



Análisis De Secuencias Didácticas De Docentes En Ejercicio Para Una Propuesta De Reconstrucción Escolar De La Química Verde

Pía José González García, piajo@ug.uchile.cl, Mariona Espinet Blanch, Universitat Autònoma de Barcelona

Resumen

El diseño y evaluación de Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje (SEA) que incorporen la Química Verde (QV) en el marco de su reconstrucción escolar (Duit et al., 2012), es un desafío para este emergente campo de la química. La QV representa los esfuerzos para diseñar productos y procesos químicos que reduzcan o eliminen el uso o generación de sustancias peligrosas para el ser humano y el ambiente. Este estudio analizó el diseño de SEA de maestros en ejercicio participantes de un diplomado sobre QV. Los resultados señalan que los maestros agregaron elementos a las SEA, particularmente a las actividades incluidas en sus diseños, constituyendo una propuesta de materiales y actividades de enseñanza-aprendizaje para este campo de la química.

Palabras clave: Química Verde, Ciencia de la Sostenibilidad, Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje, Formación permanente

Objetivos o propósitos:

Analizar las Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje de maestros en ejercicio de enseñanza primaria y secundaria que incorporan la Química Verde, participantes de un proceso de desarrollo profesional sobre la temática.

Marco teórico:

La transición hacia la sostenibilidad de la ciencia escolar necesita de una profunda revisión de los contenidos científicos y de los procesos y ambientes de enseñanza-aprendizaje. De acuerdo con Cebrián y Junyent (2014), la educación tiene un rol fundamental a la hora de construir un futuro más sostenible a la vez que equitativo.

En este sentido Kajikawa et al. (2014), señalan que se espera que la mayoría de las disciplinas científicas contribuyan directa o indirectamente al logro de la sostenibilidad, pues las temáticas que aborda son complejas e incluyen aspectos ambientales, tecnológicos, sociales y económicos, integrando diversos conocimientos, habilidades y herramientas de cada disciplina.

La química no ha quedado al margen de esto y, en su caso, el foco se ha ubicado en torno a uno de sus objetos de estudio, es decir, la materia y sus transformaciones, modificando el desarrollo y la producción de conocimiento, ya que hoy, involucra a la sociedad, la economía, la política y la educación, en el desarrollo de innovaciones y tecnología.

Organizado por:





Para Marques y Machado (2014), todo este contexto impulsó la aparición de la QV hace 30 años, formando parte del desarrollo de estrategias que recogieron las demandas científicas sobre la producción de productos químicos.

El concepto de química verde (Zimmerman et al., 2020), ha impactado en la visión clásica que se tiene 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 & Warner, 1998).

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

Los 12 principios de la QV son los siguientes (Anastas & Warner, 1998): (1) Prevención de los residuos; (2) Economía atómica; (3) Métodos de Síntesis menos peligrosos; (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.

De acuerdo con Mascarell y Vilches, (2016), la QV se ha posicionado en el campo científico, pero no en el campo de la educación científica, a pesar de su posible contribución a la formación de una ciudadanía preparada para la toma de decisiones fundamentadas que faciliten la transición a la sostenibilidad.

Todos los antecedentes expuestos pavimentan el camino para reflexionar en torno a la QV y cómo una posible reconstrucción escolar (Duit et al., 2012) constituye un marco teórico con potencial para estudiar la pertinencia de enseñar áreas de contenidos específicos de las ciencias en la escuela. Entendiendo que este modelo contempla 3 fases: aclaración y análisis de contenido científico, investigación sobre la enseñanza y el aprendizaje y, el diseño y evaluación de entornos de enseñanza-aprendizaje.

Es así como nos planteamos analizar SEA's que incorporen la QV, diseñadas por maestros en ejercicio de enseñanza primaria y secundaria. Con ello esperamos aportar a lo que Mahaffy et al., (2019), plantean como la posibilidad de inspirar a reinventar la educación química para el siglo XXI, colaborando a una educación que aporte a la comprensión de los grandes desafíos globales, como los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.

Organizado por:





Metodología:

El estudio se realizó con 20 docentes en ejercicio de educación primaria y secundaria participantes del Diplomado “Enseñanza y Aprendizaje de la QV para la enseñanza de las Ciencias Naturales”, en la Universidad de Chile (6 meses de duración, durante el año 2017). Se revisaron cada uno de los 12 principios de la QV, a partir de 1 pregunta orientadora y una experiencia práctica (Tabla 1), entendiendo cada principio como un *islole de racionalidad* (Calafell Subirá & Bonil, 2007). Además, se realizaron talleres para reflexionar en torno a la inclusión de la QV en el currículum y se elaboraron e implementaron SEA asociadas a la QV.

