divertido 9	naturaleza 10	importante 11	Disciplina 12	Estudio 13	Útil 14
Total	4	1	1	1	4	3	1	4	1	1	6	1	2	1

3. Para mí la ciencia sirve	comprender 1	Conocimiento 2	Aprender 3	Vida 4	Vida cotidiana 5	Entender 6	cosas 7	Estudiar 8	todo9	Experimentar 10	desarrollo 11	saber12
Total	4	5	6	1	1	2	3	2	2	0	1	4

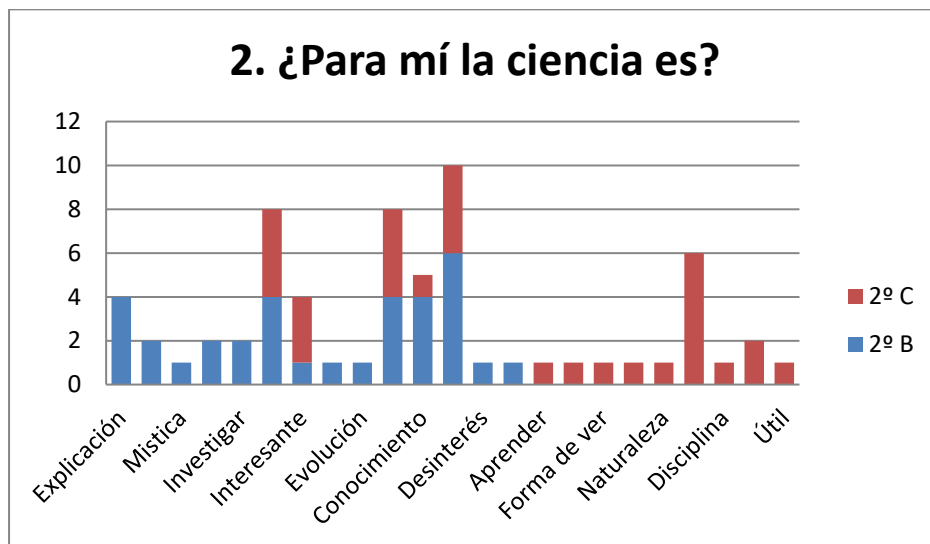
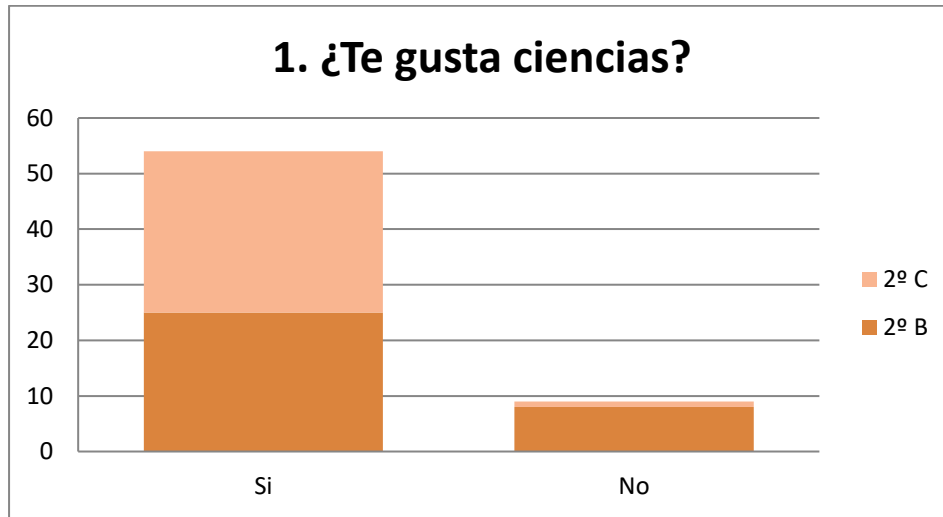
4. Prefiero aprender Ciencias por medio de	Una clase 1	Experimentos 2	Ejemplos de la vida diaria 3	Internet 4	Aire libre 5	Intuición 6	película 7	Videos 8
Total	13	19	14	0	1	1	1	2

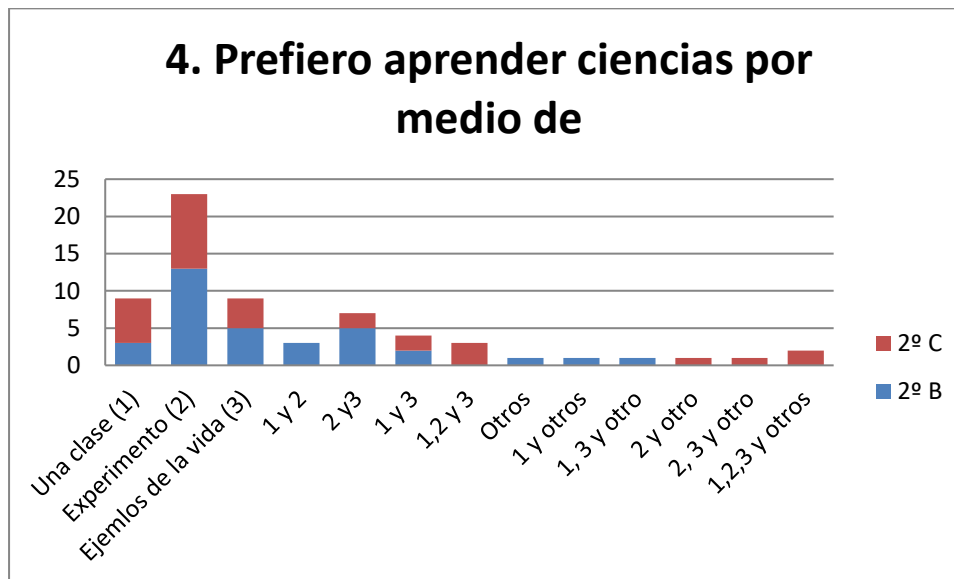
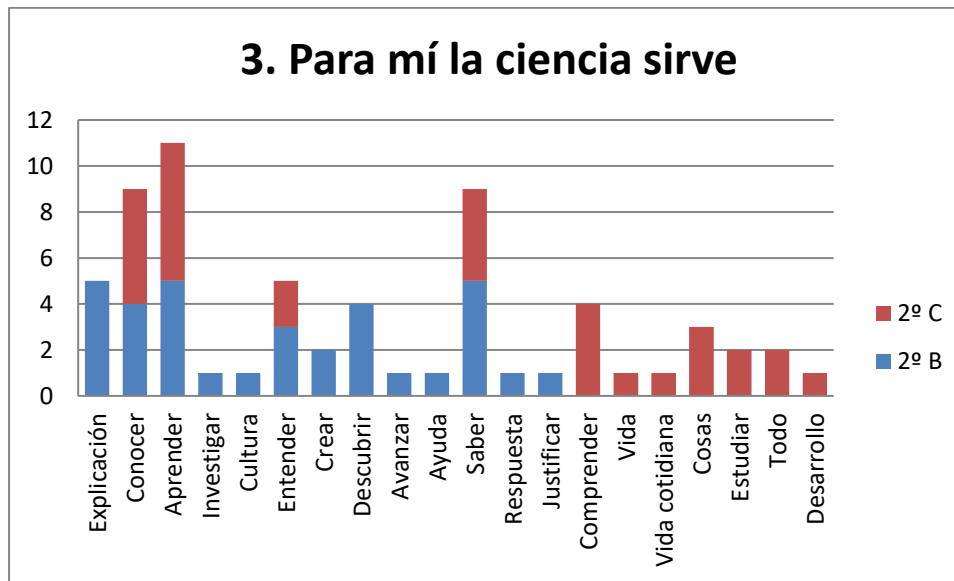
Anexos

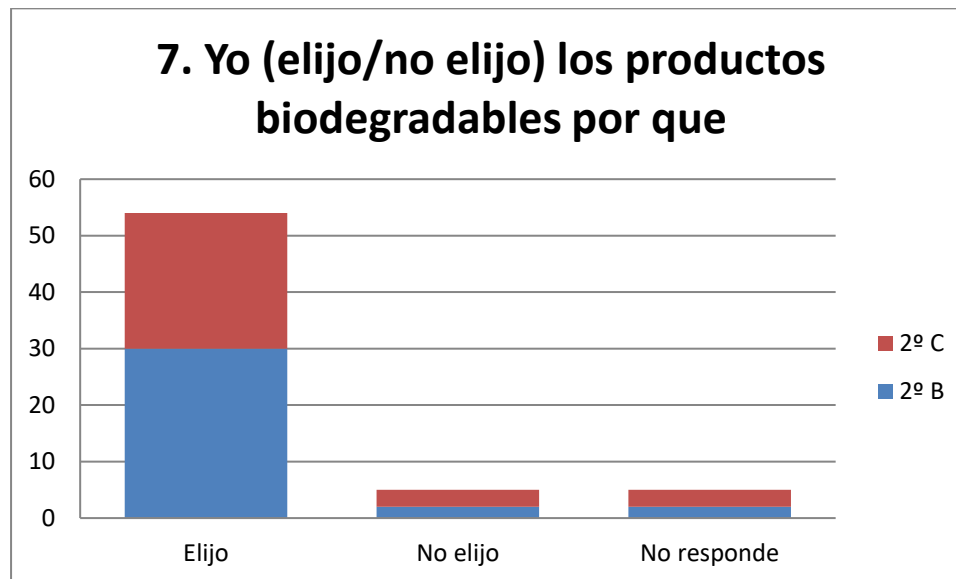
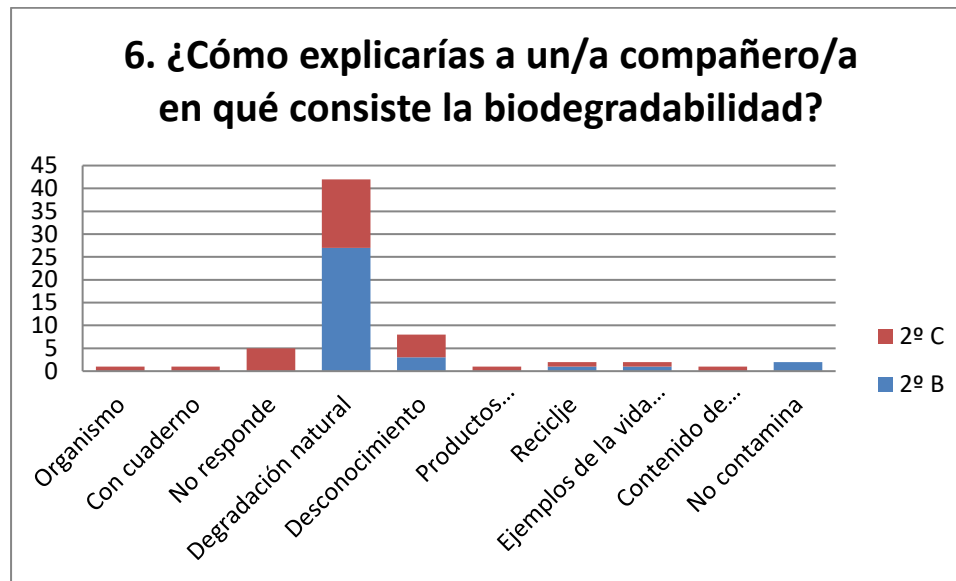
6. Cómo explicarías a un/a compañero/a en qué consiste la biodegradabilidad	organismo1	Con cuaderno 2	No hay respuesta 3	Degradación Natural 4	Desconocimiento 5	Productos sustentables 6	Reciclaje 7	Ejemplos de la vida cotidiana 8	Contenido de carbono en su estructura9
Total	1	1	5	15	5	1	1	1	1

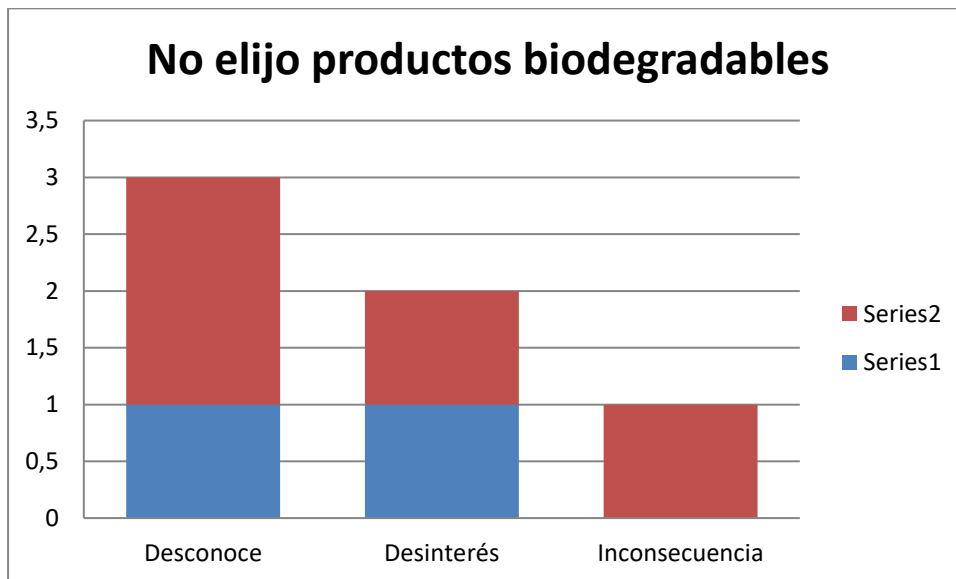
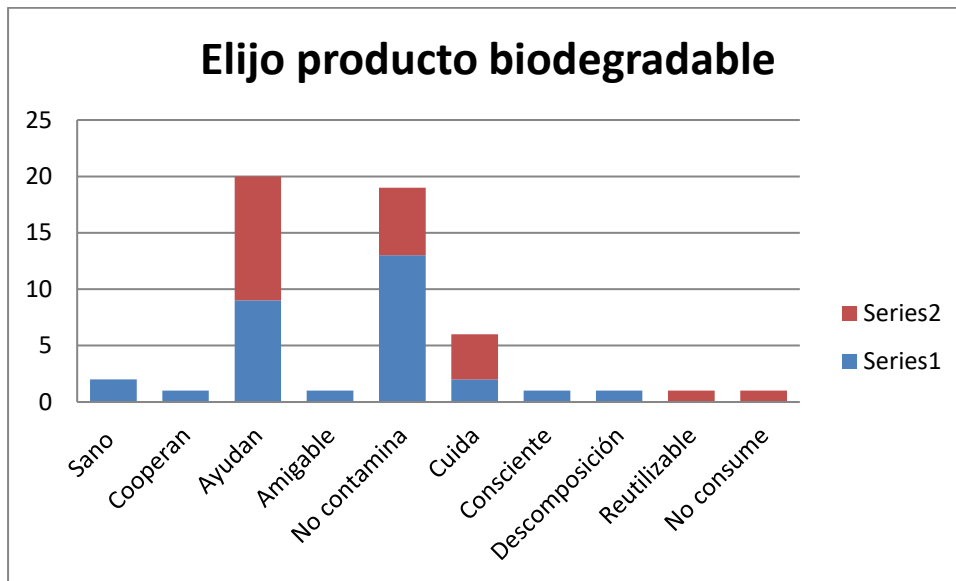
7. Yo (elijo/no elijo) los productos biodegradables por que	Elijo 1	No Elijo 2	Sano 1	Desconoce 2	Desinterés 3	Inconsecuencia 4	Ayuda 5	cuida 6	No Responde 7	No contamina 8	reutilizable 9
Total	24	3	0	2	1	1	11	4	3	6	1