Principio de la QV	Pregunta orientadora	Objetivo del experimento
1. Prevención	¿Por qué se promueve botar el aceite en un recipiente y no en la alcantarilla?	Verificar experimentalmente las relaciones existentes entre la temperatura y la concentración de las soluciones en relación con la contaminación de los océanos.
2. Economía Atómica	¿Podemos utilizar solo un indicador para analizar cuan verde es un proceso?	Comparar la formación de CO ₂ a partir de fruta y levadura y ácido acético y bicarbonato de sodio, en función del cálculo de economía atómica y el factor -E
3. Métodos de síntesis	¿Debes preocuparte del origen de algunas sustancias, como endulzantes?	Comparar diferentes indicadores ácido – base y su utilidad (repollo morado y cúrcuma). Evaluar, cualitativamente, la toxicidad de todos los productos obtenidos a partir de diferentes metodologías.
4. Diseño de productos más seguros	¿Es todo lo llamado “químico” tóxico para el ser humano y el ambiente?	Compara utilidad y toxicidad de un biopolímero con un polímero de uso común y sus implicancias ambientales
5. Disolventes y auxiliares más seguros	¿Se puede usar el agua para limpiar cualquier mancha en una tela?	Conocer y comprender las propiedades de los distintos tipos de solventes y solventes verdes para relacionar sus características con los tipos de interacciones intermoleculares y sus efectos en el ambiente
6. Diseño para la eficiencia energética	¿El horno microondas es un artefacto calefactor eficiente?	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
7. Uso de materias primas renovables	¿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.
8. 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?	Comprender los conceptos que están asociados a una ruta sintética (reactivos, productos, etapas, auxiliares, derivados, desechos). Comprender la importancia de evitar el uso y generación de derivados. Comparar rutas sintéticas y evaluarlas.

Organizado por:





9. Catálisis	¿Conoces catalizadores diferentes a los que usa un automóvil?	Evidenciar algunos parámetros que afectan la velocidad de una reacción a través de experiencias sencillas de laboratorio.
10. Diseño para la degradación	¿Qué ventajas y desventajas habría si se aplicase en tu ciudad la prohibición del uso de bolsas plásticas?	Comprender los fundamentos de la biodegradabilidad. Deducir qué materiales son biodegradables y cuáles no. Predecir qué materiales son biodegradables y cuáles no lo son.
11. Análisis en tiempo real	¿Eres consciente de realizar acciones que reduzcan los impactos negativos en el ambiente?	Distinguir y comprender las alteraciones en los ciclos biogeoquímicos. Conocer y entender los efectos en el medio ambiente, debido a los cambios en las propiedades de las soluciones.
12. Síntesis químicas más seguras	¿Cuál es el propósito de tener y respetar los protocolos o normas de seguridad ambiental?	Diseñar y analizar las medidas adecuadas para reducir o eliminar los riesgos determinados. Proponer protocolos de acción ante accidentes producidos en el trabajo experimental.

Tabla 1. Islotes de racionalidad para los 12 principios de la QV

La recogida de datos se llevó a cabo a partir de textos producidos por los maestros participantes del diplomado, a quienes se les solicitó desarrollar en grupo (se conformaron 6 grupos de 3 a 4 integrantes) un trabajo escrito que recogiera y evaluara toda la experiencia desarrollada durante el Diplomado y la implementación en el aula de la SEA desarrolladas por cada grupo de maestros.

El trabajo contempló los siguientes apartados: introducción, marco teórico, contexto educativo, secuencias didácticas (*lo que se analiza en esta investigación*), resultados de la implementación, reflexiones de la implementación realizada y conclusiones. Se seleccionaron los textos asociados a las secuencias didácticas, para analizar los principios de la química verde, trabajados por los maestros.

El análisis de los datos se orientó a través de un análisis de contenido cualitativo (ACC) (Krippendorff & Bock, 2009), a partir de las categorías propuestas por Stavrou et al. (2018), con el fin de examinar las SEA en cuanto a los principios de la QV presentes y las posibles adaptaciones a las actividades y contenidos que se trabajaron durante el diplomado.

Se analizaron, por medio del software ATLAS ti Versión 8 (2017), los textos generados por los 6 grupos de trabajo (3 de primaria y 3 de secundaria), es decir, 183 páginas en total, de las cuales 41 correspondieron a SEA, con un promedio de 4,1 actividades por cada SEA.

Discusión de los datos, evidencias, objetos o materiales:

Un primer nivel de análisis identifica la presencia de los principios de la química verde en todas las SEA presentes en los trabajos finales del Diplomado. La siguiente tabla detalla los nombres de los trabajos, el nivel de enseñanza en la que se implementaron las secuencias de aprendizajes y los principios vinculados a cada una de ellas (Tabla 2).

Organizado por:





Nombre del Trabajo final	Nivel de enseñanza	Principios de la QV utilizados
<i>El desecho de aceite doméstico, como materia prima: Al rescate de los océanos</i>	Primaria	(7) Uso de materias primas renovables y (10) Diseño para la degradación
<i>Energía y Eficiencia Energética (EE)</i>	Primaria	(1) Prevención de los residuos y (6) Eficacia energética
<i>Inclusión de la Química Verde en la Educación. Una mirada desde el currículum nacional</i>	Primaria	(1) Prevención de los residuos
<i>Química Orgánica y biodegradabilidad</i>	Secundaria	(10) Diseño para la degradación
<i>Propuesta didáctica vinculada a la química verde en la unidad de óxido-reducción</i>	Secundaria	(3) Métodos de síntesis menos peligrosos, (6) Eficacia energética y (10) Diseño para la degradación
<i>Vinculación Curricular de la QV con la asignatura de Química</i>	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/prevención de accidentes

Tabla 2. Nombre de los trabajos finales, niveles de enseñanza y principios de la QV vinculados.

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. El siguiente gráfico (Figura 1) muestra la frecuencia de cada uno de los principios de la QV que aparecen en las secuencias de aprendizaje diseñadas por los/as participantes del Diplomado.

Organizado por:





Presencia de los principios de la QV en las SEA

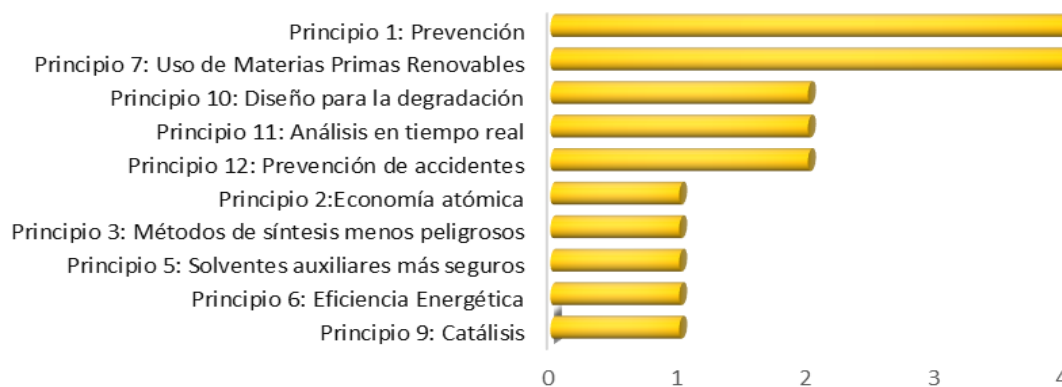


Figura 1. Principios de la QV presentes en las SEA

Con respecto al análisis realizado a partir de las categorías de Stavrou et al. (2018), es necesario mencionar que estas fueron modificadas con respecto a las originales, permitiendo que emergieran otras categorías en función del contexto de esta investigación (Ver Figura 2).

En análisis permitió retratar los elementos de las SEA que fueron transformados por los maestros en los diseños presentados y la frecuencia de estas transformaciones. 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, aunque algunas de ellas se basaron en las realizadas durante el diplomado, tienen diferentes sentidos a los presentados originalmente.

También es posible observar que todas las SEA utilizaron contenidos trabajados en el desarrollo del diplomado, pero que estos experimentaron transformaciones, pues fueron incluidos contenidos diferentes a los tratados durante el trabajo con cada principio.

Finalmente, los materiales o representaciones alternativas diseñadas para cada SEA, también representaron uno de los aspectos con mayor frecuencia y cada grupo aportó con una diversidad de materiales para cada actividad perteneciente a la SEA, desde materiales concretos hasta estrategias.

El aspecto que menos frecuencia tuvo fue el referido a las actividades planteadas durante el diplomado, es decir, éstas fueron base de muchas actividades presentadas, pero transformadas y adecuadas para cada nivel o contexto donde fueron implementadas.