Gráficos de postest

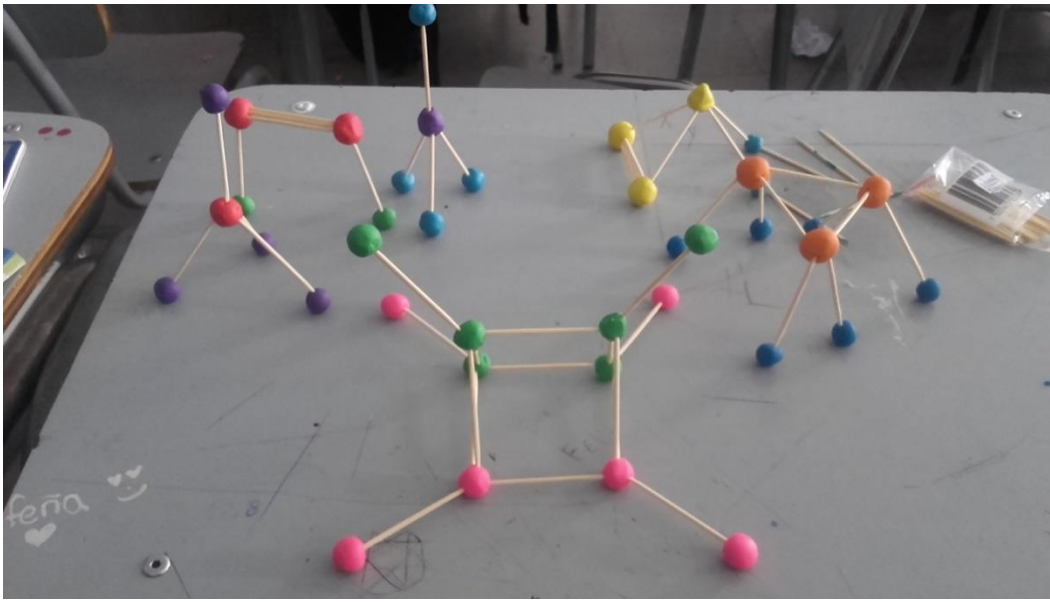
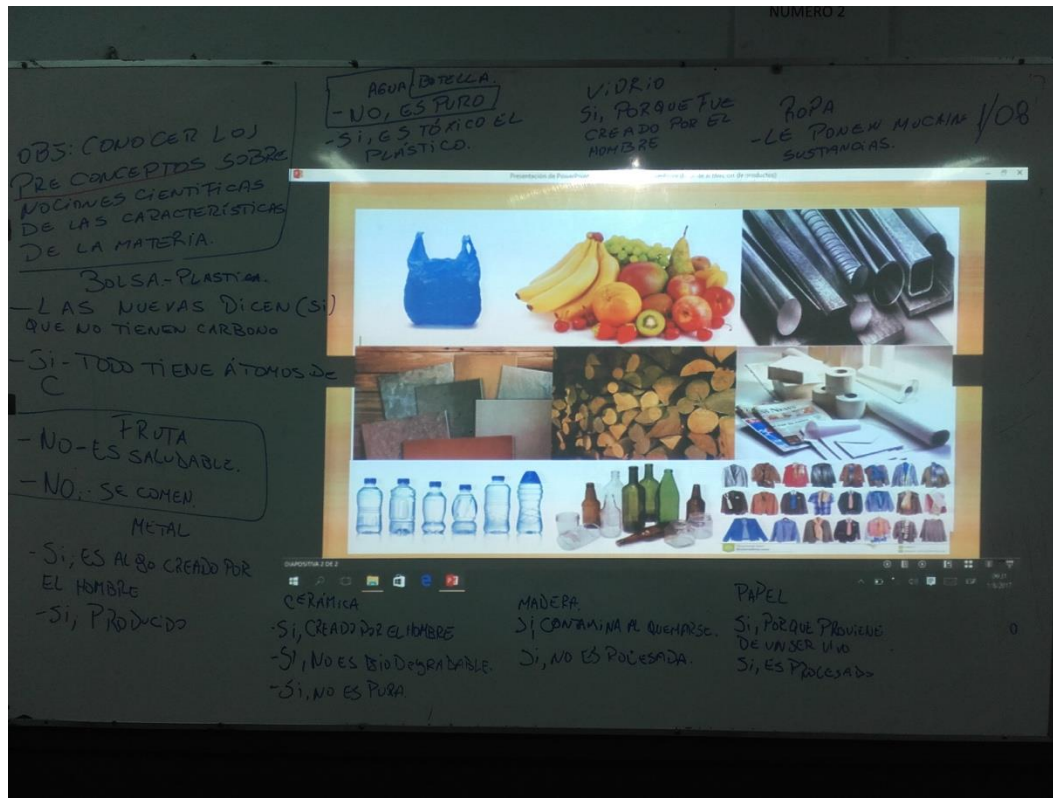


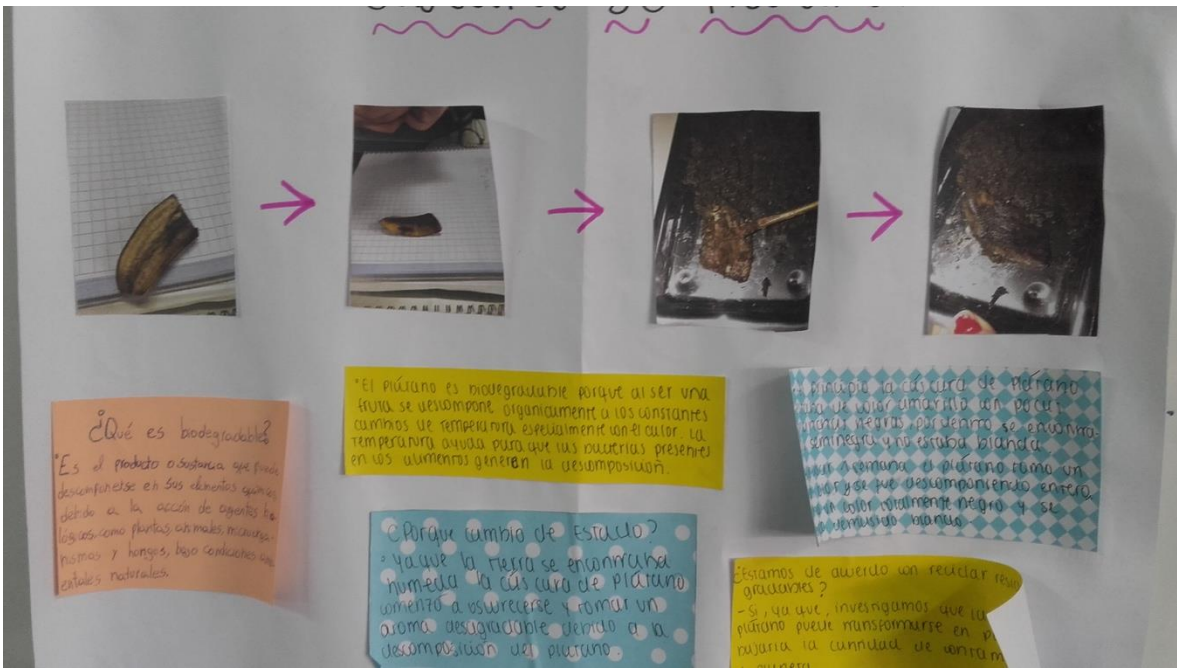






Anexo Evidencias.





5.1.5 SEA 5: Propuesta Didáctica Vinculada A La Química Verde En La Unidad De Óxido – Reducción



UNIVERSIDAD DE CHILE

Facultad de Filosofía y Humanidades

PROPUESTA DIDÁCTICA VINCULADA A LA QUÍMICA VERDE EN LA UNIDAD DE ÓXIDO – REDUCCIÓN

Integrantes:

- Jessica Pino Ibarra
- Daniela Ruiz Núñez

Fecha: 12/10/2017

Diplomado en Extensión en Enseñanza y Aprendizaje de la Química Verde para la enseñanza de las Ciencias

1 CONTENIDO

2	ELEMENTOS CURRICULARES	2
2.1	Los objetivos fundamentales (of):	2
2.2	Objetivos Fundamentales Transversales (OFT)	3
2.3	Contenidos mínimos obligatorios (cmo)	3
2.4	Aprendizajes esperados (ae)	3
3	PLANIFICACIÓN DE SECUENCIA DIDÁCTICA	4
4	ARGUMENTACIÓN TEÓRICA	11
4.1	Descripción del nivel en que se trabajara la temática	11
4.2	Justificación de la temática seleccionada	12
4.3	Justificación de la secuencia didáctica	13
4.4	Justificación de la secuencia didáctica en termino de coherencia pedagógica	14
5	descripción y/o elaboración del material con el cual evidenciará la implementación.	17
6	fortaleza y debilidades de la implementación	21
7	Evidencia de la implementación	22
7.1	Sesión 1.	22
7.2	Sesión 2 y 3.	24
7.3	Análisis del pre y post test.	27
8	conclusiones	37
9	BIBLIOGRAFÍA	38

2 ELEMENTOS CURRICULARES

Para la realización del proyecto, se seleccionó como nivel de aprendizaje IV medio en la asignatura de química. Se emplearon los planes y programas vigentes de la asignatura, los cuales promueven el logro de objetivos fundamentales (OF) y el desarrollo de los contenidos mínimos obligatorios (CMO) que se definen el marco curricular (Educación, Currículum en línea, 2009).

La unidad que se trabajó corresponde a la segunda unidad propuesta por el programa de estudio de química de IV medio, que corresponde a los contenidos de óxido-reducción (Educación, Currículum en línea, 2015).

A continuación, se desglosan los objetivos fundamentales y transversales, contenidos mínimos obligatorios que se trabajan acorde al programa de estudio de química (Educación, Currículum en línea, 2015).

2.1 LOS OBJETIVOS FUNDAMENTALES (OF):

OF1 Analizar y argumentar sobre controversias científicas contemporáneas relacionadas con conocimientos del nivel, identificando las posibles razones de resultados e interpretaciones contradictorios.

OF3 Evaluar las implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales en controversias públicas que involucren ciencia y tecnología, utilizando un lenguaje científico pertinente.

OF5 Analizar asuntos o debates de interés público contemporáneos, a nivel nacional y global, relacionados con los contenidos del nivel.

2.2 OBJETIVOS FUNDAMENTALES TRANSVERSALES (OFT)

- Respetar y valorar las ideas distintas de las propias.
- Interesarse por conocer la realidad y utilizar el conocimiento.
- Valorar la vida en sociedad.
- Proteger el entorno natural y sus recursos como contexto de desarrollo humano.

2.3 CONTENIDOS MINIMOS OBLIGATORIOS (CMO)

Eje habilidades del pensamiento científico

CMO1. Investigación bibliográfica y análisis de controversias científicas relacionadas con temas del nivel, identificando las fuentes de las discrepancias.

CMO4. Evaluación del impacto en la sociedad de las aplicaciones tecnológicas, argumentando sobre la base de conocimientos científicos.

Eje la materia y sus transformaciones

CMO9. Descripción de reacciones redox, incluyendo su respectivo ajuste por el método del ion-electrón, y fenómenos provocados por la variación en las concentraciones de reactantes y productos, en procesos biológicos y de aplicación industrial, por ejemplo, electrólisis y pilas.

2.4 APRENDIZAJES ESPERADOS (AE)

AE04. Fundamentar las posibles propuestas de protección del medioambiente, considerando los elementos que provienen de los residuos domésticos e industriales.

AE06. Comprender el funcionamiento de las celdas electroquímicas y sus aplicaciones.

3 PLANIFICACIÓN DE SECUENCIA DIDÁCTICA

La secuencia didáctica se aplicó en tres sesiones sucesivas correspondientes al mes de agosto al finalizar la unidad de óxido-reducción. Se realizó en esta etapa de los contenidos ya que se necesita que los alumnos manejen conceptos básicos tales como transferencia de electrones, oxidación, reducción, celdas galvánicas, potencial de la Fem, entre otros.

La Tabla 1 presenta la planificación clase a clase de nuestra secuencia didáctica, las Tablas 2, 3 y 4 presentan las planificaciones.

Asignatura	Química
Nivel	IV medio
Unidad	Óxido-reducción
Contenido	Celdas galvánicas, pilas, biopilas, celdas fotovoltaicas, electrones
Duración	Tres sesiones
Mes de implementación	Agosto – septiembre

Tabla 1 – Organización de contenidos

PLANIFICACIÓN DIARIA 1

Profesoras: Jessica Pino, Daniela Ruiz		Asignatura: Química	
Curso: IV medio		Unidad: óxido-reducción	
Nº de sesión: 01		Horas sesión : 2 hrs	
OFT Interesarse por conocer la realidad y utilizar el conocimiento.			
OFV: 03		CMO: 01 , 04 y 09	
Objetivo de la clase			
Diferenciar los productos degradables de los biodegradables. Analizar e investigar las consecuencias al medio ambiente el uso de pilas, baterías y paneles solares convencionales.			
Recursos: Data, computador		Evaluación: Formativa	
Actividad			
Inicio	Alumnos miran el material concreto del profesor (una pila cotidiana) y pregunta. ¿Para qué la usamos? (R: para obtener energía eléctrica) ¿De dónde se obtiene la energía eléctrica? (R: a partir de una reacción química) Una vez utilizada la pila, ¿qué pasa con ella? (respuestas variadas)		
Desarrollo	Actividad 1. Se les recuerda a los alumnos que durante un mes dejamos una pila, un panel solar pequeño y pasto en tierra para analizar si son degradables o		

	no. ¿Qué pasó con la pila? (respuestas variadas) y ¿el pasto? (se degradó). Se determina en una puesta en común lo que es un desecho degradable y uno no degradable. Con guía de la profesora se construye el aprendizaje. ¿Qué implicancia para el medio ambiente tendrán estos desechos (pilas, panel solar)? (R: contaminan). Profesora explica que ahora van hacer una búsqueda bibliográfica donde averiguarán las implicancia que tienen para salud y el medioambiente el uso de pilas, baterías, paneles solares. <u>Actividad 2.</u> Se separan en grupos donde cada uno tiene un tema a investigar sobre los beneficios y consecuencias del uso de pilas, baterías y paneles solares. Como desafío de investigación se busca resolver la siguiente pregunta: ¿existirá otra forma de obtener energía eléctrica similares a las anteriores, pero más amigable con el medioambiente? Alumnos investigan en la misma clase, en la sala de computación. Profesor entrega un código QR para darles páginas de ayuda a su investigación
Cierre	Se definen los principales conceptos vistos en clases como son degradable, biodegradable, obtención de energía eléctrica. Se hace un enlace con la química verde. Se les recuerda que la próxima clase va a ver una mesa redonda donde se discutirá sobre sus investigaciones.

Tabla 2- Planificación de la primera sesión

PLANIFICACIÓN DIARIA 2

Profesoras: Jessica Pino, Daniela Ruiz		Asignatura: Química	
Curso: IV medio		Unidad: óxido-reducción	
Nº de sesión: 02-03		Horas sesión: 4 hrs	
OFT ▪ Respetar y valorar las ideas distintas de las propias. ▪ Interesarse por conocer la realidad y utilizar el conocimiento. ▪ Valorar la vida en sociedad. ▪ Proteger el entorno natural y sus recursos como contexto de desarrollo humano.			
OFV: 01 – 03 - 05		CMO: 01 , 04 y 09	
Objetivo de la clase			
Evaluar el impacto medioambiental del uso de pilas, baterías y paneles solares mediante el dialogo entre los alumnos			
Recursos: Sillas y mesas		Evaluación: Formativa	
Actividad			
Inicio	Se entrega el objetivo de la clase. Estudiantes se agrupan en círculo.		
Desarrollo	Profesor es el moderador de la mesa redonda que se encarga de velar que se respeten los turnos y el tiempo asignado por estudiante.		

	Los equipos deben seleccionar un representante para la mesa redonda, el cual se encarga de exponer su punto de vista del tema investigador. Da inicio a la mesa redonda el profesor, presenta a los participantes y se da una pequeña introducción del tema que se va a tratar. Se dan diez minutos a cada participante para que exponga sus puntos de vista. Una vez que todos los expositores han expuesto se abre la sesión de preguntas y respuestas. ¿Cuáles son los beneficios y consecuencias de usar pilas y baterías para el medio ambiente? ¿Cuáles son beneficios y consecuencias de usar paneles solares? ¿Consideras que a largo plazo y con la tecnología actual el panel solar un beneficio para el ambiente o una desventaja para el medioambiente? ¿Cuál(es) creen ustedes que sería la solución de esto?
Cierre	Se realiza en conjunto los alumnos una puesta en común que unifique las principales ideas vistas en la mesa redonda.

Tabla 2 – Planificación de la segunda sesión

PLANIFICACIÓN DIARIA 3

Profesoras: Jessica Pino, Daniela Ruiz		Asignatura: Química	
Curso: IV medio		Unidad: óxido-reducción	
N° de sesión: 03		Horas sesión: 2 hrs	
OFT ▪ Interesarse por conocer la realidad y utilizar el conocimiento. ▪ Valorar la vida en sociedad. ▪ Proteger el entorno natural y sus recursos como contexto de desarrollo humano.			
OFV: 03		CMO: 01 , 04 y 09	
Objetivo de la clase			
Crear una celda fotovoltaica a partir de desechos orgánicos y compararla con la eficiencia energética de una celda fotovoltaica inorgánica			
Recursos: laboratorio, material fungible, guía de laboratorio.		Evaluación: Formativa	
Actividad			
Inicio	Profesor plantea el objetivo de la clase, entrega guía de laboratorio.		
Desarrollo	Actividad practica "Creación de una celda fotovoltaica" Se separa a los estudiantes en equipos de trabajo donde cada equipo tiene que elegir a su líder de equipo. Alumnos escuchan las instrucciones dadas por la profesora donde explica cómo van a crear su celda fotovoltaica orgánica y la comparan con una celda solar (mini panel). Alumnos trabajan.		

	Se realiza una puesta en común, ¿Cuál es la ventaja de obtener energía renovable a partir de un material orgánico? (respuestas variadas) ¿Cuáles serán los motivos del porqué aún no se usa masivamente una tecnología así? (respuestas variadas, es poco eficiente energéticamente, es más caro, no existe la tecnología) Profesora explica que actualmente se está investigando sobre los paneles solares orgánicos, pero su principal conflicto es su tiempo de vida útil. Con esto se presenta un nuevo campo de investigación en la cual los principales actores pueden ser ellos, la idea es que la profesora incentive que aún no está todo descubierto y que aún hay mucho que hacer.
Cierre	Se realiza una puesta en común sobre la eficiencia energía frente degradabilidad de los materiales usados o su toxicidad.

Tabla 4 – Planificación de la tercera sesión

4 ARGUMENTACIÓN TEÓRICA

4.1 DESCRIPCIÓN DEL NIVEL EN QUE SE TRABAJARA LA TEMÁTICA

El colegio Manuel José Irrarrázaval pertenece a la red de colegios de la fundación San Vicente de Paul. Su dependencia es particular subvencionado adjudicada a la gratuidad desde el año 2015 y se encuentra ubicado en conferencia 751, comuna de Santiago.

El establecimiento educacional es de jornada completa (8:00 hasta las 16:30 hrs de lunes a viernes) imparten educación desde pre-básica a IV medio (científico-humanista) contando con dos cursos por nivel. Las salas presentan buena iluminación y mala acústica. El colegio cuenta con un laboratorio de computación y un laboratorio de ciencias.

El nivel en el cual se implementó la actividad es el III medio científico en la asignatura de química electivo. El curso cuenta con 31 alumnos matriculados y actualmente el 34,01% y 52% de los estudiantes se encuentra en condición de vulnerabilidad social. A la fecha, solamente el 9,7 % del curso cuenta con evaluación diferenciada.

El colegio Preciosa Sangre pertenece a la red de colegios de la fundación De la Preciosa Sangre. Su dependencia es particular subvencionado con subvención compartida y se encuentra ubicado en Eduardo Castillo Velasco 2525, comuna de Ñuñoa.

El establecimiento educacional es de jornada completa (8:00 hasta las 16:00 hrs. de lunes a viernes) impartiendo educación desde pre-básica a IV medio (científico-humanista) contando con un curso por nivel. Todas las salas presentan data y parlantes fijos. El colegio cuenta con un laboratorio de computación y un laboratorio de ciencia.

El nivel en el cuál se implementó la actividad es el IV medio en la asignatura de química. El curso cuenta con 14 alumnos matriculados y actualmente el 0% de los estudiantes se encuentran en condición de vulnerabilidad social.

4.2 JUSTIFICACIÓN DE LA TEMÁTICA SELECCIONADA

Se seleccionó este tema ya que consideramos que la unidad de óxido-reducción tiene muchas aplicaciones industriales y en la vida cotidiana, debido a que se preocupa de la obtención de energía eléctrica a partir de la transferencia de electrones. Entre las aplicaciones más comunes tenemos pilas, baterías y células fotovoltaicas.

Actualmente existe una gran dependencia necesaria de estos productos en la vida cotidiana causada por el ritmo de vida y requerimiento en los funcionamientos de ciertos dispositivos electrónica.

Sin embargo, la mayoría de las personas desconocen que se trata de un residuo peligroso sumado a la falta de opciones e información tratan las pilas como un residuo común. Actualmente se encuentran muy vigentes los paneles solares del tamaño de un celular como alternativa "ecológica" para cargar distintos dispositivos electrónicos tales como linternas, celulares, juguetes, entre otros; pero al igual que una pila, una vez terminado su tiempo de vida útil lo desecha como basura normal, ignorando que implicancia puede tener esto al medio ambiente, ya que los paneles solares son contruidos a base de sustancias que no son biodegradables, además de tener componentes que son peligrosos para la salud del ser humano y el medio ambiente (fayerwayer.com, 2009).

Es acá donde radica la importancia y necesidad de que los estudiantes de todos los niveles de enseñanza conozcan y participen de este conocimiento: se deben impregnar significativamente de la filosofía y la práctica de la química sostenible (M. Luz González, 2003).

El principio que se va a abordar es el número diez: diseñar los productos para su descomposición natural tras el uso o biodegradabilidad y el principio de toxicidad (Borreda & Peña, 2016). Para poder abordar este principio diseñamos un experimento de laboratorio y un experimento de inicio que son adecuados para el nivel educativo de los estudiantes. Se presenta y comentan en conjunto a los estudiantes casos reales de diferentes beneficios y consecuencias de las pilas, células fotovoltaicas para el medio ambiente como proceso inicial para luego continuar con las actividades previstas.

4.3 JUSTIFICACIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA

Nuestra secuencia didáctica se encuentra justificada y respaldada por los planes y programas del ministerio de educación, que se definen el marco curricular (Educación, Curriculum en línea, 2009)

En la primera clase de nuestra secuencia didáctica existe una actividad que tiene por objetivo diferenciar los productos degradables de los biodegradables (Ver planificación 1). Esta actividad está relacionada con el CMO 04 donde los alumnos evalúan el impacto en la sociedad de las aplicaciones tecnológicas que usan los alumnos en la actualidad (pilas, baterías, celdas fotovoltaicas) y lo peligros de estos residuos para el medioambiente en el que se dejan estos desechos. Con este análisis fomentaremos las habilidades de pensamiento científico.

La actividad 2 que tiene por objetivo analizar e investigar las consecuencias al medio ambiente el uso de pilas, baterías y paneles solares convencionales. Esta se encuentra respalda por el CMO 01, donde los alumnos realizan una investigación bibliográfica y analizan las controversias científicas que existen con el uso de dispositivos electrónicos de uso doméstico, esta actividad se encuentra directamente relacionada también con el CMO 09, donde los estudiantes en su investigación bibliográfica conocerán las aplicaciones de estos dispositivos.

el proceso de descubrimiento y la curiosidad científica de los estudiantes desde un proceso típico de la investigación científica en todo nivel (Yulimer Uzcátegui (1), 2013): buscar metodologías ya probadas para llegar a nuevos resultados.

Tras la actividad modeladora del docente comienza el trabajo colaborativo de los estudiantes. El proceso conlleva dos partes de un mismo proceso que permite adentrarse en la metodología científica en sus dos vertientes: lo teórico y lo aplicado. Ambas etapas (complementarias y necesarias en la labor investigadora) permiten trabajar en procesos metacognitivos y prácticos.

La primera etapa corresponde a un proceso de acceso al conocimiento. Los estudiantes agrupados realizan una búsqueda bibliográfica acerca de un tema científico de interés para los contenidos que se trabajan (de ahí su coherencia pedagógica tanto en la independencia de los estudiantes como en los contenidos de la asignatura), en este caso, los beneficios y consecuencias de las pilas y paneles solares. En este proceso se espera que los estudiantes no solo recopilen información, sino que sean capaces de discriminar información no pertinente, recopilar información relevante, hacer discutir los textos y llegar a un conocimiento del tema.

La segunda etapa se enfoca en la labor práctica. Tras el proceso de investigación bibliográfica y aprehensión grupal de los contenidos, los estudiantes comienzan en el trabajo de laboratorio. Se espera que puedan construir un panel solar orgánico (con el conocimiento metodológico entregado por el profesor y el conocimiento funcional entregado a partir de su propia investigación), que constituya, además, una celda electroquímica. Con esto logran conocer los contenidos y los aplican en una experimentación autónoma.

El proceso completo articulado en tres partes (modelación, investigación bibliográfica y trabajo práctico) fomenta el aprendizaje colaborativo para el desarrollo científico de los alumnos en su individualidad y en su conjunto, sino que además presenta una coherencia pedagógica en distintas áreas: se articula con los planes y programas de estudio presentando una forma distinta de acceder y

practicar los conocimientos, pero, además, posee una coherencia interna que se fundamenta en un proceso científico riguroso de acceder a una metodología, investigar bibliográficamente y realizar el trabajo práctico. Con el proceso, articulado en tres pasos, los estudiantes no solo conocen el proceso y lo realizan, sino que logran ser autónomos en el conocimiento, se apropian de él y pueden saber los fundamentos teóricos de su trabajo, no solo hacen un panel solar, sino que lo conocen, lo explican y desarrollan un pensamiento crítico propio del investigador científico.

5 DESCRIPCIÓN Y/O ELABORACIÓN DEL MATERIAL CON EL CUAL EVIDENCIARÁ LA IMPLEMENTACIÓN.

La secuencia didáctica se evidencia al realizar un pre-test y post-test que se adjunta a continuación:

Para ambos casos se realiza el mismo elemento evaluador.

Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias	
Nombre o RUT: _____	
Instrucciones.	
a. Escribe su nombre o RUT claramente. b. Lea las siguientes frases y/o preguntas y conteste o llene los espacios vacíos según sus conocimientos y/o creencias. c. Sus respuestas no serán calificadas ni tendrán incidencia en el desarrollo de la clase.	
CUESTIONARIO	
1.	¿Te gusta las Ciencias Naturales (Química, Física y/o Biología)? a) Si b) No
2.	Para mí la Ciencia es _____
3.	Para mí la Ciencia sirve para _____
4.	Prefiero aprender Ciencias por medio de: a) una clase, b) experimentos, c) ejemplos de la vida diaria, d) Otra forma. ¿Cuál? _____
5.	¿Qué es lo que más te ha gustado de aprender Ciencias este año? _____
6.	¿Cómo le explicaría a un/a compañero/a qué es la Eficiencia energética? _____
7.	¿Cómo le explicaría a un/a compañero/a en qué consiste la biodegradabilidad? _____
8.	Yo _____ (elijo/NO elijo) los productos biodegradables porque _____
9.	Para hacer más eficiente el uso de la energía yo _____
10.	Marca TODOS los conceptos que TÚ conoces: a) Prevención de formación de residuos. b) Huella Ecológica. c) Eficiencia Energética. d) Biodegradación de residuos.
11.	De los conceptos que marcaste en la pregunta N°11, asocia CADA UNO de ellos con una frase, idea, ejemplo, entre otros: _____ _____

En la sesión 2, a los alumnos del III medio científico se les solicitó realizar una infografía de los beneficios y uso de pilas, la rúbrica de evaluación se encuentra a continuación.

	Excelente (3)	Bueno (2)	Regular (1)
Título	Es muy sugerente y creativo y plasma muy bien el tema que se presenta (pilas y/o baterías)	Es suficientemente creativo y plasma el tema que se presenta (pilas y/o baterías)	No es creativo. No tiene que ver con el tema solicitado (pilas y/o baterías)
Organización visual	Es atractivo y original. Imágenes adecuadas en cuanto al contenido y color. La información está muy bien organizada, es muy clara y fácil de leer	El infograma cumple su objetivo. Las imágenes se adaptan al contenido de la pilas y/o baterías. En general la información es clara y está bien organizada.	El infograma es muy poco atractivo. Escasa relación entre las imágenes y su contenido. La información no es clara y está desordenada, lo que dificulta su lectura.
Contenido	El infograma presenta la información solicitada sobre la pilas y o baterías indicando los beneficios y consecuencias para el medio ambiente	El infograma presenta escasamente la información solicitada, faltándole al menos unos de los elementos solicitados.	El infograma no presenta la información solicitada.

En el colegio Preciosa Sangre a las alumnas del IV medio en vez de pedirles una infografía se les solicitó que disertaran del uso, consecuencias y beneficios de baterías, pilas y paneles solares.

Nombre de los integrantes: Tema de presentación oral:				
Categoría	4	3	2	1
Apoyo	Los estudiantes usan varios apoyos que demuestran un considerable trabajo/creatividad y hacen una muy buena presentación	Los estudiantes usan algunos apoyos que demuestran considerable trabajo/creatividad y hacen la presentación mejor.	Los estudiantes usan escasos apoyos que hacen la presentación mejor	Los estudiantes no usan apoyo o los apoyos escogidos restan valor a la presentación
Contenido	Demuestran un completo entendimiento del tema	Demuestran un buen entendimiento del tema	Demuestran un buen entendimiento del tema	No parece entender muy bien el tema
Comprensión	Estudiantes pueden con precisión contestar casi todas las preguntas planteadas sobre el tema por sus compañeros de clase.	El estudiante puede con precisión contestar la mayoría de las preguntas planteadas sobre el tema por sus compañeros de clase	El estudiante puede con precisión contestar unas pocas preguntas planteadas sobre el tema por sus compañeros de clase	El estudiante no puede contestar las preguntas planteadas sobre el tema por sus compañeros de clase
Entusiasmo	Expresiones faciales y lenguaje corporal general un fuerte interés y estudiamos sobre el tema en otros.	Expresiones faciales y lenguaje corporal algunas veces generan un fuerte interés y entusiasmo sobre el tema en otros	Expresiones faciales y lenguaje corporal son usados para tratar de generar entusiasmo, pero parecen fingidos	Muy poco uso de expresiones faciales o lenguaje corporal. No genera mucho interés en la forma de presentar el tema
Presentación personal	Estudiantes disertan correctamente uniformados, el pelo está corto y/o ordenado según sexo, buena postura. Gestos apropiados cuando se necesitan se dirigen a toda la audiencia	Estudiantes disertan correctamente uniformados, no se encuentra ordenado según sexo, buena postura. Gestos apropiados cuando se necesitan se dirigen a toda la audiencia.	Estudiantes disertan con vestuario no acorde al uniforme, el pelo se encuentra desordenado, Mala postura. Gestos no son apropiados En ningún momento se dirigen a la audiencia	Estudiantes no disertan correctamente, no se encuentran uniformados (zapatillas, polera, pelo no ordenado) Los gestos utilizados no son apropiados
Trabajo en grupo	La presentación muestra planificación y trabajo de grupo en el que todos han colaborado. Todos los miembros del grupo presentan y participan por igual. Los presentadores se dirigen cómodamente al público. Modo variado en la presentación.	Todos los miembros demuestran conocer la presentación global. Todos los miembros del grupo presentan, aunque hay alguna variación en la presentación de los diferentes individuos.	La presentación muestra cierta planificación entre los miembros. Todos los miembros del grupo presentan, pero no al mismo nivel.	Demasiado individualista. No se ve colaboración. No todos los miembros del grupo presentan

Para la sesión 3 en ambos colegio se realiza un laboratorio donde se presenta la siguiente la siguiente rúbrica.

4	3	2	1
Alumnos presentan todos los materiales solicitados para el trabajo.	Alumnos presentan los materiales solicitados pero les falta al menos uno.	Alumnos presentan más de la mitad de los materiales solicitados para realizar el trabajo.	Alumnos presentan muy pocos de los materiales solicitados y deben conseguirse entre sus compañeros.
Todos los integrantes del grupo se presentan con delantal o cotona	Un integrante del grupo se presenta sin delantal o cotona	Dos integrantes se presentan sin delantal o cotona	Todos los integrantes del grupo se presentan sin delantal o cotona
Alumnos escuchan las instrucciones del trabajo a realizar con mucha atención.	Alumnos escuchan las instrucciones del trabajo a realizar y realizan algunos comentarios sin pedir la palabra.	Alumnos se distraen haciendo comentarios en más de tres ocasiones cuando se da las instrucciones del trabajo a realizar.	Alumnos se distraen haciendo comentarios en forma frecuente mientras se dan las instrucciones del trabajo a realizar.
Alumnos trabajan en forma ordenada dando ideas para confeccionar el laboratorio solicitado y escuchándose mutuamente todo el tiempo.	Alumnos trabajan en forma ordenada pero al dar ideas para la confección del laboratorio se contradicen y discuten sin escucharse al menos una vez.	Alumnos trabajan con algún grado de desorden y les cuesta bastante ponerse de acuerdo para realizar el trabajo.	Alumnos trabajan de manera bastante desordenada, sin ponerse de acuerdo para la construcción del modelo.
Alumnos trabajan en forma concentrada con su grupo, no se preocupan del trabajo de los demás ni interrumpen lo que los otros están haciendo.	Alumnos trabajan en forma concentrada con su grupo pero al menos una vez se han dado vuelta a conversar con algún compañero.	Alumnos se dan vuelta a conversar con compañeros de otros grupos en dos o tres ocasiones.	Alumnos se dan vuelta a conversar con los compañeros a cada instante no respetando el trabajo de los demás ni el propio.
Alumnos consultan dudas sólo a la profesora levantando la mano.	En una ocasión alumnos preguntan dudas a la profesora sin levantar la mano provocando el comentario de sus compañeros.	En más de una ocasión alumnos preguntan dudas a la profesora sin levantar la mano provocando el comentario de sus compañeros.	Alumnos preguntan en voz alta, sin levantar la mano a quien le quiera responder provocando desorden en el curso.
Alumnos cuidan el material y el aseo de su puesto.	Alumnos en una oportunidad botan basura al piso y tienen desorganizado su lugar de trabajo	Alumnos en más de una oportunidad botan basura al piso y su lugar de trabajo está muy desordenado	Alumnos dejan sucio su puesto de trabajo (mojado) y con basura en el suelo

6 FORTALEZA Y DEBILIDADES DE LA IMPLEMENTACIÓN

La fortaleza que presenta nuestra implementación es que contamos con un grupo de alumnos participativo, motivados, contar con la implementación necesaria para la implementación tal como: Laboratorio, sala de computación, data en la sala de clases.

Entre las principales dificultades que no encontramos con la implementación fue la falta de tiempo para realizarla, la secuencia didáctica necesitaba más tiempo que el planificado, también la tardanza de la entrega del pre test que hizo atrasar la fecha de inicio de la implementación. Cabe resaltar que ambos colegios al encontrarse nuestros alumnos en tercero y cuarto medio se perdieron varias clases por los siguientes motivos.

1. Feriado e interferiado de agosto
2. Misa y reflexión con los alumnos.
3. Ensayos PSU.
4. Vacaciones de septiembre
5. Baile de fiestas patrias
6. Retiros
7. Salidas pedagógicas de otras asignaturas.

7 EVIDENCIA DE LA IMPLEMENTACIÓN

A continuación se adjuntan todas las fotos sacadas durante la implementación

7.1 SESIÓN 1.

En el colegio Manuel José Irrázaval y Preciosa Sangre se realizó una clase teórica sobre la diferencia de degradabilidad y biodegradabilidad. Los estudiantes vieron imágenes como las que se presenta a continuación.



Figura 1. Plástico en alguna playa de Chile

Al mostrar esta imagen se le preguntaban a los estudiantes ¿Cuántas bolsas y botellas de plástico usan su familia en la semana? ¿Cuánto tiempo se demora en degradarse? Los alumnos participan de la actividad lluvia de ideas y a partir de eso se empieza a generar una discusión sobre el tema.



Figura 2. Imagen del documental de la isla Midway, ubicada en el norte del océano Pacífico. (Jordan, 2009)

Después de la discusión que se generó con los estudiantes se mostró el siguiente video donde muestra el impacto causado por el plástico en una isla que se encuentra en el norte del Océano Pacífico en el cual el próximo humano se encuentra a una distancia de 3000 km aproximadamente. Nuevamente se genera una reflexión sobre el tema.



Una vez mostrado el video de la isla Midway, se les pregunta a los alumnos ¿El plástico será el único problema? ¿Cuántas pilas usan en el año? ¿Cuántos celulares han tenido en su vida? ¿Cuántos dispositivos electrónicos desechan en su familia en un año? ¿Qué pasa una vez terminada su vida útil? Se le muestra el siguiente video sobre la basura electrónica en Acra.

Figura 3. Imagen del video en donde se muestra que pasa con la basura electrónica.

Una vez concientizados a los alumnos sobre los residuos que producimos se les invita al laboratorio a realizar la primera parte del laboratorio de biodegradabilidad en el cuál se colocaron 3 recipientes con tierra y a uno se le colocó pilas, al recipiente 2 un panel solar pequeño y al recipiente 3 pastos.

Como una observación en el colegio Preciosa Sandra se realizó el práctico el martes 4 de julio y el otro lo realizó el martes 29 de Agosto.



Figura 4. Estudiantes de ambos colegios realizan el experimento de biodegradabilidad.

7.2 SESIÓN 2 Y 3.

En esta sesión los alumnos realizaron una búsqueda bibliográfica guiada por el profesor en la sala de computación y posterior a eso realizaron en el colegio Manuel José Irrarrázaval una infografía de los beneficios y consecuencias de las pilas para el medioambiente y en el colegio preciosa sangre realizaron una presentación en ppt sobre el tema.



Figura 5. Alumnos del colegio Manuel José Irrarrázaval haciendo la búsqueda bibliográfica para realizar un afiche



Figura 6: Presentación final sobre los beneficios y consecuencias del uso de pila y bioopilas

A continuación se muestran las infografías realizadas durante la investigación bibliográfica



Figura 6. Muestra de infografía realizada por alumnos del colegio Manuel José Irrarázaval.

En esta sesión se vinculó con el principio de la química verde en el cuál plantea que hay que crear productos que no sean tóxicos para uno y el medio ambiente, se analizó la importancia de las pilas para la vida cotidiana sin embargo se vieron las consecuencias medioambientales y para la salud que presentan.

Para la efectuar la sesión 3 nos encontramos con una serie de dificultades impidiendo hacer esta intervención de la manera planificada de igual forma se realizó una reflexión con las estudiantes y se buscaron soluciones para la problemática de las pilas, Se hace notar que esta implementación se realizó al finalizar la unidad de óxido reducción en el IV medio y el III medio se vio desde un punto de vista más general.

Al no poder efectuar la biopila se recurrió a un plan de emergencia en donde los estudiantes observaran el video (Fuentes, 2017) de la creación de una biopila y se analizó desde un punto de vista electroquímico la particularidad que presentaba esta biopila es que también es fotovoltaica siendo más amigable para el medio ambiente ya que es pasto al ser orgánico es completamente biodegradable.

También se mostraron el resultado del experimento de la sesión 1 para acompañar la pila con el pasto y el panel solar, el resultado se adjunta en la siguiente tabla

Material	Observaciones	
	Manuel José Irrázaval 1 mes y medio	Colegio Preciosa Sangre 3 meses
Pila	Se oxidó un poco, la tierra tiene un olor desagradable. La pila aún sigue sin degradarse	La pila se encuentra un poco oxidada y la tierra adquirió un color amarillento. La pila sigue sin degradarse
Pasto	La tierra se encuentra húmeda, de color café oscuro, creció una	La tierra se encuentra húmeda, de color café oscuro y el pasto se

	planta y el pasto en su mayoría se encuentra biodegradado.	encuentra biodegradado en su totalidad
Panel Solar	No se observan cambios	No se observan cambios

Como reflexión final con los estudiantes se generó la discusión que todo lo que nos rodea tienen beneficios y consecuencias y que hay que aprender a equiparar y tener conciencia de esto y que el día mañana serán los futuros empresarios, investigadores, ingenieros que tienen la misión y el deber de crear, innovar en las ciencias mejorando los productos que ya existen para que sean aún más amigables con el medio ambiente y que cubran las necesidades energéticas que estamos teniendo.

7.3 ANÁLISIS DEL PRE Y POST TEST.

En el colegio Preciosa Sangre se encuestaron un total de 14 estudiantes perteneciente al curso de IV medio con un rango de edad de 17 a 18 años en el caso del Colegio Manuel José Irrarrázaval se encuestaron un total de 30 estudiantes de III medio de los cuales 15 mujeres y 15 hombres.

1. ¿Te gustan las ciencias naturales?

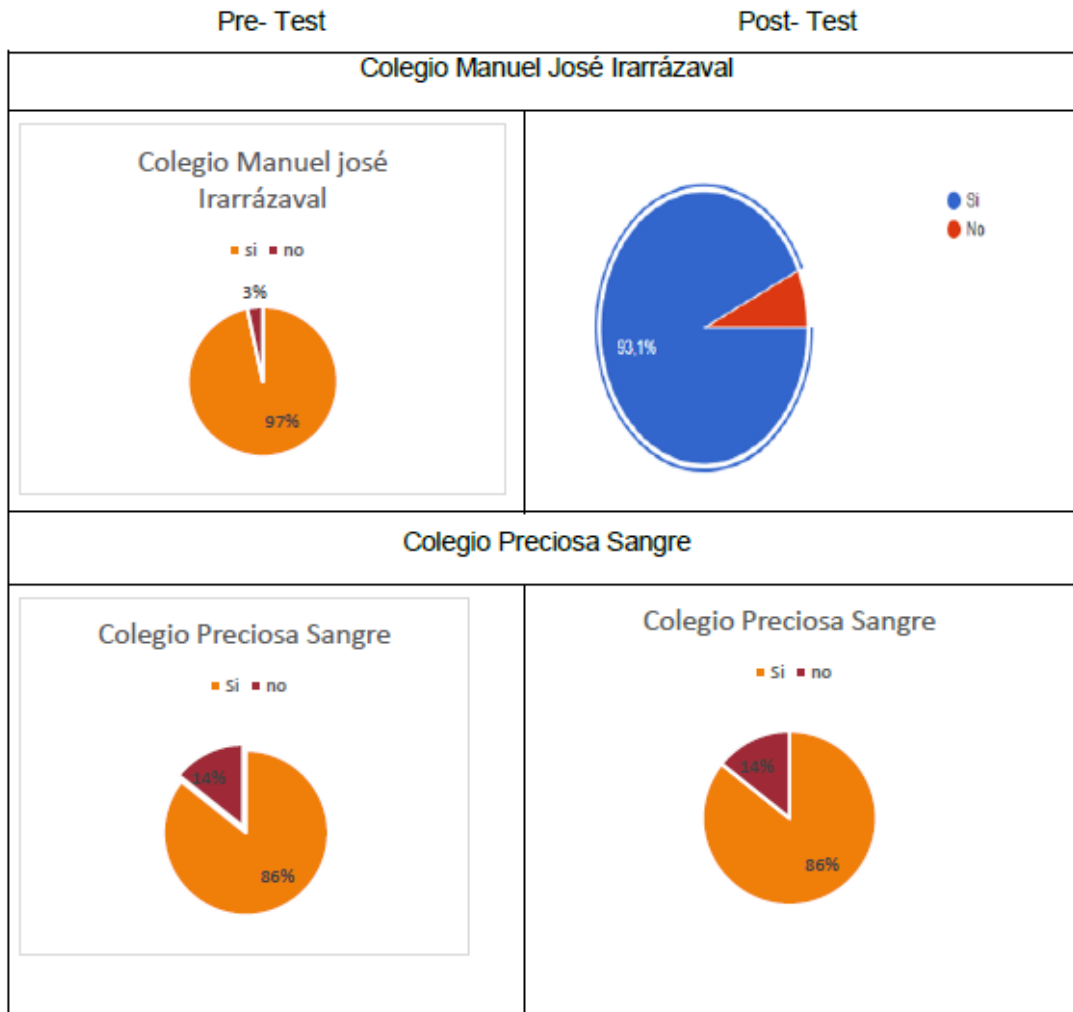


Gráfico 1: porcentaje de alumnos que le gusta la ciencia en el pre test y post test.

De estos gráficos podemos analizar que el porcentaje de alumnos que le gusta la ciencia no varía del pre test al post test.

2. Para mí la ciencia es ...

Para analizar la respuesta de estas preguntas se realizó una tabla en donde se agrupo por similitudes.

Tipo de respuesta	Descripción
Conocimiento	En esta categoría se enfoca a las respuestas relacionadas con conocimiento, estudio, experimentación.
Todo	En esta categoría nos referimos a las respuesta tales como la ciencia es TODO, un estilo de vida.
Herramienta	En esta categoría se enfoca a respuestas relacionadas a la ciencia como herramienta y/o medio para entender nuestro entorno.
Aburrida	En esta categoría están las respuesta como fome, aburrido
Innovadora	En esta categoría nos encontramos con las respuesta relacionadas con innovación, descubrir , evolucionar
Estimulante	Se refieren a que los alumnos lo encuentran divertido, interesante, simpático entre otros.

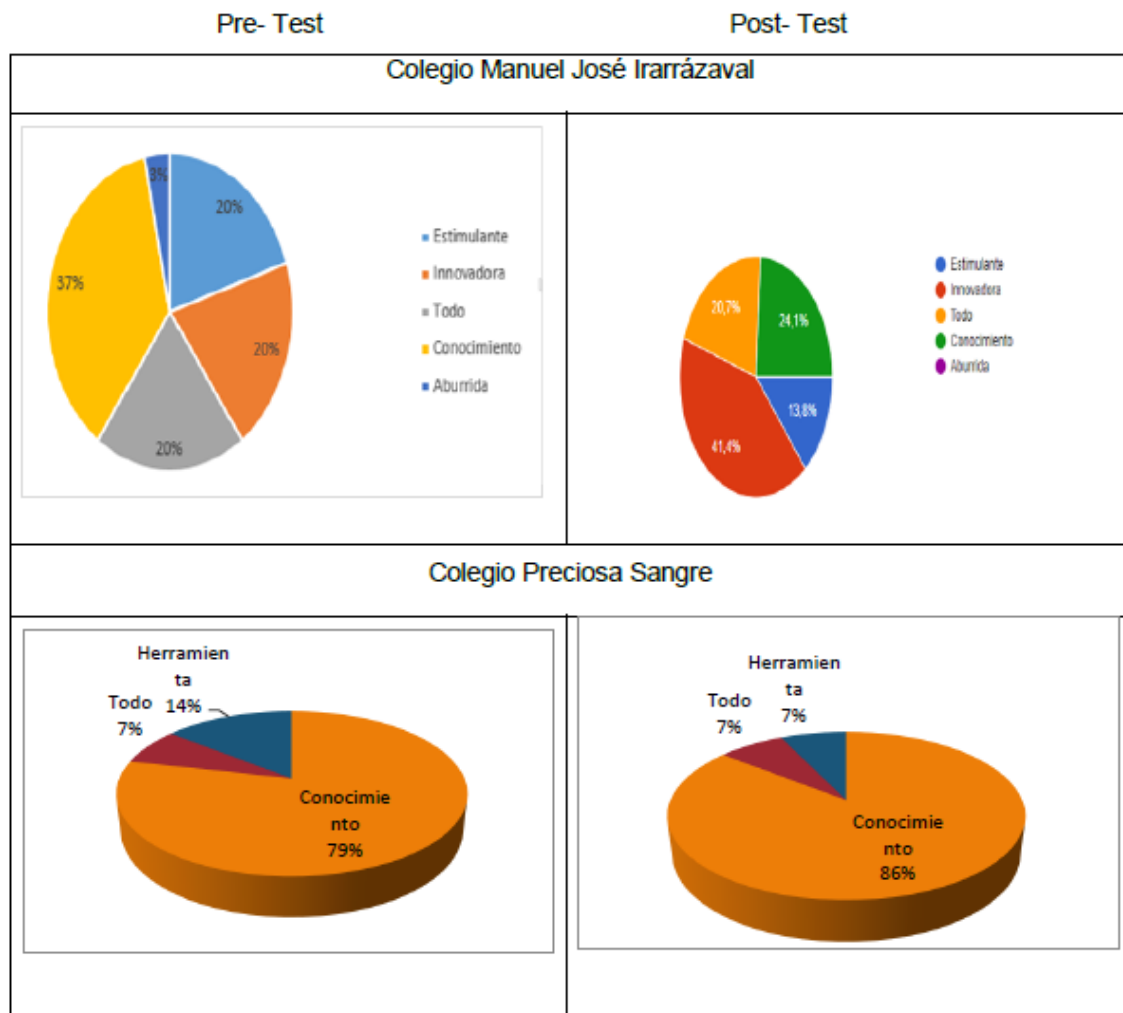


Gráfico 2: Este gráfico representa las respuesta de las alumnas que es la ciencia para ellas(os)

Si analizamos el grafico observaremos que la preferencia de los alumnos la ciencia es conocimiento en el prest test sin embargo después de la intervención didáctica en el colegio Manuel José Irrázaval considera que la ciencia es innovadora siendo

el paso del 20% al 41,4 %. En el colegio preciosa sangre no se observa grandes diferencia entre el pre test y post test. Esta diferencia se puede deber al que el colegio preciosa sangre las alumnas están acostumbradas al trabajo en el laboratorio, usando la misma didáctica de la profesora.

3. Para mí la ciencia sirve para.....

Tipo de respuesta	Descripción
Avanzar	La ciencia sirve para dar respuestas y conocimiento que ayude al ser humano.
Descubrir	La ciencia sirve para descubrir nuevas cosas en la naturaleza, avances en las ciencias, medicina, aumentar conocimiento
Entender	La ciencia sirve para entender nuestro entorno
Todo	La ciencias sirve para la vida, la mayor cosas que pasan en nuestra vida en resumen la ciencia sirve para todo.

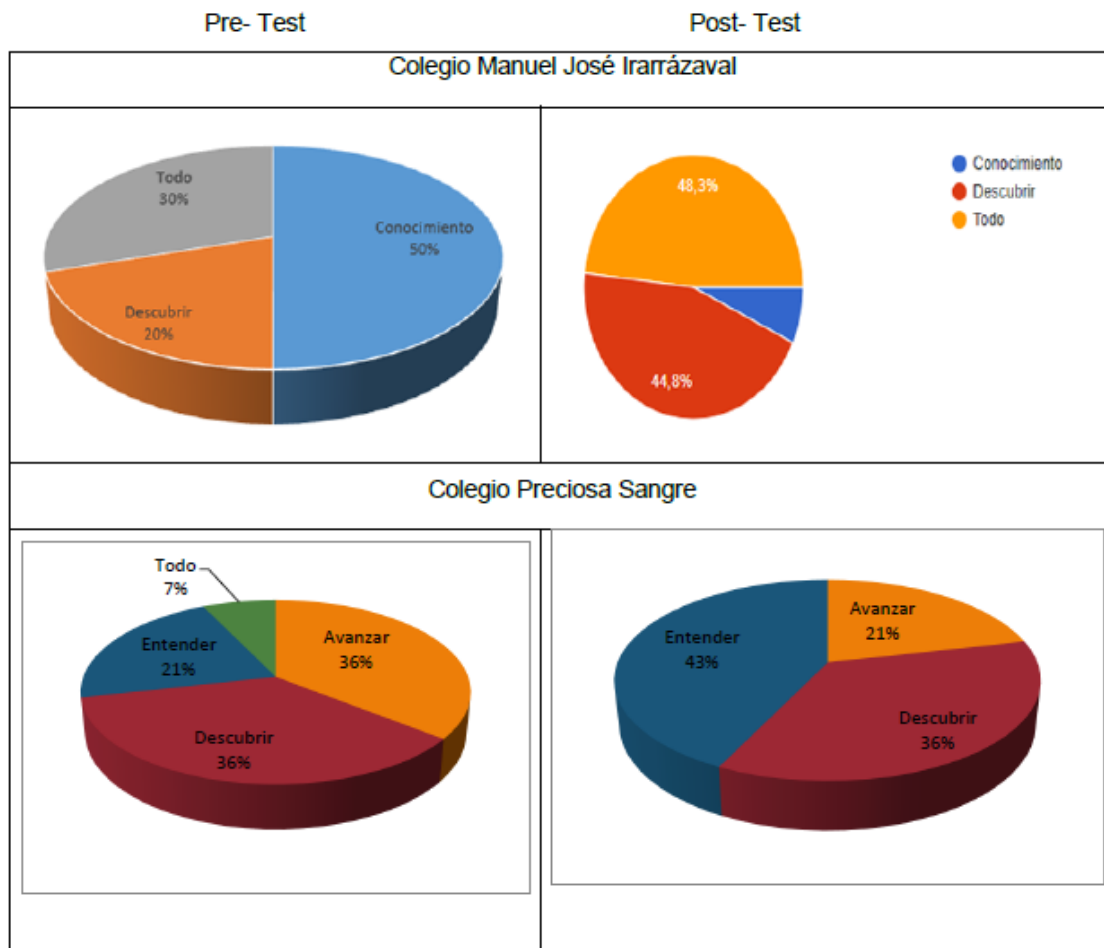


Gráfico 3: Grafico de que representa lo que sirve la ciencia para los estudiantes de ambos colegios

En El colegio Manuel José Irrázaval el 50% de los estudiante contestaron que la ciencia sirve para tener conocimiento o dar respuestas pero una vez realiza la intervención este porcentaje disminuyo drásticamente solamente 6,9% de los alumnos dicen que sirve para dar respuesta y el 48,3% de los alumnos piensan que la ciencia sirve para TODO y el 44.8% para descubrir. En el caso del colegio

Preciosa Sangre no se observa mucha variación entre el pre y post test sin embargo se ve un aumento en que la ciencia sirve para entender nuestro entorno siendo este aumento del 20%

4. Prefiero aprender ciencias por medio de:

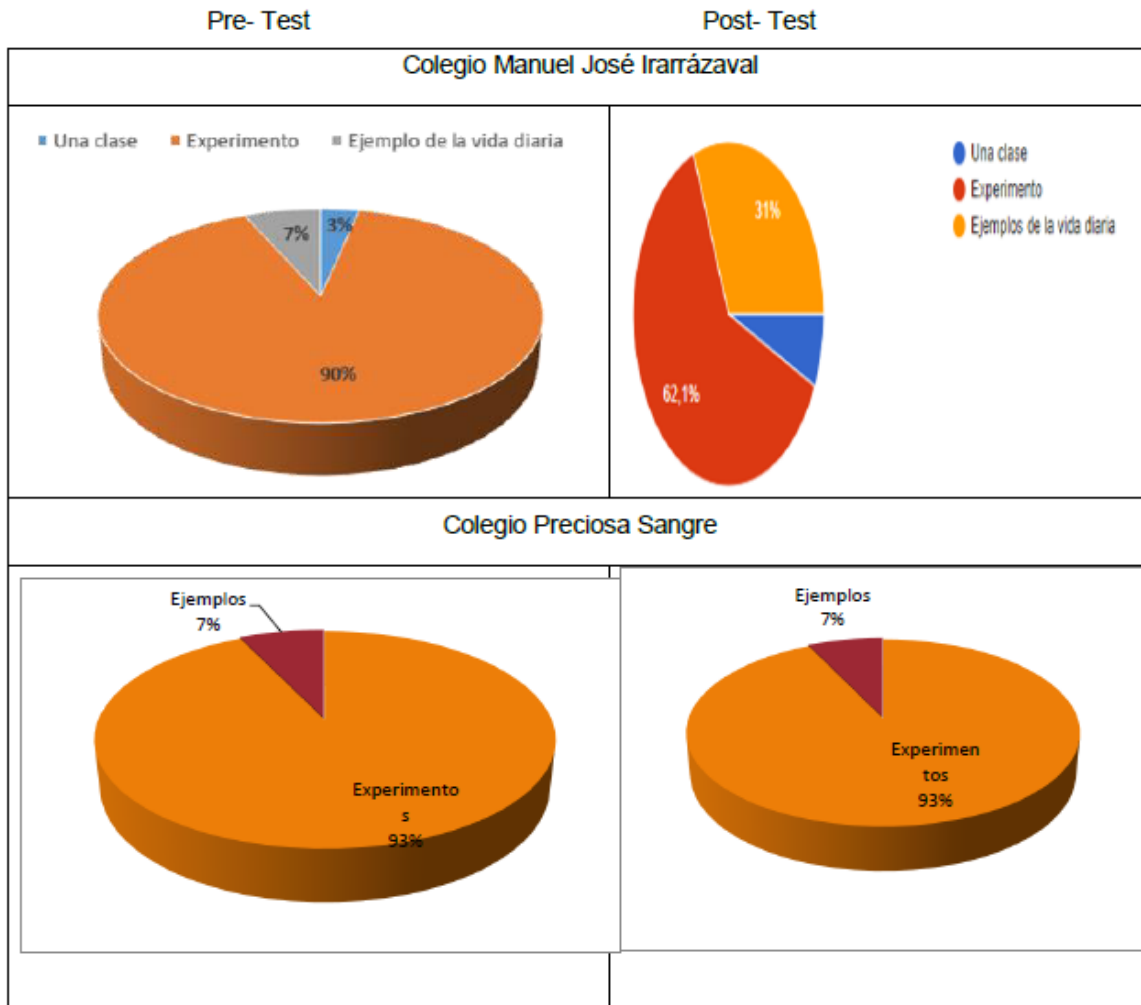


Gráfico 4: Gráfico que muestra de que manera los alumnos les gusta aprender ciencia

Acá no se observan muchos cambios entre el pre y post tes la mayoría de los estudiantes prefieren aprender ciencia mediante un experimento, sin embargo en el colegio Manuel José Irrázaval se observa un pequeño cambio en donde el 7% de los estudiantes prefieren aprender ciencia por un ejemplo de la vida diaria aumenta a 31% .

.5. ¿Cómo explicarías a un compañero en que consiste biodegradabilidad?

Respuesta	Descripción
No se	Alumnos no saben cómo explicar eficiencia energética a un compañero o no responde.
Definiendo	Definición en que consiste la eficiencia energética.
Ejemplo	Da ejemplos de la vida cotidiana u de otro tipo

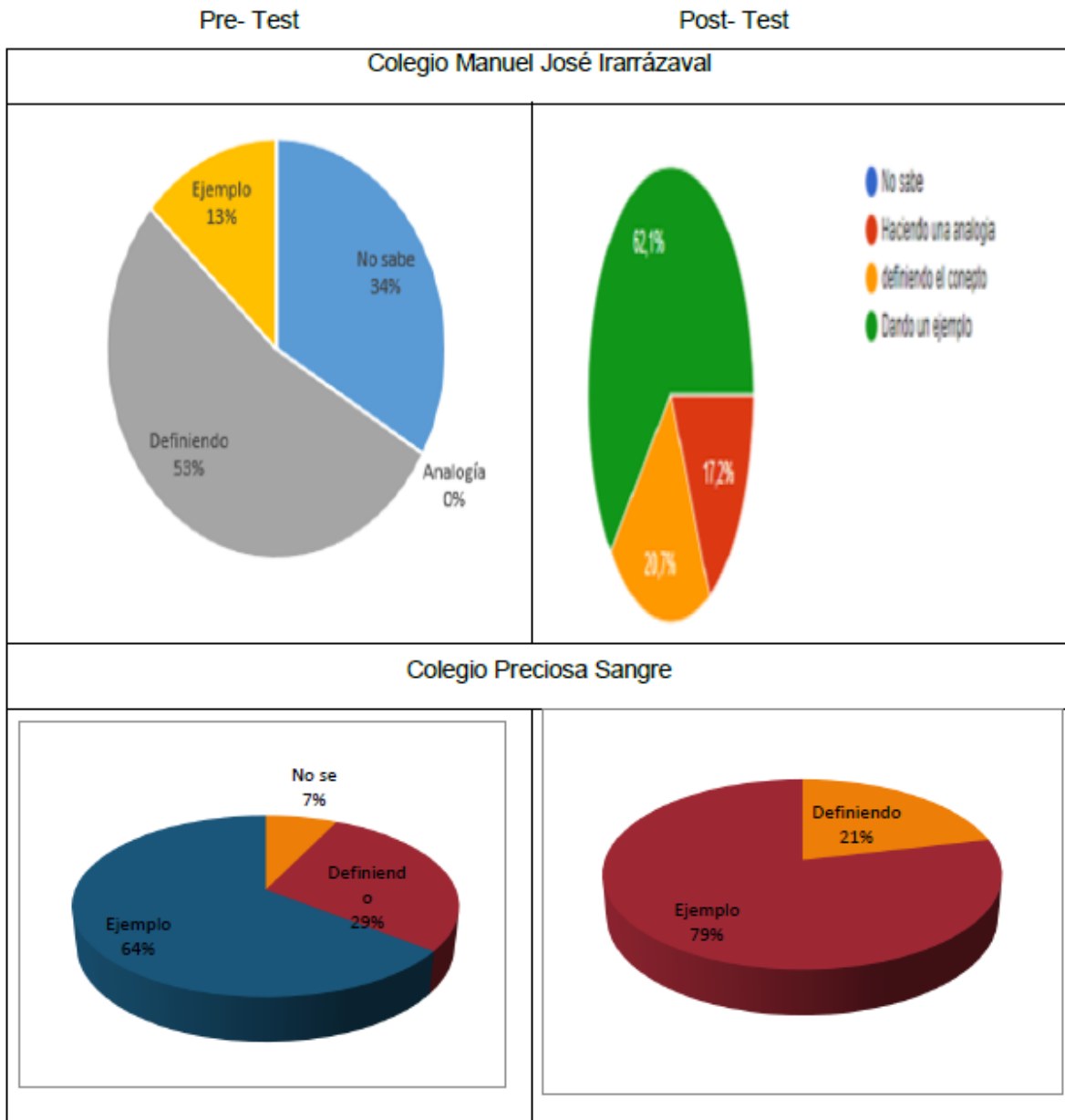


Gráfico 5. Gráfico que indica cómo explicaría biodegradabilidad a un grupo de estudiantes.

Al finalizar el post test nos damos cuenta que en ambos colegios prefieren explicar el concepto de biodegradabilidad mediante un ejemplo de la vida diarian siendo este sobre el 60%

6. Yo _____ (elijo/No elijo) los productos biodegradables.

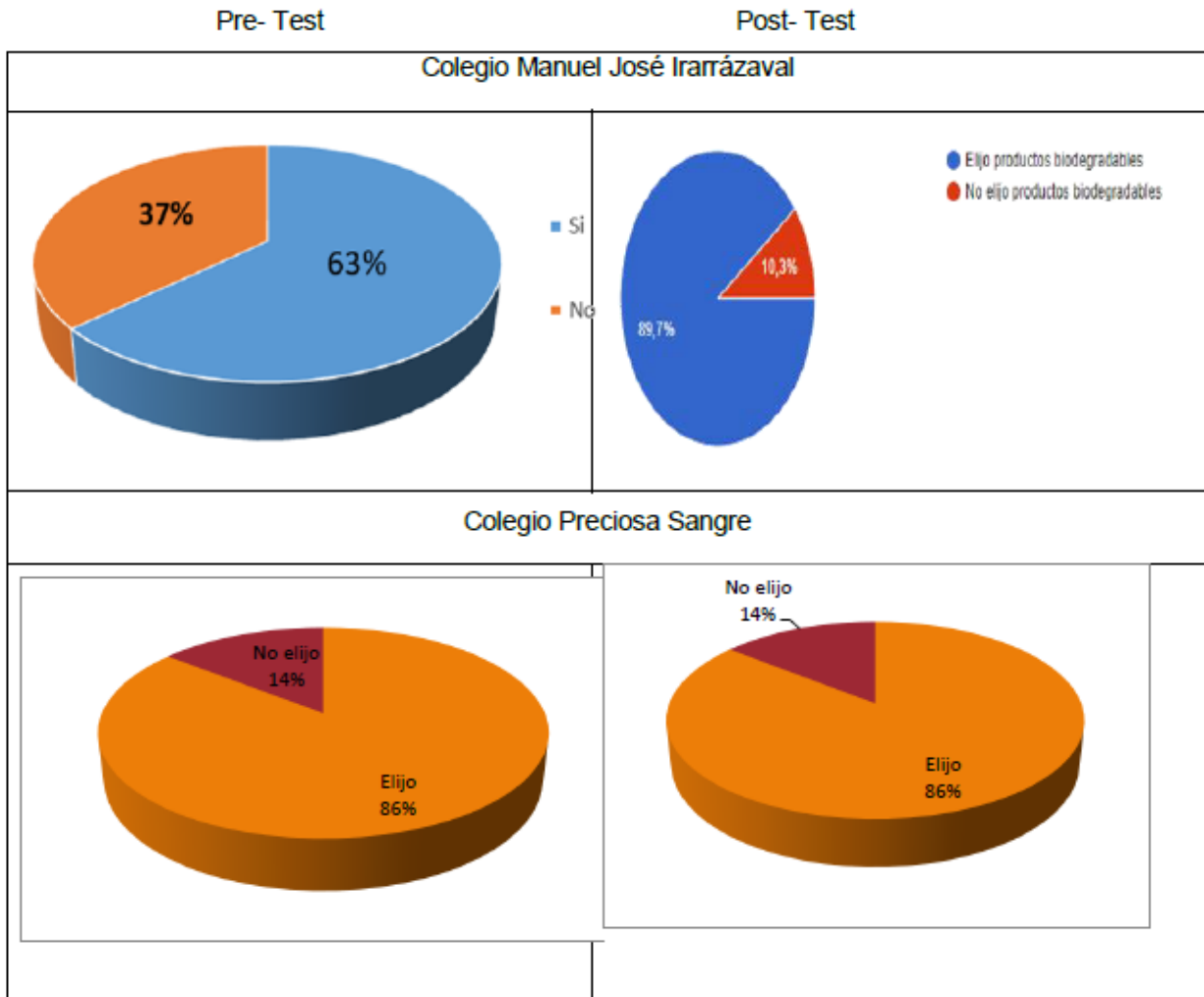


Gráfico 6. Alumnos que prefieren productos biodegradables

En los graficos en el colegio Preciosa Sangre no se observan cambios en si los alumnos prefieren o no productos biodegradables, en cambio el colegio Manuel José Irrázaval se observa un aumento del 26.7% una de las justificados del porque los alumnos no ecojen productos biodegradables es debido a que sus padres realizan las compras y ellos no tienen ingerencia en esas desiiones y otro porcentaje ess porque no sabe que es.

8 CONCLUSIONES

Nuestro proyecto tiene como finalidad implementar una secuencia didáctica que aborde los principios de la química verde vinculado con los contenidos mínimos obligatorios que proponen el marco curricular vigente. Con esta propuesta buscamos en que los estudiantes reflexionen, juzguen, tengan conciencia social y ambiental que puedan ser aplicadas en un futuro próximo, cuando estos mismos sean partícipes en el mundo laboral.

Dilucidamos que a poner en práctica esta actividad lograremos que los alumnos estén más preparados, informados y reflexivos, independiente del área donde se desempeñen, valoren la importancia de operar de una manera socialmente responsable y sustentable para el medio ambiente (Standardization, 2010)

Se logró concientizar sobre el uso de productos de los cuales obtenemos energía y que no son biodegradables a un grupo de estudiantes de dos colegios particulares subvencionados.

- se generaron campañas para recolectar pilas en el establecimiento.
- Informar a los pares de estudiantes sobre los lugares de acopio de pilas en la RM
- Después de la implementación el 85% de los alumnos prefieren optar por productos biodegradables.

9 BIBLIOGRAFÍA

-
- Borreda, L. M., & Peña, A. V. (2016). Green Chemistry and Sustainability. *ENSEÑANZAS DE LAS CIENCIAS*, 25-42.
- Castro, N. P. (2011). GREEN CHEMISTRY: A NEW CHALLENGE. *CIENCIA E INGENIERÍA NEOGRANADINA*, 169-182.
- Educación, M. d. (19 de agosto de 2009). *Currículum en línea*. Recuperado el 25 de junio de 2017, de http://www.curriculumenlineamineduc.cl/605/articles-30013_recurso_09.pdf
- Educación, M. d. (enero de 2015). *Currículum en línea*. Recuperado el 25 de junio de 2017, de http://www.curriculumenlineamineduc.cl/605/articles-30013_recurso_34_3.pdf
- estudiaraprender*. (2014). Recuperado el 25 de junio de 2017, de <http://www.estudiaraprender.com/2014/11/25/como-hacer-una-mesa-redonda-en-clase/>
- fayerwayer.com*. (01 de 2009). Recuperado el 25 de junio de 2017, de <https://www.fayerwayer.com/2009/01/los-paneles-solares-contaminan-despues-de-25-anos-de-uso/>
- Fuentes, A. (2017). *youtube*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=56mTZDILY-M>
- Johnson, D. W.-R. (1994). *El aprendizaje cooperativo*. Virginia : Paidós SAICF .
- Jordan, C. (Dirección). (2009). *Midway* [Película]. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=gVVZ3hZCRq4>
- M. Luz González, A. V. (2003). El compromís d'ensenyar química amb criteris de sostenibilitat: la química verda. *Educació Química Edu*, 48-52.
- SETSE. (S.F). Recuperado el 25 de junio de 2017, de <http://www.setse.org.mx/ReformaEducativa/Rumbo%20a%20la%20Primera>

%20Evaluaci%C3%B3n/Factores%20de%20Evaluaci%C3%B3n/Pr%C3%A1ctica%20Profesional/Gu%C3%ADa-secuencias-didacticas_Angel%20D%C3%ADaz.pdf

Standardization, I. O. (11 de 2010). *ISO*. Recuperado el 25 de junio de 2017, de https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/en/iso_26000_project_overview-es.pdf

Yulimer Uzcátegui (1), C. B. (2013). La metodología indagatoria en la enseñanza de las ciencias: una revisión de su creciente implementación a nivel de Educación Básica y Media. *Revista de Investigación*, 37(78), 109-127.

5.1.6 SEA 6: Propuesta Didáctica Vinculación Curricular de la Química Verde con la Especialidad Técnico Profesional: Química Industrial con mención en Laboratorio Químico.



PEC

PROGRAMA DE EDUCACIÓN CONTINUA PARA EL MAGISTERIO
Facultad de Filosofía y Humanidades - Universidad de Chile



Diploma

“Diploma en Extensión en Enseñanza y Aprendizaje de la Química Verde para la Enseñanza de las Ciencias”

Propuesta Didáctica

Vinculación Curricular de la Química Verde con la Especialidad Técnico Profesional: Química Industrial con mención en Laboratorio Químico.

Nicolás Mora M. – Ronnie Labra O.

Santiago, 2017

INTRODUCCIÓN

La elaboración y aplicación de una secuencia didáctica que vincule los aspectos del currículum escolar con los elementos de la química verde parece ser una buena perspectiva para introducir la enseñanza de la química y desde ahí poder dar un salto hacia cualquier ámbito de las ciencias, particularmente dado que las ciencias y la tecnología, en general, continuamente son modificadas por nuevos descubrimientos o aplicaciones de la química a partir de las investigaciones que se desarrollan en todo el mundo. Por otra parte, los problemas económicos y conflictos ambientales han cambiado la percepción del papel de la química dentro de la sociedad, alejándola del interés público y social al atribuirle características negativas que, incluso mediáticamente, nos parecen normales muchas veces. Sin embargo, la química, esta ciencia central está en constante cambio y necesita transformarse, acercarse, ser más concreta e incluso útil para que todas las personas sean capaces de asimilar sus conceptos y teorías. La química verde se comprende como el desarrollo de las metodologías que permiten modificar la naturaleza intrínseca de los productos o procesos, esto con la finalidad de reducir o eliminar las consecuencias adversas o los riesgos que puedan impactar tanto en el medio ambiente como en la salud humana. Por otro lado, plantea la innovación en la química con beneficios económicos y ambientales; y fomenta la interdisciplinariedad, ya que incorpora aspectos de ingeniería, biología, economía y ética, presentándose como un enfoque que propende a un desarrollo significativo del aprendizaje científico (Anastas & Williamson, 1996).

La enseñanza de las ciencias busca incrementar las competencias (conocimientos, habilidades y actitudes) inherentes al sector, ya que la formación se desarrolla en escenarios complejos de adquisición de aprendizajes y no con temas aparentemente útiles, cotidianos y contextuales (González, Pérez & Figueroa-Duarte, 2016). La enseñanza técnico profesional busca incrementar estas mismas competencias dándole un contexto cotidiano y útil enfocado en las diferentes especialidades impartidas en estos liceos, buscando estrategias desafiantes para que los estudiantes incorporen estas competencias.

En Educación Media, 4 de cada 10 jóvenes elige un liceo técnico profesional. Esto es especialmente relevante en la Educación Pública (Municipales y Administración Delegada), donde el 56% de los estudiantes elige un liceo técnico profesional (MINEDUC, 2014). En términos de currículum de la Educación Media Técnico Profesional, y la aprobación de los nuevos Planes y Programas de estudio, desde 2016, los alumnos y las alumnas de los establecimientos técnico profesionales de todo Chile, cuentan con las nuevas Bases Curriculares de la Educación Media Técnico Profesional que pretenden actualizar su formación y con ello permitir a los estudiantes responder a los más recientes requerimientos del desarrollo productivo y social del país. El camino de la educación media técnico profesional (EMTP), busca entregar las herramientas de desarrollo vocacional que preparen al estudiante para una vida de trabajo y formación integral. Esta preparación se construye articulando el dominio de las competencias propias de una especialidad con el aprendizaje tanto de los objetivos transversales como de los objetivos y contenidos de la formación general de la Educación Media.

En la especialidad de Química Industrial con mención en Laboratorio Químico se espera que los estudiantes entren al campo laboral como analista o ayudante de laboratorio en los laboratorios que suelen poseer las industrias de productos químicos. Sin embargo, su campo laboral es más extenso en la medida en que otras actividades, como la medicina, la minería, la agricultura, la producción industrial de alimentos, también requieren de servicios de análisis químicos. Así, puede desempeñarse en laboratorios independientes o dependientes, como laboratorios de control de calidad, laboratorios de investigación y desarrollo, control medioambiental, toxicología, bromatología y de certificación de productos. Mientras que en la especialidad de electrónica se espera que los estudiantes entren al campo laboral para desempeñarse en empresas de servicio técnico relacionadas con diversos productos electrónicos, como sistemas digitales y computadores, de comunicación, control automático, entre otros, así como en empresas que posean instrumentación, maquinaria y sistemas electrónicos del rubro de la minería, siderurgia, alimenticia, empresas

de producción y distribución de energía eléctrica, pesca, celulosa, agrícola, planta química, textiles, metalmecánica, automotrices. Sin embargo, nosotros creemos que la química verde nos entrega una enorme posibilidad de relacionar las competencias, entendidas como los conocimientos, las habilidades y las actitudes de los estudiantes de ambas especialidades a través de los principios de la química verde y la interdisciplinaridad que podemos alcanzar utilizando la metodología de aprendizaje basado en proyectos (ABP) para dar respuesta a problemas socio científicos que estén de acuerdo al contexto socio cultural en donde se desarrollan nuestros estudiantes.

ELEMENTOS CURRICULARES

Programa de Estudio formación diferenciada Técnico Profesional para las Especialidades: Química Industrial con mención Laboratorio Químico y Electrónica.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE GENÉRICOS DE LA FORMACIÓN TÉCNICO PROFESIONAL

Leer y utilizar distintos tipos de textos relacionados con el trabajo, tales como especificaciones técnicas, normativas diversas, legislación laboral, así como noticias y artículos que enriquezcan su experiencia laboral.

Trabajar eficazmente en equipo, coordinando acciones con otros in situ o a distancia, solicitando y prestando cooperación para el buen cumplimiento de sus tareas habituales o emergentes.

Utilizar eficientemente los insumos para los procesos productivos y disponer cuidadosamente los desechos, en una perspectiva de eficiencia energética y cuidado ambiental.

Prevenir situaciones de riesgo y enfermedades ocupacionales, evaluando las condiciones del entorno del trabajo y utilizando los elementos de protección

personal según la normativa correspondiente.

QUIMICA INDUSTRIAL CON MENCIÓN EN LABORATORIO QUÍMICO

MODULO MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO DE MATERIALES (NIVEL 3° MEDIO)

OA 1 Ordenar y disponer materias primas, insumos, productos químicos, para ser utilizados en programas de producción de una planta química o para su almacenamiento, aplicando técnicas y protocolos de traslado, rotulación, layout (disposición) y preservación de productos químicos.

AE 5 Emplea las medidas de seguridad necesarias en el manejo de sustancias químicas, siguiendo las normas nacionales e internacionales en el transporte y almacenamiento de materiales.

CE 5.3 Manipula sustancias químicas de distinta peligrosidad, utilizando la hoja de seguridad (HDS, MSDS).

MODULO TECNICAS, PROCESOS Y EQUIPOS DE LABORATORIO (NIVEL 3° MEDIO)

OA 2 Medir y registrar con precisión el comportamiento de variables e indicadores de los productos, muestras y procesos productivos, utilizando instrumentos tales como: termómetros, manómetros, pHmetros, higrómetros, analizadores de gases, barómetros, flujómetros, romanas, pesas electrónicas y balanzas, entre otros.

AE 1 Emplea los distintos materiales, instrumentos y equipos de laboratorio de manera precisa, propiciando el orden y la limpieza del lugar de trabajo.

AE 2 Cuantifica las sustancias presentes en diversas muestras, por medio de técnicas de separación en la industria química, de manera cuidadosa y responsable.

CE 1.1 Instala y desinstala equipos de laboratorio para su correcto funcionamiento, tomando las medidas de seguridad pertinente.

CE 2.2 Separa muestras a través de técnicas de destilación, controlando temperaturas y manteniendo el orden y limpieza del lugar de trabajo, de acuerdo

a la normativa vigente.

MODULO FABRICACION DE PRODUCTOS INDUSTRIALES (NIVEL 3° MEDIO)

OA 3 Preparar informes de observaciones y mediciones realizadas acerca del comportamiento de variables e indicadores de los productos, muestras y procesos productivos, describiendo las tendencias de acuerdo con formatos establecidos manuales y digitales para la consideración y aprobación del profesional especialista.

AE 3 Obtiene una esencia aromatizante, empleando un proceso de fabricación semindustrial (destilación, arrastre, extracción, entre otros), y elabora un informe técnico sobre los procesos y resultados.

CE 3.3 Extrae una esencia por medio de una destilación por arrastre de vapor, controlando las variables de temperatura y presión, purificando el producto a través de la extracción por solventes u otro método.

MODULO CUIDADOS DEL MEDIO AMBIENTE Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS (NIVEL 3° MEDIO)

OA 5 Realizar el manejo de residuos industriales, sólidos y líquidos, previniendo incidentes o derrames, aplicando procedimientos de emergencia en caso de accidente, resguardando el cumplimiento de exigencias de identificación, la normativa ambiental y/o sanidad vigente, almacenamiento y disposición final de esos residuos.

AE 2 Determina los análisis y el tratamiento de riles, para su almacenamiento y/o disposición final, según la normativa y reglamentaciones vigentes, establecidas en la normas chilenas.

CE 2.4 aplica protocolos de producción limpia, según estándares establecidos y ocupando responsablemente los materiales utilizados.

MODULO TOMA DE MUESTRA (NIVEL 4° MEDIO)

OA 1 Tomar muestras para análisis químico de materias primas, productos intermedios o finales, de acuerdo a protocolos establecidos y

resguardando la integridad y representatividad de la muestra, las normas de seguridad, utilizando equipos auxiliares y materiales apropiados.

AE 1 Muestrea sustancias líquidas y sólidas, de acuerdo a procedimientos establecidos, con los equipos e instrumentos apropiados para cada caso

CE 1.1 Calcula la cantidad necesaria de muestra, según la magnitud del ensayo a realizar y de acuerdo a los manuales de procedimientos dados por las normas de gestión de la empresa.

MODULO TÉCNICAS DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL (NIVEL 4° MEDIO)

OA 4 Medir, registrar y verificar datos de los estados iniciales de las muestras, y de los cambios físicos y químicos ocurridos durante los ensayos y análisis, utilizando equipos e instrumentos apropiados y controlando las variables que pudieran afectar o sesgar las observaciones y mediciones.

AE 3. Determina la concentración de una muestra, por medio de espectrofotometría, siguiendo las instrucciones del procedimiento y comunicando los resultados obtenidos.

CE 3.3 Elabora una curva de calibración del equipo, empleando las soluciones con la concentración adecuada y buscando alternativas a las dificultades que se puedan presentar.

SECUENCIA DIDÁCTICA

La secuencia didáctica se basó en la formulación y desarrollo de proyectos, donde se trabajó con los alumnos desde plantear la problemática a resolver hasta lograr que este grupo de estudiantes, desde sus competencias técnicas, abordaron las diferentes temáticas y lograron desarrollar esta idea para posteriormente optimizar las variables a considerar integrando la química verde mediante una indagación guiada y los conocimientos, habilidades y actitudes que ofrece la especialidad de química industrial con mención en laboratorio químico.

Etapa	Descripción	Sesiones*	Observaciones
1	Clases expositivas Durante su desarrollo profesional los alumnos deben poner en práctica las competencias adquiridas durante las diversas clases para el manejo integral del proyecto.	3 a 4	Competencias técnicas desarrolladas por los alumnos como por ejemplo: Toma de muestras sólidas y líquidas desde matrices ambientales, determinación analítica de contaminantes, separación de mezclas, preparación de soluciones, etc.
2	Actividades prácticas A partir de las clases expositivas, los alumnos deberán tomar todas las competencias necesarias que le permitan obtener el resultado esperado para cada proyecto, desde las diferentes temáticas abordadas durante su desarrollo técnico profesional.	10 a 12	Se integran las técnicas y habilidades que complementan a los conocimientos técnicos necesarios para el desarrollo del proyecto.
3	Inicio del proyecto Se presenta a los alumnos la problemática y se forman equipos de estudiantes de ambos niveles de la especialidad para abordar una misma problemática o pregunta inicial, desde el nivel básico (3ro medio) y el nivel avanzado (4to medio) para que en una segunda instancia debatan y propongan las posibles soluciones combinando sus conocimientos, habilidades y actitudes adquiridas hasta el momento.	1	Se establece un legado de los distintos proyectos con la finalidad de una mejora continua en el tiempo, año tras año, en cada uno de los proyectos presentados y se establecen los objetivos a alcanzar por cada nivel.
4	Optimización del proyecto. Desde lo obtenido en las primeras etapas los alumnos trabajan en base a optimizar parámetros que se establecieron en la etapa 3 para el trabajo desde la química industrial y el laboratorio químico.	10-12	Sesiones planificadas por los alumnos donde deben controlar e informar el avance del proyecto.

5	Exposición del proyecto Constan de dos instancias: la primera hacia los profesores donde se depuran aspectos relevantes en base a conocimientos técnicos y desarrollo del proyecto, y la segunda frente a público general donde son evaluados por agentes externos.	1	Jornada de exposición de los proyectos a visitantes y a la comunidad del Liceo.
6	Evaluación del proceso Se entregan los resultados del proceso a los alumnos tanto los que provienen desde los profesores como de los agentes externos y sus observaciones.	2	Se abre una discusión en torno a los resultados obtenidos

* Valores aproximados para diseñar y desarrollar el proyecto de acuerdo a las necesidades particulares de cada uno.

Estas etapas serán evaluadas con distintos instrumentos como se detalla a continuación:

Etapas	Instrumento evaluativo	Archivo Adjunto
3	Ficha de inscripción.	Anexo 1.- Ficha de Inscripción
4	Informe final.	Anexo 2.- Plantilla de informe técnico Anexo 3.- Rubrica Informe Técnico
5	Pauta de apreciación de los agentes externos. Autoevaluación y coevaluación.	Anexo 4.- Pauta de evaluación externa Anexo 5.- Pauta de autoevaluación y coevaluación

ARGUMENTACIÓN TEÓRICA

Descripción del nivel:

Establecimiento	Liceo Técnico Profesional Patricio Aylwin Azocar
Comuna	Ilustre Municipalidad de La Granja
Dependencia Administrativa	Departamento de Educación Municipal (DEM)
Cantidad de Estudiantes	405
Situación Socioeconómica	IVE Educación Básica (7° - 8°): 85,1%

	IVE Educación Media (1°- 4°): 94,1%
Estudiantes con N.E.E.	20 %

Nuestro trabajo propone la utilización de las prácticas de los módulos formativos del área Técnico Profesional, como el medio y contexto de implementación e integración de los principios de la química verde en forma integral. La implementación de este proyecto se hará en el contexto de la feria TP realizada cada año donde se expusieron 14 proyectos distintos y se trabajó con 59 alumnos de los niveles de 3° y 4° medio. Con la finalidad de presentar la forma de trabajo se expondrán solo dos de estos proyectos en el presente informe.

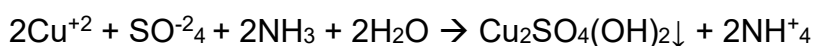
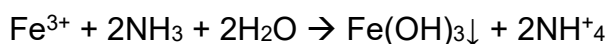
PROYECTO: TRATAMIENTO DE RESIDUOS.

El proyecto consistió en que los alumnos de la especialidad de Química Industrial trataran un residuo proveniente de la especialidad de electrónica.

Para la fabricación de circuitos electrónicos se utiliza como reactivo FeCl_3 , que reacciona con el cobre en su estado metálico en una reacción de óxido-reducción. Esto provoca una solución donde se encuentran estos dos metales y que por desgaste del reactivo este es desechado (el desgaste es medido en base al tiempo que el reactivo se demora en reaccionar con el cobre que no se encuentra protegido por la tinta del dibujo del circuito).

La idea del proyecto es poder recuperar el cobre en solución a través de electro gravimetría y poder devolver la función oxidante del reactivo para que no se deseche si no que se vuelva a utilizar.

La separación de ambos metales se hace a través de gravimetría de precipitación como se muestra a continuación:





Con esto se hace precipitar al Fe y el cobre queda en solución. A través de filtración logramos separar ambos metales. Lo que dará paso al análisis de concentraciones de ambos metales y la forma de tratarlos para su correcta reutilización.

Con respecto a la vinculación con la química verde se hizo a través de los siguientes principios:

PRINCIPIO N° 1: Prevención. Uno de los objetivos del proyecto es tomar un residuo y analizarlo para poder reutilizarlo y en este proceso no provocar más residuos ya que los reactivos utilizados irán en las concentraciones adecuadas para evitar desechos innecesarios.

PRINCIPIO N° 2: Economía atómica. Determinación analítica de las concentraciones asociadas al proyecto. Se trabaja en el análisis de las concentraciones en el residuo para la utilización en las proporciones adecuadas del agente precipitante (NH_3), además que este mismo agente vuelva a ser reutilizado una vez finalizado el proceso, así se mantienen en el proceso los reactivos utilizados.

PRINCIPIO N° 8: Reducción de etapas. Planificación de proyectos. Aunque en si no es el principio en su estado más puro, pero a los alumnos se les pide que planifiquen las etapas del proyecto y que vayan optimizando su tiempo en función de que puedan analizar y percibir cuál de estas pueden fusionarse con otras o pudieren ser innecesarias, para luego llevar este concepto al proceso químico y las sucesivas etapas que este posee.

PRINCIPIO N° 10: Análisis en tiempo real. Análisis de variables como concentración y su toxicidad. En el proyecto se trabaja con reactivos que pueden provocar intoxicaciones y un daño al medio ambiente si no se establecen parámetros de trabajo y se mantiene el control sobre ellos por ende es parte del

desarrollo del proyecto de los alumnos el analizar continuamente su trabajo para saber si están trabajando en los parámetros establecidos.

PRINCIPIO N°12: Síntesis químicas más seguras. Análisis de riesgo asociados al proyecto. Los alumnos parten con una análisis de los posibles riesgos asociados a su proyecto y como los pueden abordar proponiendo medidas de mitigación siempre haciendo hincapié en el autocuidado.

PROYECTO: PROYECTO BIORREMEDIACIÓN DE AGUAS Y SUELOS CONTAMINADOS CON METALES PESADOS. EXTRACCIÓN DE ESENCIA Y UTILIZACIÓN COMO MATERIA PRIMA.

El proyecto consistió en que los alumnos de la especialidad de Química Industrial trataran un suelo y agua contaminada con metales pesados. En esta oportunidad solo se nos hizo posible medir la concentración de cobre, puesto que la técnica de análisis montada en el laboratorio corresponde a la determinación por espectrofotometría a 590nm del complejo formado con ácido oxálico. Además, se le hace tratamiento agronómico a la planta, midiendo características fisiológicas como el largo y la coloración de las hojas, altura y ancho de la planta asociándolo a otros parámetros fisicoquímicos como el pH y la conductividad eléctrica.

La contaminación de suelos por metales pesados es una realidad de nuestro país, producto de la gran cantidad de actividades mineras existentes y como resultado del proceso productivo que termina en sitios contaminados por relaves y pasivos ambientales al momento de los cierres de estas faenas de extracción. La biorremediación de suelos es una técnica de recuperación de suelos contaminados y la fitoextracción es una forma viable de hacer realidad esta compleja tarea. Vetiver es una especie vegetal que está siendo estudiada por sus enormes capacidades de bioacumulador de estos contaminantes (Molina, 2006) y de muchos otros que pueden ser estudiados, sin embargo, nuestro objetivo es medir en tiempo real cómo este vegetal es capaz de desarrollarse en un suelo contaminado midiendo sus propiedades agronómicas

y las propiedades fisicoquímicas para cuantificar esta descontaminación del sustrato (Wensheng, 2006). De esta manera se hace necesario medir las variables de pH, conductividad eléctrica y concentración de cobre en la etapa inicial, intermedia y final del tratamiento, lo que nos permite concluir de manera cierta que las condiciones del sustrato fueron modificadas durante el tiempo que dure el tratamiento (Fonseca et al. 2006) y cuanto pudo deberse a las condiciones a las cuales fue sometido vetiver (*Vetiveria zizanioides*) y su planta control, en este caso, rayito de sol (*Lampranthus multiradiatus*), que debido a su similitud para vivir en terrenos poco amigables y con bastante carga de contaminantes y poca agua, se considera una especie que puede ser de un aporte significativo a la investigación.

Las técnicas utilizadas para la determinación de pH, conductividad eléctrica y cobre desde el suelo corresponden a las técnicas utilizadas en análisis de suelo propuesto por el instituto nacional de investigación agropecuaria (INIA) para el tratamiento de las muestras de suelo (Sadsawka R., 2006). Los procedimientos analíticos de determinación espectrofotométricos están adecuados de un trabajo realizado para determinar cobre mediante el método de formación de complejo coloreado con ácido oxálico en medio básico (Rumori, P and Cerdà V, 2003) y los análisis estadísticos correspondientes a las variables medidas y análisis de resultados fueron necesarios para dar sustento a los valores numéricos encontrados (Skoog et al, 2001) dando paso al análisis de distintas fuentes de errores (Miller, J, 2002).

Finalmente, la motivación principal surge de la preocupación por el medio ambiente y la manera en que logramos generar conciencia sobre su cuidado mediante la demostración científica de las múltiples formas que tenemos de remediar un suelo contaminado con técnicas de extracción, tratamiento químico, fisicoquímico, electroquímico, térmico, biológico, microbiológico, o bien, con técnicas de biorremediación y más específicas, de fitorremediación. Entonces, ¿Es capaz Vetiver de extraer los metales pesados (cobre) desde un suelo contaminado, y recuperarlo hasta llegar a niveles normales de concentración del metal en suelo? ¿Podemos hacer lo mismo en aguas contaminadas con metales

pesados, como el cobre? Si el cobre se adsorbe en la zona radicular y este no penetra a la raíz. Al extraer la esencia de vetiver, ¿Encontraremos la esencia contaminada con cobre? Todas estas preguntas de investigación han provocado que este proyecto siga avanzando y buscando optimizar los procedimientos que nos lleven a obtener los mejores resultados.

Con respecto a la vinculación con la química verde se hizo a través de los siguientes principios:

PRINCIPIO N° 1: Prevención. Capturar el contaminante antes de ser liberado al medio ambiente previniendo la contaminación de sectores o sustratos libres del contaminante en cuestión.

PRINCIPIO N° 5: Disolventes y auxiliares más seguros. Comprobar la eficiencia de extracción de la esencia de vetiver a partir de solventes mas inocuos. Lo que se quiere conseguir es hacer el cálculo del rendimiento de extracción a través de un solvente orgánico como el alcohol etílico y el agua para fundamentar la utilización de este ultimo en la obtención de la esencia de vetiver.

PRINCIPIO N° 7: Uso de materias primas renovables. Utilización de vegetal (Vetiveria Zizanioides) para la remediación de la contaminación y posterior uso del vegetal en diversas formas. Además, se propone la posibilidad de usar técnicas con energía de radiación solar para hacer mas sustentable el sistema.

PRINCIPIO N°9: Catálisis. Uso de biofertilizantes para acelerar el crecimiento de las plantas de Vetiver. No como un catalizador directamente, sino que es una manera un poco rebuscada de asociar este principio a lo que hacemos al acelerar la actuación de la planta en la descontaminación del sustrato en que se encuentre.

PRINCIPIO N°11: Análisis en tiempo real. Analizar concentración de contaminantes en tiempo inicial y posteriormente cada cierto tiempo para ver

disminución de niveles de contaminación.

PRINCIPIO N°12: Síntesis químicas más seguras. Utilización de elementos de protección personal (EPP) y protocolos de análisis adecuados a la utilización de materiales y reactivos.

En cuanto a la coherencia de la actividad didáctica y la temática abordada, esta es totalmente vinculante con los módulos de formación diferenciada técnico profesional, en primer lugar, en lo referente al perfil de egreso de la especialidad de Química Industrial, encontramos los objetivos de aprendizaje genéricos, como el “D” que expresan claramente la necesidad de formar a los estudiantes en trabajo en equipo, eficaz, cooperativo, para el buen cumplimiento de tareas habituales o emergentes, lo que constituye un eje fundamental en la actividad didáctica. Complementando lo anterior el objetivo “I” el que se expresa claramente en procura de la utilización eficiente de los materiales para los procesos productivos, y disponer cuidadosamente los desechos, con una perspectiva de eficiencia energética y cuidado ambiental, lo cual es claramente asociable a los principios utilizados en el presente trabajo.

INTEGRACIÓN DE LA QUÍMICA VERDE A LA FORMACIÓN DIFERENCIADA TECNICA PROFESIONAL

Así la oportunidad de trabajar en los proyectos da la instancia para que estos principios, que se trabajan en forma transversal en los módulos de la especialidad y no solo en forma puntal, se pongan en práctica pero no desde las indicaciones del docente si no desde los alumnos con lo cual el docente puede evaluar que si están integrados a la práctica profesional de ellos mismo. Es por aquello que no se incluyen los análisis del pre y post test, debido que el proyecto afianza esta metodología de trabajo e investigación y no presenta conceptos nuevos en ellos. Además que los distintos grupos trabajan en distintos principios por ende se toma la decisión de incluir este criterio en las pautas de apreciación y los test no incluyen los principios específicamente vistos.

ASPECTOS DIDÁCTICOS PEDAGÓGICOS

El plan formativo en el área técnica profesional permite la incorporación de diferentes didácticas para la implementación de los módulos, tanto en Química Industrial, como también en Electrónica. Entre estas didácticas se utiliza con regularidad la implementación de proyectos, desarrollados por los estudiantes con una indagación guiada por el docente de la especialidad.

Este tipo de estrategia de enseñanza se denomina “Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)”, como se describe a continuación:

El Siglo en curso demanda un nuevo modelo de aprendizaje, que promueva que los estudiantes sean constructores de conocimiento, y protagonistas de su proceso de aprendizaje. Estos son elementos centrales del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), metodología que los profesores TP utilizan para que nuestros estudiantes adquieran conocimientos académicos, así como desarrollen habilidades cognitivas y socio afectivas, trabajando en el desarrollo de un proyecto por un período de tiempo extendido, investigando y respondiendo a una pregunta compleja.



El Aprendizaje Basado en Proyectos tiene sus raíces en la Antigüedad Clásica. En este período de la historia, Confucio y Aristóteles fueron exponentes

de la filosofía de aprender haciendo. Siglos después este enfoque del aprendizaje fue tomado por el filósofo John Dewey, quien propuso una educación de carácter experiencial, que se expandió con fuerza en Estados Unidos en la segunda mitad del siglo XX, y que más tarde recibió el nombre de Project Based Learning (Boss, 2001).

La metodología de ABP consiste en el desarrollo de un proyecto de cierta envergadura, por parte de los estudiantes. A través de él, ellos buscan soluciones a problemas reales a través del planteamiento de nuevas preguntas, debatiendo ideas, recolectando y analizando datos, reflexionando sobre su proceso de aprendizaje, trazando conclusiones, comunicando sus ideas, creando productos y compartiendo sus aprendizajes con una audiencia real.

La metodología en si se basa en 8 pasos o etapas las cuales pueden enunciarse de la siguiente manera:

1. El profesor planifica un proyecto
2. El profesor puede activar la curiosidad del estudiante con un hito de partida.
3. El profesor presenta el tema (problema/desafío que el proyecto busca responder).
4. El profesor explica los requerimientos del proyecto
5. Estudiantes elijen el camino a seguir, determinando el producto a generar por el grupo
6. Estudiantes indagan sobre el tema de sus proyectos, para responder a la pregunta guía.
7. Mientras investigan y desarrollan sus productos, diferentes grupos de estudiantes revisan y retroalimentan entre sí su trabajo.
8. Estudiantes presentan su proyecto frente a una audiencia.

La inclinación por esta estrategia didáctica, se basa principalmente por el ensayo empírico que hemos desarrollado en nuestra práctica profesional, en ambas especialidades. Como beneficios del aprendizaje basado en proyectos, podemos mencionar que, los estudiantes que aprenden con la metodología de

ABP, aumentan la motivación y compromiso con su propio aprendizaje (Thomas, 2000; Walker & Leary, 2009). Además, la motivación de los estudiantes con el ABP se vincula con otra de sus características: que les ofrece a los estudiantes la oportunidad de resolver problemas reales.

La metodología del ABP permite que los estudiantes adquieran aprendizajes más profundos, que son retenidos por un mayor período de tiempo (Boaler, 1997; Penuel & Means, 2000; Stepien, Gallagher & Workman, 1993), y que se traducen en ganancias en el logro académico general de los estudiantes (ELOB 1997, 1999a, 1999b; Hixson, Ravitz, & Whisman, 2012). Los estudiantes además de aprender los conceptos centrales y aprendizajes esperados de su nivel, alineados al marco curricular, construyen una comprensión profunda del contenido, porque son ellos quienes necesitan adquirir y aplicar la información, conceptos y principios en diferentes contextos (Boaler, 1997). Esto se ve potenciado por el hecho de que los estudiantes requieren trazar planes, monitorear el progreso, y evaluar soluciones durante el desarrollo del proyecto. De esta forma, el ABP promueve el desarrollo de habilidades cognitivas complejas como la resolución de problemas (Gallagher et al. 1992; Finkelstein et al., 2010), y habilidades de pensamiento crítico (Mergendoller, Maxwell, & Bellisimo, 2005).

Por último, Los estudiantes, mediante el trabajo con proyectos, desarrollan habilidades socioemocionales, tales como la autoconfianza, autonomía y colaboración con sus pares (Thomas, 2000; ChanLin, 2008). La autoconfianza se desarrolla ya que en la sala de clases se genera un espacio donde los estudiantes son responsables del desarrollo de sus proyectos y su presentación frente a un público.

DEBILIDADES Y FORTALEZAS DE SU SECUENCIA DIDÁCTICA

Fortalezas

- El trabajo en proyecto está acorde a la forma de trabajar que posee la especialidad, por ende es de fácil comprensión para los alumnos.
- Brinda una especial oportunidad para la evaluación integral de los

alumnos tanto en su quehacer profesional como en la integración de la química verde.

Debilidades

- Poca intención de colaboración de la especialidad de electrónica a la hora del trabajo colaborativo.

- Es selectiva, en el sentido que ocupa recursos específicos y técnicos y por ende no puede ser replicada en cualquier establecimiento.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Anastas, P. & Williamson, T. (1996). Green Chemistry: An Overview. In *Green Chemistry: Design Chemistry for the Environment*. Washington, DC: ACS Symposium Series 626.
- Boaler, J. (1997). Experiencing school mathematics; teaching styles, sex, and settings. Buckingham, UK: Open University Press.
- Boss, S. (2001). Project-Based Learning: A short history. Edutopia. <https://www.edutopia.org/project-based-learning-history>
- ChanLin, L.J. (2008). Technology integration applied to project-based learning in science. *Innovations in Education and Teaching International*, 45, 55-65.
- Expeditionary Learning Outward Bound (1997). Expeditionary Learning Outward Bound: Evidence of Success. Cambridge, MA: Expeditionary Learning Outward Bound.
- Expeditionary Learning Outward Bound (1999a). A design for comprehensive school reform. Cambridge, MA: Expeditionary Learning Outward Bound.
- Expeditionary Learning Outward Bound (1999b). Early indicators from schools implementing New American Schools Designs. Cambridge, MA: Expeditionary Learning Outward Bound.
- Finkelstein, N., Hanson, T., Huang, C. W., Hirschman, B., & Huang, M. (2010). Effects of problem-based economics on high school economics

- instruction. Washington, DC: U.S. Department of Education, Institute of Education Sciences.
- Gallagher, S. A., Stepien, W. J., & Rosenthal, H. (1992). The effects of problem-based learning on problem solving. *Gifted Child Quarterly*, 36, 195-200.
 - González, P., Pérez, C. & Figueroa-Duarte, S. (2016). La enseñanza de la química desde la perspectiva de la química verde. *Revista Científica*, 24, 24-40.
 - Hixson, N. K., Ravitz, J., & Whisman, A. (2012). Extended professional development in project-based learning: Impacts on 21st century teaching and student achievement. 2013-10-24. https://bie.org/object/document/west_virginia_study_of_pbl_impacts
 - Mergendoller, J., Maxwell, N. & Bellisimo (2006) The effectiveness of Problembased instruction: A comparative study of instructional methods and student characteristics. *The Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 1 (2), pp. 49–69.
 - MINEDUC. (2014). Educación de calidad para todos y todas. Informe de gestión.
 - Penuel, W. R., & Means, B. (2000). Designing a performance assessment to measure students' communication skills in multimedia-supported, project-based learning. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, New Orleans.
 - Programas de estudio formación diferenciada técnico profesional. 3° y 4° año de Educación Media. Especialidades Química Industrial y Electrónica. Ministerio de Educación. Chile. (2015)
 - Stepien, W. J., Gallagher, S. A., & Workman, D. (1993). Problem-based learning for traditional and interdisciplinary classrooms. *Journal for the Education of the Gifted*, 16(4), 338-357.
 - Testimonio profesional de Enseña Chile, Instituto de Verano 2015.
 - Thomas, J. W. (2000). A review of research on project-based learning.
 - Walker, A. & Leary, H. (2009). A problem based learning meta analysis: Differences across problem types, implementation types, disciplines, and assessment levels. *Interdisciplinary Journal of problem-based learning*. 3

(1), 6.

- Manual de Seguridad de Laboratorio ACHS (2010).
- Miller, James; Miller, Jane. (2002). Estadística y quimiometría para Química Analítica. 4ta Edición. Madrid, España.
- Minh V. (2006). Study on the Absorption of a Number of Heavy Metals in the Soil by Vetiver Grass and Assessment of its Effectiveness in the Rehabilitation of Contaminated Lands.
- Roongtanakiat N. (2008). Vetiver Phytoremediation for Heavy Metal Decontamination.
- Rumori, P., Cerdà V. Analytica Chimica Acta 486 (2003) 227–235. Reversed flow injection and sandwich sequential injection methods for the spectrophotometric determination of copper(II) with cuprizone.
- Sadsawka R., A. 2006. Métodos de análisis de suelos. Serie de Actas INIA N°34, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago Chile. 130p.
- Skoog, D., Holler, F., Nieman, T. 2001. Principios de Análisis Instrumental. McGraw Hill Interamericana de España.
- Truong P. 2006. Sistema vetiver para prevención y tratamiento de aguas y tierras contaminadas.
- Truong P. (2006). Vetiver system for environmental protection and landscaping in Australia and around the world.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. (1996). Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report N° 42. Version 3.0. Washington DC, USA, 693p.
- Wensheng S., Hanping X. (2006). Integrated Vetiver Technique for Remediation of Heavy Metal Contamination: Potential and Practice.
- <http://www.vetiver.org>



Universitat Autònoma de Barcelona
Facultat d'Educació
Departament de Didàctica de la Matemàtica i
de les Ciències Experimentals
Programa de Doctorat en Educació