Organizado por:





Figura 2. Aspectos predominantes en el diseño de las SEA

Resultados y/o conclusiones:

Los resultados de esta investigación, obtenidos del análisis de las secuencias didácticas, permiten establecer que es posible diseñar actividades para enseñanza primaria y secundaria que incluyan los principios de la química verde, lo que manifiesta la posibilidad de vinculaciones entre la química verde y sus principios y la química escolar.

La frecuencia de los principios utilizados en los diseños de las SEA, son una oportunidad para diseñar nuevas SEA que incorporen la QV, pero plantean la discusión con respecto a las razones por las que no utilizaron con la misma frecuencia todos los principios. Esto puede estar relacionado con la dificultad al diseñar actividades con principios de la QV sumamente específicos al desarrollo de productos químicos y más alejados, al menos en su redacción, de los contenidos curriculares, fundamentalmente de enseñanza primaria.

Con respecto a los aspectos predominantes en las SEA, es interesante que todas aporten con nuevas actividades y materiales/representaciones (o transformaciones de las presentadas originalmente). Esto puede colaborar en la innovación educativa, pero plantea la necesidad de un apoyo permanente que brinde retroalimentación a las nuevas SEA.

Finalmente, el hecho que las SEA sean fruto de diseños propios de los maestros, proyecta mayor apropiación de la temática, así como la posibilidad de recoger evidencia de lo que el propio modelo de reconstrucción plantea, es decir, el valor de conocer las limitaciones de una temática en entornos y condiciones reales de enseñanza.

Organizado por:





Contribuciones y significación científica de este trabajo:

Este trabajo es parte de una investigación más amplia, que espera presentar una propuesta de reconstrucción escolar -expos- para la QV, por lo tanto, la primera significancia a nivel didáctico es poder presentar SEA que den cuenta de entornos reales de aprendizaje, lo que también implica contemplar las dificultades y potencialidades de los estudiantes, por medio de la construcción y mejora de esta u otras SEA.

Desde una perspectiva más general el análisis de estas secuencias didácticas vinculadas con la QV responde a la demanda que la transición a la sostenibilidad plantea, a la vez que traza una ruta para la química verde, con respecto a su responsabilidad a nivel formativo sobre la situación ambiental a escala global, cuestión insoslayable por los procesos pedagógicos orientados a los ciudadanos y ciudadanas del siglo XXI.

Esta investigación ha sido financiada por ANID/Doctorado Becas Chile/2017 – 72180281 y el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (PGC2018-096581-B-C21) y llevada a cabo dentro del grupo de investigación ACELEC (2017SGR1399).

Bibliografía:

- 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., & Warner, J. (1998). *Green chemistry : theory and practice*. Oxford University
- Calafell Subirá, G., & Bonil, J. (2007). El diálogo disciplinar como herramienta para diseñar islotes de racionalidad. *Encuentros Multidisciplinares*, 9(25), 58–65. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2265576>
- 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>
- Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, K., Komorek, M., & Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – A Framework for Improving Teaching and Learning Science. *Science Education Research and Practice in Europe: Restorative and Prospective*, December, 13–38. https://doi.org/10.1007/978-94-6091-900-8_2
- Kajikawa, Y., Tanco, F., & Yamaguchi, K. (2014). Sustainability science: the changing landscape of sustainability research. *Sustainability Science*, 9(4), 431–438. <https://doi.org/10.1007/s11625-014-0244-x>
- Krippendorff, K., & Bock, M. A. (2009). *The content analysis reader*. Sage Publications.
- Mahaffy, P. G., Ho, F. M., Haak, J. A., & Brush, E. J. (2019). Can Chemistry Be a Central Science without Systems Thinking. In *Journal of Chemical Education* (Vol. 96, Issue 12, pp. 2679–2681). American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00991>
- Marques, C. A., & Machado, A. A. S. C. (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>
- Mascarell, L., & Vilches, A. (2016). Química para la Sostenibilidad en la formación del profesorado. *Desarrollo Curricular e Didáctica*, 8(1), 15–29. https://doi.org/10.5822/978-1-59726-228-6_3_WATER

Organizado por:





- Scientific Software Development GmbH. (2017). *ATLAS.ti (Versión 8) [Programa de ordenador]*. <https://atlasti.com>
- 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>
- 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/10.1126/science.aay3060>

Organizado por:

