



## EL ENFOQUE DE QUÍMICA VERDE EN LA INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES. SU ABORDAJE EN REVISTAS IBEROAMERICANAS: 2002-2018

Ricardo Andres Franco Moreno<sup>1</sup> y Leydi Yurani Ordoñez Carlosama<sup>2</sup>

### Resumen

En este artículo se comunican los resultados de una investigación documental orientada al análisis de la producción escrita en el área de la denominada química verde enfocada a la investigación en didáctica de las ciencias experimentales en el ámbito iberoamericano durante el periodo 2002-2018, con base en criterios cuantitativos, identificando proyectos, propuestas y tendencias generales para la vinculación de este enfoque en la educación química. Puede afirmarse que en los últimos 15 años la publicación de artículos sobre química verde en revistas especializadas en didáctica de las ciencias representa un aspecto de la innovación didáctica, producción que se incrementó durante los últimos 5 años, poniendo de presente que esta disciplina transversal de la química, hoy convoca el interés de la comunidad de especialistas en didáctica de la química.

### Palabras clave

Didáctica de la química, investigación documental, química verde, revistas especializadas

*The green chemistry approach in the didactic research of experimental sciences. His approach in Latin American journals: 2002-2018*

### Abstract

This article communicates the results of the documentary research oriented to the analysis of the written production in the area of green chemistry. It is focused on didactic of experimental sciences research in the Ibero-American context during the period 2002-2018, based on scientometric criteria, identifying projects, proposals and general trends for linking this focus on research in chemistry education. It can be said that in the last 15 years the publication of articles on green chemistry in specialized journals in Didactics of the sciences represents an aspect of educational innovation, its production increased during the last 5 years, putting in mind that this cross discipline of chemistry today announces the interest of the community of specialists in Didactics of chemistry.

### Keywords

didactics of chemistry, documentary research, green chemistry specialized magazines

<sup>1</sup> Universidad Pedagógica Nacional, Colombia.

<sup>2</sup> Universidad Pedagógica Nacional, Colombia.

## Introducción

La química verde es un área que ha venido incorporándose en el ámbito de la educación química, poco a poco se ha potenciado y es un hecho que trascenderá aún más en las décadas venideras, pues hace parte de la perspectiva de educación científica para la sustentabilidad ambiental hacia una sociedad más responsable con el cuidado y preservación de la vida en general y la supervivencia de la especie humana en particular (Reyes, 2012). En tal sentido, las perspectivas desde la educación para la sustentabilidad ambiental han tenido gran acogida en comunidades académicas latinoamericanas puesto que son los principales sectores en los cuales se vincula y se tiene en cuenta los procesos sociales propios que generan identidad nacional y regional, así como también las arraigadas prácticas culturales las cuales se busca favorecer en pro de la sustentabilidad desde la educación y con miras a una cultura científica más responsable con la sociedad y el ambiente (De Souza Santos, 2009).

Por ende, se pretende determinar las contribuciones sobre el enfoque de química verde en la investigación en educación química, a partir de un análisis documental de publicaciones en revistas del ámbito iberoamericano, durante el periodo 2002 – 2018, identificando así las producciones sobre el enfoque de química verde que circulan en revistas especializadas en didáctica de las ciencias experimentales del ámbito iberoamericano, a partir del análisis de los contenidos de las publicaciones sobre química verde halladas en las revistas, en cuanto a: temáticas, metodologías, proyectos de innovación y demás aspectos de interés.

## Marco de referencia

### *Química verde*

El enfoque de la química verde como bien se conoce, ha surgido a partir de las postulaciones hechas por Anastas y Warner (1998), entre otros científicos, las cuales son orientadas al uso de un conjunto de principios que apuntan a la reducción o eliminación del impacto ambiental de sustancias peligrosas usadas en la manufactura, en la industria y aplicación de productos químicos. Estos autores postularon los 12 principios de la química verde, los cuales presentan opciones que se pueden implementar a nivel macro y micro, cuando se lleve a cabo un proceso que implique el uso o generación de residuos peligrosos, principios estos que de acuerdo con Pájaro y Olivero (2011) son:

1. Prevención
2. Economía atómica
3. Síntesis química menos peligrosa
4. Diseñar productos químicos más seguros
5. Solventes y sustancias más seguras
6. Eficiencia energética
7. Uso de materias primas renovables
8. Reducir derivados

9. Catálisis
10. Productos fácilmente degradables
11. Análisis en tiempo real para la prevención de la contaminación
12. Prevenir accidentes

A partir de los principios anteriormente mencionados es que la química verde ha venido posicionándose y vinculándose con diferentes campos del conocimiento, puesto que este enfoque se ocupa de aportar en mitigar las diferentes acciones del ser humano especialmente a nivel industrial, lo cual es una realidad en una sociedad que cada vez más complejiza sus conocimientos e innovaciones en ciencia y tecnología y en donde las prácticas de industrialización y de usos sociales del conocimiento químico, ligados al consumismo excesivo, son algunas de las causas principales de los impactos graves que se generan a diario sobre el ambiente.

### *Química verde y sustentabilidad ambiental*

La química verde en vinculación con la sustentabilidad, es un campo que se ha venido abordando en los últimos años y ha convocado la atención de amplios sectores de la comunidad científica. Esta perspectiva surgió a partir de diversas cumbres y reuniones realizadas en diferentes partes del mundo desde finales de la década de 1960, inicialmente por la preocupación que se estaba dando frente a los vertiginosos conflictos sociales e impactos ambientales que se estaban presentando en la época. En dicho contexto deviene el concepto de *desarrollo sostenible* y su distinción teórica en relación con el de *sustentabilidad* ha sido afianzada por Reyes, (2012), quien postula que la química ha de aportar en la construcción de una ciencia con mayor responsabilidad social, atribuyéndole al enfoque de química verde un papel protagónico en procura de la sostenibilidad ambiental.

De acuerdo a estas aproximaciones conceptuales, a partir de una reconstrucción histórica se evidencian diversos significados de sustentabilidad y sostenibilidad. Sin embargo, en el ámbito de la educación en ciencias se ha venido desarrollando más el concepto de sustentabilidad pues esta aborda el bienestar en común de todas las formas de vida en el planeta. Debido a que en la educación se encuentran los diferentes actores que han de conformar las comunidades científicas y académicas, para así continuar conservando y desarrollando el legado que se ha de dejar a las futuras generaciones, desde la educación para la sustentabilidad ambiental han de construirse nuevas alternativas que potencien la conservación del ambiente y generen cambios positivos en la sociedad.

En dicho marco, las diferentes preocupaciones frente a las acciones químicas sobre el ambiente son fundamentales en el contexto social, puesto que, a partir del vínculo y la interrelación del ser humano con el ambiente, se permite que estos últimos se asuman como actores responsables de las diferentes dinámicas y procesos que ocurren en la sociedad actual, en donde la sustentabilidad ambiental aportará al logro de un bienestar común en el contexto de las ecociudadanías.

### *Química verde en la investigación en didáctica de las ciencias experimentales*

Se asume aquí que la didáctica de las ciencias experimentales en general, y de la química en particular, es una disciplina que ha adquirido un estatuto de científicidad, consolidado

este por criterios de orden conceptual y metodológico (Franco, Gallego y Pérez, 2015). Así, a nivel educativo se ha venido implementando el enfoque de química verde en diversos cursos, estudios de postgrado, vínculos educativos en secundaria y pregrado, lo que hace evidente cómo este enfoque ha ido abarcando algunos espacios desde los cuales los cambios y significaciones son realmente importantes ya que se pretende que los estudiantes adquieran los conocimientos básicos de los principios de la química verde y que a su vez propongan ideas que fortalezcan este cambio en el marco de un proceso de desarrollo constructivo y colectivo (Mascarell & Vilches, 2016).

De igual manera, con la incorporación del enfoque se busca que los estudiantes como actores principales e inmersos en campos de las ciencias experimentales logren proponer soluciones o estrategias desde los espacios en los que se encuentren, para la solución de las problemáticas que actualmente se presentan en los diferentes contextos (Franco, Ordoñez & Rozo, 2016). Desde dichos aportes en la educación, específicamente en ciencias experimentales se logran vínculos hacia una investigación amplia en los contextos reales de la sustentabilidad y la química verde, que son propios del entorno en que se encuentran los estudiantes, pues estas aproximaciones permiten una apropiación tanto de las problemáticas como de la investigación en pro de mitigar dichos impactos y se beneficie la comunidad en particular.

Otra perspectiva en la enseñanza de la química verde se da desde lo que Machado (2011), denomina la génesis de la calidad de vida, la cual vincula los procesos históricos que llevó el surgimiento de la química verde para mejorar la calidad de vida y los cambios ambientales y sociales ocurridos con el transcurrir del tiempo en la era de la industrialización. En tal sentido, los procesos de enseñanza de la química verde han de visualizarse desde el ámbito interdisciplinar en conjunto con el pensamiento sistémico y crítico, logrando así la comprensión de los sistemas que involucra la química, así como el análisis y la explicación de fenómenos químicos que se evidencian continuamente.

Habida cuenta de estas realidades y retos, para el desarrollo de esta investigación documental nos preguntamos: *¿Cuáles son las contribuciones que el enfoque de química verde ofrece a la investigación en didáctica de las ciencias experimentales, a partir del criterio de las publicaciones en revistas especializadas en el área, del ámbito iberoamericano en el periodo 2002 - 2018?*

## Metodología

Teniendo como punto de partida el análisis de propuestas de enseñanza de la química verde aportado por Marques y Machado (2018), en el que uno de sus criterios es el de las publicaciones en revistas científicas como *Journal of Chemical Education*, *Green Chemistry* y *Educación Química*, en donde se documentan contribuciones en el área, se consideró necesario para el presente análisis ampliar la cobertura a otras publicaciones reconocidas por la comunidad de investigación en didáctica de las ciencias experimentales para dar cuenta de los aportes de autores iberoamericanos. De hecho, una revisión de los países de procedencia de autores de los artículos publicados en las dos primeras revistas, muestra una predominancia de científicos de Norteamérica, Europa, Asia, entre otras procedencias, frente a una reducida presencia de publicaciones cuyos autores son de países iberoamericanos, como la de Verdía, Santamarta y Tojo (2017), provenientes de España.

En esta dirección, con base en un análisis bibliométrico previo de publicaciones científicas sobre los Trabajos Prácticos de Laboratorio – TPL en la enseñanza de las ciencias, que permitió un acercamiento bastante amplio a las revistas aquí seleccionadas, se retomó la perspectiva metodológica de la investigación documental con enfoque cuantitativo (Franco, Gallego y Pérez, 2009; Franco, Velasco y Riveros, 2017). Teniendo en cuenta criterios como la indexación en bases de datos de reconocido prestigio nacional e internacional, el cuartil y el factor de impacto de las publicaciones científicas, además de la publicación periódica de investigaciones en la didáctica específica de la química, se seleccionaron las siguientes revistas especializadas en didáctica de las ciencias experimentales en general y de la química en particular.

Nombre de la revista	País	ISSN	Link del sitio web
Alambique	España	2014-4733	<a href="http://alambique.grao.com/">http://alambique.grao.com/</a>
Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias – REEC	España	1579- 1513	<a href="http://reec.uvigo.es/">http://reec.uvigo.es/</a>
Enseñanza de las Ciencias – REC	España	2174-6486	<a href="http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/index">http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/index</a>
Educación Química- REQ	México	0187-893X	<a href="http://www.educacionquimica.info/">http://www.educacionquimica.info/</a>
Química Nova Na Escola - QNE	Brasil	2175-2699	<a href="http://www.qnesc.sbg.org.br/edicao.php">http://www.qnesc.sbg.org.br/edicao.php</a>
Tecné, Episteme y Didaxis – TED	Colombia	0121- 3814	<a href="http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED">http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED</a>

Tabla 1. Revistas Iberoamericanas en Educación en Ciencias.

Anótese que las revistas *Ciência & Educação de Brasil*, y *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias* de España hicieron parte de la selección inicial, sin embargo, en estas revistas no se encontraron contribuciones relacionadas con el enfoque de Química Verde.

En estas revistas se indagaron los artículos relacionados con las temáticas a tratar, definiendo como parámetro de filtro el título y las palabras clave específicamente: química verde, química sostenible, química sustentable y química ambiental.

Para la clasificación de los artículos encontrados se determinaron dos criterios. El primero: **tipo de contribución** (artículos de revisión y/o reflexión - Rev/Ref e investigación -Inv) y el segundo: **tendencias temáticas** (Diseños experimentales y aplicación de prototipos en Química Verde - DEXP; Química Verde, Ambiente y Sociedad - QVSA y Química Verde en la educación científica - QVEC).

## Resultados y discusión

A partir de dicha clasificación se realizó el análisis documental interpretativo. En la siguiente tabla se presenta la información:

Revista	Código - Título - Año Volumen - Número	Autores	Palabras Clave	Tipo de contribución		Tendencias Temáticas			Aporte didáctico y pedagógico
				Rev/Ref	Inv	DEXP XP	QV SA	QV EC	
Alambique	01- Química verde y microescala: por un futuro mejor. 2006 - NP - 47	Pilar Montagut, Elisabeth Nieto Calleja, Carmen Sansón Ortega	*Principios de química verde, Química verde sostenible, Experimentos verdes	X			X		Técnica de innovación experimental denominada “microescala” que se realiza en el contexto educativo y que permite el desarrollo de la investigación y nuevas técnicas verdes.
	02- La síntesis de la aspirina, según la Química Verde 2017 - NP - 90	Mariette M. Pereira, Marta Pineiro, Lucas Danilo Dias, Maria de Fátima Paixao	*Principios de química verde, Metodologías sostenibles, síntesis de fármacos		X	X			Promueve la enseñanza de las reacciones químicas para la comprender los niveles micro y macro en las reacciones mediante la cotidianidad; usando metodologías convencionales y basados en los principios de la química verde.
Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias	01- Estilos de pensamiento de profesores italianos sobre a Química Verde na educação química escolar 2012-11-2	Carlos Alberto Marques	Estilo de pensamiento, Química Verde, ensino de química		X			X	Enseñanza de la química y práctica pedagógica, tomando en cuenta los estilos de pensamiento y las cuestiones ambientales.
	02- Una visión sobre propuestas de enseñanza de la Química Verde 2018-17-1	Carlos Alberto Marques y Adélio Machado	Química Verde, enseñanza de la química, publicaciones educativas	X				X	Informe sobre experiencias didácticas por medio de producciones científicas que visibilizan estrategias de enseñanza y de innovación curricular.

Tabla 2. Relación y clasificación de artículos seleccionados en revistas especializadas.

\*Estas palabras clave se dedujeron de acuerdo con el contenido del artículo

Revista Enseñanza de las Ciencias	01- Formación docente en química y ambientación curricular: estudio de caso en una institución de enseñanza superior brasileña 2012-31-1	Vânia Gomes Zuin y Jesuína Lopes de Almeida Pacca	Ambientación curricular, formación inicial de profesores de Química, Química verde, CTSA en la formación de profesores.		X		X	Inclusión de contenidos enfocados en el medio ambiente en los currículos para la formación del profesorado vinculando cuestiones ambientales y cotidianidad.
	02- Química Verde y Sostenibilidad en la educación en ciencias en secundaria 2016-34-2	Laura Mascarell, Amparo Vilches Peña	Química verde; sostenibilidad; educación científica; ciencia de la sostenibilidad; interacciones CTSA		X		X	Incorporación de la formación ciudadana en la educación científica teniendo en cuenta las actitudes de los estudiantes ante los dilemas socioambientales
Educación Química	01- Enseñanza experimental en el bachillerato en el contexto de la Química Verde 2003-14-3	Montagut Bosque, P; Nieto Calleja, E.; Navarro León, F; González Muradás, R.; Carrillo Chávez, M. y Sansón Ortega	*Trabajo experimental, química verde, microescala, enfoque CTSA		X	X		Vinculación de las relaciones CTSA en metodologías experimentales específicamente la técnica a microescala para la comprensión de la ciencia.
	02- El color verde predomina en el futuro de la Química 2005-16-Extra	Juan Méndez Vivar	Didáctica, Educación superior, Química farmacéutica, Ecología, Ambiente, Procesos químicos, Conservación, Industria Farmacéutica		X	X		Enseñanza de la química enfocada en alternativas experimentales que minimicen impactos negativos derivados de procesos industriales que contaminan el ambiente.

Tabla 2. Relación y clasificación de artículos seleccionados en revistas especializadas.

\*Estas palabras clave se dedujeron de acuerdo con el contenido del artículo

Educación Química	03- Sostenibilidad y laboratorios escolares 2007-18-4	Jaime Carrascosa, M <sup>a</sup> Teresa Climent, M <sup>a</sup> Consuelo Domínguez, Lorena Payá	Sostenibilidad, Microescala, Laboratorios Escolares	X				X	Educación para la sostenibilidad integrando el aprendizaje experimental de la técnica a microescala para lograr una formación ciudadana por medio de casos de la cotidianidad.
	04- Síntesis fotoquímica mediante luz solar 2009-20-4	José Gustavo Ávila-Zárraga	Química verde, luz solar, fototransformaciones, foto-cicloadiciones, foto-oxidaciones, foto-reducciones		X	X			Prácticas experimentales de diversos procesos que incluyen técnicas sustentables a ser aplicadas en trabajos prácticos de laboratorio.
	05- Química Ambiental e Química Verde no conjunto do conhecimento químico: concepções de alunos de graduação em Química da Universidade de São Paulo 2009-20-4	Flavio A. Maximiano, Paola Corio, Paulo Alves Porto y Carmen Fernández	Química ambiental, química verde, currículo, mapas conceptuales		X			X	Concepciones estudiantiles sobre la química ambiental y química verde integrando la reflexión en los contenidos curriculares y en áreas transversales.
	06- Química verde y reducción de riesgos 2009-20-4	Andoni Garritz Ruiz	Riesgo, vulnerabilidad, resiliencia, educación, granja verde, edificios verdes		X			X	Educación sobre el riesgo, articulando dimensiones afectiva y cognitiva, así como las implicaciones en los currículos.
	07- Los estudios de posgrado en química sostenible en España 2009-20-4	Antonio de la Hoz Ayuso	Enseñanza de la química verde, grado Máster Interuniversitario, requisitos		X			X	Iniciativas y contenidos para la creación de nuevos currículos y programas de posgrado que promueven la continuidad de la enseñanza de la química verde.

Tabla 2. Relación y clasificación de artículos seleccionados en revistas especializadas.



Educación Química	08- Química verde: un nuevo enfoque para el cuidado del medio ambiente 2009-20-4	Ma. del Carmen Doria Serrano	Verde, química, principios, economía del átomo, ecotoxicología, sistemas bifásicos, líquidos iónicos	X			X	Propuestas encaminadas a los procesos experimentales, que aportan al significado de la química en las escuelas.
	09- Irradiación infrarroja: una alternativa para la activación de reacciones y su contribución a la química verde 2009-20-4	René Miranda, Olivia Noguez, Benjamín Velasco, Gabriel Arroyo, Guillermo Penieres, Joel Omar Martínez y Francisco Delgado	Química verde, irradiación infrarroja, reacciones multicomponente, catálisis, polvos de arcilla		X	X		Enseñanza de las reacciones químicas por medio del trabajo en el laboratorio, promoviendo una educación científica e investigativa.
	10- Síntesis de un benzofurano Paladio-catalizado: un estudio de caso en el desarrollo de un experimento de laboratorio de química verde 2009-20-4	Gary L. Succaw and Kenneth M. Doxsee	Química verde, catálisis, productos naturales, laboratorio de enseñanza		X	X		Enseñanza de contenidos y procedimientos químicos por medio de prácticas experimentales.
	11- Implementación de algunas de las técnicas de la Química Verde (o Química Sustentable) en docencia 2009-20-4	Fernando León Cedeño	Técnicas de enseñanza experimentales, química verde		X		X	Aplicación de las reacciones químicas para reducir contaminantes desde experiencias de aula usando técnicas innovadoras de uso de los principios de la química verde.
	12- Obtención de alquenos aplicando los principios de la química verde 2010-21-2	J. Gustavo Ávila Zárraga, Susana Cano e Irma Gavilán García	Química verde, la deshidratación de alcoholes, alquenos, amígdala, catalizador		X	X		Enseñanza de los compuestos orgánicos por procesos experimentales que fortalecen la enseñanza-aprendizaje de la química verde.

Tabla 2. Relación y clasificación de artículos seleccionados en revistas especializadas.

Educación Química	13- Papel de la Química y su enseñanza en la construcción de un futuro sostenible 2011-22-2	Amparo Vilches y Daniel Gil Pérez	Educación química y sostenibilidad, química verde, actitudes de los estudiantes hacia la química, relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente	X			X	Educación sostenible, en vínculo con la formación ciudadana y la transformación de concepciones por medio del uso de la química verde.
	14- ¿Qué tan verde es un experimento? 2011-22-3	Marina L. Morales Galicia, Joel O. Martínez, Laura Bertha Reyes Sánchez, Osneski Martín Hernández, Gabriel A. Arroyo Razo, Adolfo Obaya Valdivia y René Miranda Ruvalcaba	Educación, enfoque ecológico, criterios, evaluación	X		X		Investigación, análisis y reflexión desde la vida cotidiana, que permitan formar ciudadanos a puertas de las problemáticas propias de su entorno enfocadas en la experimentación verde.
	15- Síntesis microquímica y microelectroquímica de acetato de cobre(II) a partir de vinagre: Un ejemplo de química verde 2012-23-Extra	Rosa Elena Arroyo-Carmona, Sylvain Bernès, Enrique González-Vergara, Miguel Ángel Méndez-Rojas, Aarón Pérez-Benítez*	Acetato de cobre (II), CuO, Cu (OH) 2, vinagre, microelectrosíntesis, moneda de cobre, ánodos de sacrificio, química verde		X	X		Formulación de alternativas que permiten el desarrollo de habilidades prácticas para la comprensión de la química por medio de experimentos sencillos.
	16- Aporte de la química verde a la construcción de una ciencia socialmente responsable 2012-23-2	Laura Bertha Reyes-Sánchez	Ciencia, responsabilidad social, sostenibilidad, educación, química verde	X			X	Fomento de una práctica científica cotidiana de acuerdo a las alternativas encaminadas a la formación ciudadana.

Tabla 2. Relación y clasificación de artículos seleccionados en revistas especializadas.

Educación Química	17- Ciencia de la sostenibilidad: Un nuevo campo de conocimientos al que la química y la educación química están contribuyendo 2013-24-2	Amparo Vilches y Daniel Gil Pérez	Ciencia de la sostenibilidad, educación para la sostenibilidad, química verde, revolución científica		X		X	Construcción de la ciencia para la sostenibilidad orientada a las problemáticas socioambientales en el marco de la química verde.
	18- Chemistry Education for Sustainability: Assessing the chemistry curricula at Cardiff University 2013-24-2	Rodrigo Lozano, Mary Katherine Watson	Sostenibilidad en la educación superior, evaluación curricular, herramienta STAUNCH*, Universidad de Cardiff, educación química		X		X	Evaluación curricular y de planes de estudio que promuevan la enseñanza-aprendizaje; e incluyendo la educación para la sostenibilidad.
	19- Aspectos do conhecimento pedagógico do conteúdo de química verde em professores universitários de química 2013-24-Extra	Luciane Fernandes de Goes, Sérgio Henrique Leal, Paola Corio, Carmen Fernandez	Química verde, conocimiento de contenido pedagógico, desarrollo sostenible, educación química universitaria, profesores de la Universidad		X		X	Análisis del conocimiento pedagógico del contenido a partir de estrategias de enseñanza y conocimiento curricular.
	20- Química Sostenible: Naturaleza, fines y ámbito 2013-24-Extra	Ramon Mestres	Química verde, química sostenible, catálisis, Biocatálisis, solventes, activación selectiva	X			X	Desarrollo de estrategias de enseñanza de la química mediante reverdecimiento de técnicas experimentales; es decir que vayan encaminadas a los principios de la química verde.
	21- Educación cooperativa en Química Verde: la experiencia española 2013-24-Extra	Belén Altava, M. Isabel Burguete y Santiago V. Luis	Química verde, química sostenible, Interuniversitario maestría, programa de doctorado Interuniversitario		X		X	Incorporación de contenidos curriculares avanzados en áreas emergentes para una formación permanente y cooperativa en la química verde
	22- Química verde: Un tema de presente y futuro para la educación de la química 2013-24-Extra	María del Carmen Doria Serrano y René Miranda Ruvalcaba	Sostenibilidad, química verde, química educación	X			X	Educación sostenible con miras a una aplicación interdisciplinaria de la química verde en otras áreas.

Tabla 2. Relación y clasificación de artículos seleccionados en revistas especializadas.

\*Estas palabras clave se dedujeron de acuerdo con el contenido del artículo

Educación Química	23- Green Chemistry for Postgraduates 2013-24-Extra	Louise Summerton, Andrew J. Hunt and James H. Clark	Química Verde, graduado, multidisciplinario, carrera, habilidades transferibles, cursos		X			X	Vinculo de áreas transversales en la química verde que permitan el desarrollo de habilidades aplicadas en los currículos.
	24- Reacciones asimétricas organocatalizadas en ausencia de disolvente: una estrategia para hacer más “verde” la organocatálisis 2013-24-Extra	José G. Hernández y Eusebio Juaristi	Organocatálisis asimétrica, química verde, reacciones sin disolventes, molienda de bolas		X	X			Metodologías alternas experimentales desde las que se fortalecen los trabajos prácticos de laboratorio enfocados en técnicas verdes.
	25- Una fundamentación para la incorporación de la química verde en los currículos de química orgánica. 2014-25-1	Daniela Soledad Mansilla, Gisela Celeste Muscia y Esteban Ariel Ugliarolo	Universidad, química verde, ser de la Universidad, trabajo de laboratorio, oxidación de ciclohexanol		X			X	Enseñanza de la química por medio del cambio e integración en los currículos, para el aprendizaje de conceptos y la formación de ciudadanos.
	26- Una reacción multicomponente verde en el laboratorio de química orgánica 2016-27-1	Mariana Ingold, Rosina Dapuetto, Gloria V. Lopeza, y Williams Porcal	Química verde; Agua; Passerini; Reacción multicomponente		X	X			Aplicación de metodologías novedosas en química verde a nivel experimental como aporte fundamental al proceso investigativo.
	27- El diagrama de flujo como semáforo de seguridad ecológica de los experimentos de laboratorio 2016-27-1	Yolanda Marina Vargas Rodríguez; Adolfo Obaya Valdiviaa, Suemi Lima Vargas; Anabel Hernández Escamillaa; René Miranda Ruvalcabaa y Guadalupe Iveth Vargas Rodríguez	Diagrama de flujo; Química verde; Experimentos de laboratorio		X			X	Implementación de una herramienta didáctica que permite el aprendizaje de la química por medio de experimentos verdes prácticos y novedosos.

Tabla 2. Relación y clasificación de artículos seleccionados en revistas especializadas.

Educación Química	28- La dimensión ambiental de la experimentación en la enseñanza de la química: consideraciones sobre el uso de la métrica holística «estrella verde» 2017-28-2	Fábio Peres Gonc, alves, Santiago Francisco Yunes, Renata Isabelle Guaitaa, Carlos Alberto Marques, Tânia C.M. Pires, J. Ricardo M. Pintoc y Adélio A.S.C. Machado	Experimentación; Métrica holística; Estrella verde; Enseñanza de la química		X		X	Estudio de los contenidos en libros de texto y evaluación ambiental en los planes de estudio.
Tecné, Epísteme y Didaxis	01- Conhecimento didático do conteúdo sobre a química verde: O caso dos professores universitários de química 2015-NP-38	Diana Lineth Parga Lozano*	Conhecimento Didático do Conteúdo (cdc), Química verde, Química sustentável, Ambientalização curricular, Saberes dos professores.		X		X	Ambientalización de los currículos teniendo en cuenta el conocimiento didáctico del contenido para motivar la investigación.
	02- Aproximación a la química verde escolar, a través de los protocolos verdes 2016-NP-Extra	Cortés Rodríguez Adriana Janneth ; Reyes Roncancio Jaime Duvan & Bustos Velazco Edier Hernán	Química Verde, protocolo verde, enseñanza, laboratorio, Química Verde Escolar.		X		X	Uso de protocolos verdes que motiven el aprendizaje desde la experimentación y el desarrollo de habilidades de análisis y reflexión.
Química Nova Na Escola	01- O Conhecimento Químico e a Questão Ambiental na Formação Docente 2008-29-3	Adriana Lopes Leal e Carlos Alberto Marques	Química Verde, conocimiento químico, cuestiones ambientales, formación docente		X		X	Diseño de programas curriculares ambientales que aportan a la formación científica y saberes específicos.
	02- As Representações Sociais de Química Ambiental dos Alunos Iniciantes na Graduação em Química 2009-31-1	Lailton Passos Cortes Junior, Paola Corio y Carmen Fernandez	Química ambiental, representaciones sociales, mapas cognitivos		X		X	Conocimientos y saberes científicos con formación ambiental para lograr una relación ser humano naturaleza.

Tabla 2. Relación y clasificación de artículos seleccionados en revistas especializadas.

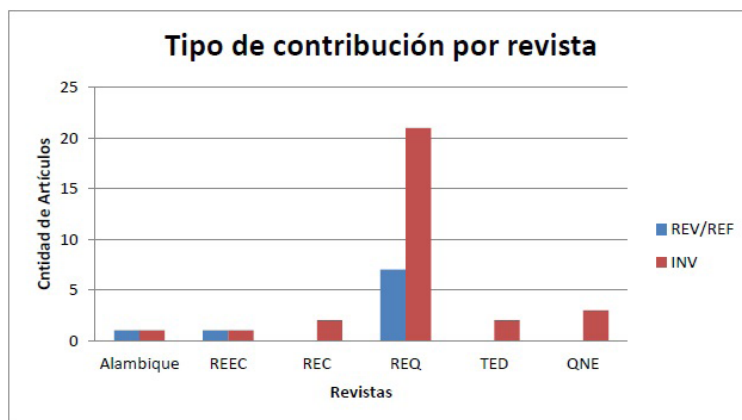
Química Nova Na Escola	03- A Revolução Verde da Mamona 2010-32-1	José Marcelo Cangemi, Antonia Marli dos Santos e Salvador Claro Neto	Mamona, biodiesel, poliuretano		X			X	Abordaje de contextos propios de la química, encaminados a la enseñanza de la investigación científica
Total de artículos	39	Total según clasificación de las contribuciones		9	30	11	9	19	

Tabla 2. Relación y clasificación de artículos seleccionados en revistas especializadas.

La información presentada en la tabla anterior se muestra de manera gráfica como sigue:



Gráfica 1. Contribuciones por cada revista.

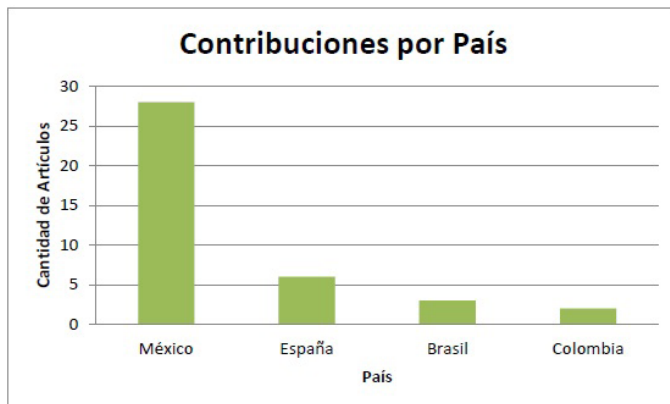


Gráfica 2. Tipo de contribución por revista.

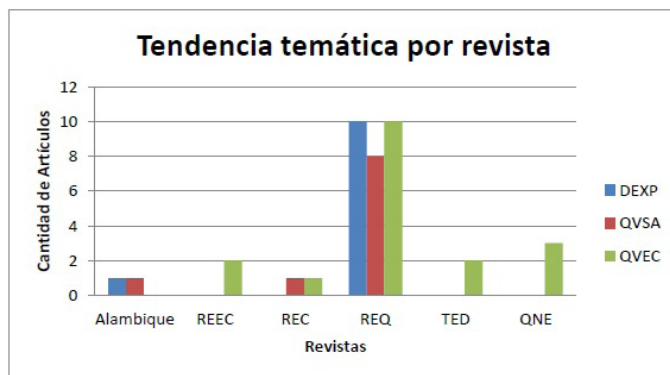
De acuerdo con el país de procedencia declarado por los autores en las contribuciones, se construyó la siguiente tabla y su respectiva gráfica:

Cant. de Artículos	Cant. de autores	Países de procedencia de los autores de las contribuciones									
		AR	BR	CO	CU	ES	USA	UK	MX	PO	UR
39	112	3	24	4	1	15	4	3	46	8	4

Tabla 3. Contribuciones según país de procedencia de autores. Argentina-AR, Brasil-BR, Colombia-CO, Cuba-CU, España-ES, Estados Unidos-USA, Inglaterra-UK, México- MX, Portugal-PO, Uruguay-UR.



Gráfica 3. Contribuciones de artículos por país.



Gráfica 4. Tendencia temática por revista.

Para realizar la discusión de los resultados, se parte tanto del tipo de contribución como de las tendencias temáticas definidas, realizando el respectivo análisis de contenido de los artículos.

## Tipo de contribución

Como se aprecia en la tabla 2, de los 39 artículos que versan sobre el enfoque de química verde, hallados en las seis revistas estudiadas, 9 corresponden a *revisiones y/o reflexiones*, y en 30 se reportan resultados de investigaciones en diferentes tendencias temáticas. Las revisiones-reflexiones se caracterizan por presentar información acerca de perspectivas y tendencias que los autores llevan a cabo en sus investigaciones las cuales permiten a los lectores tener una visión más profunda de una temática en especial y que contribuyen a que se pueda delimitar y relacionar con otros conceptos abordados. Así como lo muestran Carrascosa, Climent, Domínguez y Payá (2007), donde se realiza una revisión de las sustancias químicas que se encuentran en laboratorios escolares, los residuos que estas generan, así como el manejo y almacenamiento en los laboratorios escolares de las mismas.

Aunque también hay revisiones como las propuestas por Doria (2009), donde se realiza un estudio en el que se muestran diversas opciones aplicadas en producción en el marco del cumplimiento de los principios de la química verde, al igual que Morales, Martínez, Reyes, Hernández, Arroyo, Obaya y Miranda (2011), quienes exponen los criterios para evaluar qué tan verde es un proceso realizado en un laboratorio a nivel experimental. Puesto que estas reflexiones presentan posibles recomendaciones y sugerencias respecto al

empleo de la química verde, específicas del campo productivo, pues este último fue el que dio origen a la química verde y desde allí se requiere trabajar en los fundamentos base que propone este enfoque.

En cuanto a los 29 artículos clasificados como de *investigación*, en estos se identifican diversas temáticas, tales como: Enseñanza de la química, metodologías y técnicas experimentales, formación inicial de profesores, Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente CTSA, laboratorios escolares, contextos curriculares y Sostenibilidad. En este marco, las temáticas que más se trabajan están enfocadas en el campo del trabajo experiencial en el laboratorio en cumplimiento y desarrollo de los principios de la química verde, aplicados a procesos industriales desde los cuales se puede lograr que estos procesos cumplan en su mayoría con los principios propuestos (Hernández y Juaristi, 2013).

Asimismo, la enseñanza de la química juega un papel fundamental en el campo de la química verde desde el cual, como lo mencionan Doria y Miranda (2013), el papel de la educación para *la sostenibilidad no será posible si no se lleva a cabo un cambio educativo*. Por tanto, la educación es un campo esencial para conseguir cambios significativos en la sociedad, en el presente y a futuro, puesto que la educación abarca todas las generaciones que son las que han de responder a ello. Sin embargo, en estos contextos educativos se deben llevar a cabo cambios curriculares donde se vincule el campo de la química verde, ejemplo de ello sería la ambientalización curricular: *la ambientación curricular puede ser definida como un proceso complejo de formación de profesionales que se comprometan continuamente con el establecimiento de las mejores relaciones posibles entre la sociedad y la naturaleza, contemplando valores y principios éticos universalmente reconocido* (Gomes y Lopes, 2013).

Si bien lo catalogan como una cuestión no tan simple, se deben empezar a realizar estos procesos a nivel curricular tanto en formación escolar como en formación inicial y continua de profesores puesto que se constituye en un ámbito de formación de los saberes, ya que evalúa y permite ir más allá de una simple identificación, comprendiendo cómo se constituyen esas problemáticas (Lopes y Marques, 2008).

En relación con el tipo de contribución por revista, como se mostró tanto en la tabla 2 y en las gráficas 1 y 2, se presenta la cantidad de artículos con los que contribuyó cada revista, encontrando que la revista *Educación Química* contiene 28 artículos debido a que esta ha prestado especial atención al enfoque de la química verde, así como también dedicó un número extraordinario en 2009 titulado “*De aniversario: Química verde*”. Asimismo, en la siguiente gráfica se evidencia el tipo de contribución por revista mostrando que el de *investigación* es el de mayor número de artículos, seguido por el de *revisiones y/o reflexiones*, donde en cada una de las revistas se presenta esta misma tendencia.

Con respecto a la contribución por países de procedencia de los respectivos autores, como se ilustra en la tabla 3, los tres primeros países son, en su orden: México (46 autores), Brasil (24 autores) y España (15 autores), de lo cual vale la pena destacar que una de las revistas: *Educación Química* es pionera en el enfoque de química verde, tres son españolas y una es de Brasil. De acuerdo a las gráficas 3 y 4, se presenta respectivamente la cantidad de artículos procedentes de cada país, mostrando así que la mayor contribución proviene de México (28 Artículos), seguida de España (6 Artículos), Brasil (3 Artículos), y Colombia (2 Artículos). Respecto a las tendencias, en su orden, la *Química Verde en la educación científica* (19 Artículos) presenta la mayor proporción en todos los artículos presentados



por cada revista a excepción de la revista *Alambique, Diseños experimentales y aplicación de prototipos en Química Verde* (11 Artículos) y finalmente, *Química Verde, Ambiente y Sociedad* (9 Artículos).

## Tendencias temáticas

### *Diseños experimentales y aplicación de prototipos en Química Verde – DEXP*

En esta tendencia temática se presentan diversas metodologías enfocadas a procesos químicos realizados en el laboratorio o a nivel productivo, donde el fundamento es buscar que las sustancias generadas experimentalmente sean más verdes y contribuyan así al cumplimiento de los principios de la química verde, tal y como lo presentan Pereira, Pineiro, Dias y Paixão (2017), quienes desarrollan una propuesta convencional y otra basada en los fundamentos de la química verde para la síntesis de la aspirina, lo cual permite generar procesos más sustentables, lo que a su modo, Méndez (2005) denomina “alternativas verdes”.

Si bien en dichos procesos el cumplimiento de los 12 principios de la química verde no se logra en su totalidad debido a que estos presentan algunas limitaciones, estas condiciones representan una opción que permite generar propuestas responsables con el ambiente, así como también se promueve la innovación en tecnologías limpias que han de ser aplicadas a las diferentes problemáticas que se presenten. Algunas de dichas apuestas son: síntesis de fármacos, activación de reacciones, síntesis microquímicas, organocatálisis, reacciones multicomponentes, las cuales representan una alternativa para eliminar el impacto en la salud y en el ambiente (Ávila, Cano y Gavilán, 2010).

### *Química Verde, Ambiente y Sociedad – QVSA*

La química verde desde la sociedad y ambiente se ve permeada por el enfoque CTSA, desde el cual se desarrolla el sentido crítico, pues se trata de que a partir de diversos factores se propongan soluciones a corto, mediano y largo plazo, a problemáticas a nivel local, regional, nacional e internacional, en tanto que todos somos socialmente responsables de los cambios que se generan, como lo plantean Gomes y Lopes (2012). Así, para responder a esos cambios y consecuencias de las problemáticas, se debe realizar un pacto donde se logre esa relación entre sociedad y naturaleza, que posibilite contemplar valores y principios éticos que permitan tener un compromiso con el ambiente y consigo mismos.

Además de la toma de decisiones nos vemos en el deber de responder en conjunto, debido a que las problemáticas actuales son cada vez mayores y por tanto es necesario aumentar el interés de los jóvenes pues son las generaciones futuras las que heredarán un planeta que se encuentra en emergencia, y es allí donde la química y la educación en química juegan un papel fundamental. (Goncalves, Yunes, Guaita, Marques, Pires, Pinto y Machado; 2016). Por consiguiente, estas dan respuesta a los diferentes desafíos que se presentan hoy en día y que son producto de la actividad humana, por lo cual debemos responsabilizarnos realizando llamados que permitan contrarrestar los cambios negativos que sufre nuestro planeta Vilches y Gil (2011).

## *Química Verde en la educación científica - QVEC*

En esta categoría también se evidencia la vinculación de la educación, a partir de los postulados de Cortés, Reyes y Bustos (2016), los cuales implementan una secuencia didáctica basada en la incorporación de la química verde en la escuela. En esa propuesta se realizaron diversas prácticas de laboratorio que denominan protocolos verdes mediante el cual identificaron que por medio de estas actividades experimentales los estudiantes desarrollaron un sentido responsable y crítico con el ambiente.

No obstante, la educación científica es uno de los campos que vincula el trabajo de la educación formal, no formal e informal, asimismo la química verde al ser un campo interdisciplinar, que vincula diversas áreas del conocimiento químico, debe no solamente abordar estas disciplinas enfocadas en la industria sino que debe tratarlas todas y donde la temática central sea el cuidado y apropiación ambiental, puesto que es el fundamento de la química verde y debe ser visto como prioridad mundial, por tanto, es responsabilidad de todos y en especial de las comunidades científicas como promotoras y representantes de todo el planeta (Marques y Machado, 2018).

Además de promover el desarrollo científico al servicio de todos, implementando nuevas tecnologías que permitan un presente y futuro más amigable, se deben poner en acción todas las propuestas que se vayan realizando para con ello lograr impactos positivos en nuestro ambiente. Así como lo menciona Reyes (2012), el cumplir lo anteriormente mencionado implica un cambio cualitativo, centrado en la práctica y enseñanza de las ciencias; sin embargo, ese cambio, está por construirse y los protagonistas somos nosotros, por ende, debemos trabajar por ello.

Asimismo, desde todos los diferentes ámbitos educativos se busca incentivar los propósitos de la química verde a favor del ambiente y de esta forma construir una cultura basada en el respeto y apropiación de nuestro entorno. Aunque se debe integrar conceptos más allá de los habituales, puesto que es preciso tomar nuevos elementos relacionados con lo que denomina Altava, Burguette y Luis (2013), huella medioambiental, a todas las actividades que se lleven a cabo para con ello lograr un impacto favorable y enriquecedor al ambiente.

## **Conclusiones**

Con este estudio se ha querido mostrar cómo en el ámbito iberoamericano el enfoque de química verde hoy representa un campo de frontera en la investigación en didáctica de las ciencias en general y de la química en particular. No era así iniciando el siglo XXI, cuya tercera década estamos a puertas de comenzar, de hecho, quizá la producción escrita que goza del más amplio reconocimiento mundial: “Green Chemistry: theory and practice” (Anastas y Warner, 1998), solo sería publicada finalizando el siglo XX, época en la cual las primeras ediciones de eventos académicos especializados en el área, así como las publicaciones sobre el enfoque habían comenzado a aflorar en revistas científicas de enseñanza de la química editadas en inglés, como la estadounidense *Journal of Chemical Education*. Así, como se presentó durante el periodo 2002-2018, la producción de artículos en revistas especializadas en didáctica de las ciencias, que se relacionan con la didáctica de la química, aumentó progresivamente en temáticas alusivas a la perspectiva de química verde, siendo la revista mexicana *Educación Química*, la publicación abanderada del enfoque.

Asimismo, se identificaron los aportes de las publicaciones que ayudan a formar un campo más amplio como el de la química verde, estas contribuciones se categorizaron de acuerdo al tipo de artículo presentado y a las tendencias temáticas que fueron: contexto educativo, experimental y aplicación de las relaciones CTSA. De acuerdo a estas delimitaciones se logró evidenciar diversos proyectos de innovación que favorecen los impactos ambientales que nuestro planeta enfrenta a diario; entre estos podemos encontrar síntesis de fármacos, experiencias a microescala, abordaje de los principios de la química verde y procesos sustentables. Por tanto, la química verde ofrece un espacio extenso que permite a la investigación en didáctica de la química tener un mejor desarrollo puesto que desde este campo se ha vinculado la educación como un área esencial para el progreso de los fundamentos, aplicaciones, alternativas verdes y acciones encaminadas a minimizar los impactos negativos que se generan en el ambiente. Sin embargo, en el presente se debe trabajar de forma conjunta para sobrellevar los impactos actuales que nuestro planeta en emergencia nos demanda y la educación química ofrece una clara y promisoría alternativa incorporando la química verde.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

### Referencias

- Anastas, P y Warner, J. (1998). *Green chemistry, theory and practice*, New York, USA: Oxford University Press.
- Arroyo, R., Bernès, S., Gonzalez, E., Mendez, M y Perez, A. (2012). Síntesis microquímica y microelectroquímica de acetato de cobre(II) a partir de vinagre: Un ejemplo de química verde. *Educación Química*, 23[número extraordinario], 127-135.
- Ávila, J. (2009). Síntesis fotoquímica mediante luz solar. *Educación Química*, 20(4), 426-432.
- Ávila, J., Cano, S y Gavilán, I. (2010). Obtención de alquenos aplicando los principios de la química verde. *Educación Química*, 21(2), 183-189.
- Cangemi, J., Dos Santos, A y Claro, S. (2010). A Revolução Verde da Mamona. *Química Nova Na Escola*, 32(1), 3-8.
- Carrascosa, J., Climent, M., Domínguez, C y Payá, L. (2007). Sostenibilidad y laboratorios escolares. *Educación Química*, 18(4), 311-322.
- Cortes, A., Reyes, J y Bustos, E. (2016). Aproximación a la química verde escolar, a través de los protocolos verdes. Tecné, Episteme y Didaxis. Séptimo Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias, [Número extraordinario], 340-352.
- Cortes, L y Carmen, P. (2009). As Representações Sociais de Química Ambiental dos Alunos Iniciantes na Graduação em Química. *Química Nova Na Escola*, 31(1), 46-54.
- De la Hoz, A. (2009). Los estudios de posgrado en química sostenible en España. *Educación Química*, 20(4), 405-411.
- De Sousa, B (2009). *Epistemología del sur*. México, Siglo XXI Editores.
- Doria, M. (2009). Química verde: un nuevo enfoque para el cuidado del medio ambiente. *Educación Química*, 20(4), 412-420.
- Doria, M y Miranda, R. (2013). Química verde: Un tema de presente y futuro para la educación de la química. *Educación Química*, 24[número extraordinario], 94-95.

- Fernandes, L., Henrique, S., Corio, P y Fernandez, C. (2013). Aspectos do conhecimento pedagógico do conteúdo de química verde em professores universitários de química. *Educación Química*, 24[número extraordinario], 113-126.
- Foladori, G y Pierri, N (2005). ¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable. Zacatecas, México: Universidad Autónoma de Zacatecas.
- Franco, R., Gallego, R. y Pérez, R. (2009). Desarrollo científico en Colombia: una revisión de las revistas científicas especializadas en ciencias de la naturaleza. *Tecné Episteme y Didaxis* [número extraordinario]. IV Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias.
- Franco, R., Gallego, R., y Pérez, R. (2015). La dimensión investigativa en la formación inicial de profesores de la UPN. *Revista científica*, 22, 129-136.
- Franco, R. Ordoñez, L. y Roza, N. (2016). La Química Verde: un área emergente en la investigación didáctica. *Escenarios*, 18, 28-33.
- Franco, R. Velasco, M. y Riveros, C. (2017). Los trabajos prácticos de laboratorio en la enseñanza de las ciencias: tendencias en revistas especializadas (2012-2016). *Tecné, Episteme y Didaxis*, 41, 37-56.
- Garritz, A. (2009). Química verde y reducción de riesgos. *Educación Química*, 20(4), 394-397.
- Gomes, V y Lopes, J. (2012). Formación docente en química y ambientación curricular: estudio de caso en una institución de enseñanza superior brasileña. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(1), 79-93.
- Hernández, J y Juaristi, E. (2013). Reacciones asimétricas organocatalizadas en ausencia de disolvente: estrategia para hacer más “verde” la organocatálisis. *Educación Química*, 24[número extraordinario], 113-123.
- Ingold, M., Dapuetto, R., Lopez, G y Porcal, W. (2016). Una reacción multicomponente verde en el laboratorio de química orgánica. *Educación Química*, 27(1), 15-20.
- Leff, E. Argueta, A. Boegue, E. y Gonçalves, C. (2002). Más allá del desarrollo sostenible. La construcción de una racionalidad ambiental para la sustentabilidad: Una visión desde América Latina. *Medio Ambiente y Urbanización*, 59(1), 65-108.
- León, F. (2009). Implementación de algunas de las técnicas de la Química Verde (o Química Sustentable) en docencia. *Educación Química*, 20(4), 441-446.
- Lopes, A y Marques, C. (2012). O Conhecimento Químico e a Questão Ambiental na Formação Docente. *Química Nova Na Escola*, 29(3), 30-33.
- Lozano, R y Watson, M. (2013). Chemistry Education for Sustainability: Assessing the chemistry curricula at Cardiff University. *Educación Química*, 20(2), 184-192.
- Machado, A. (2011). Da gênese ao ensino da química verde. *Química Nova*, 34(3), 535-543.
- Mancilla, D., Muscia, G y Ugliarolo, E. (2014). Una fundamentación para la incorporación de la química verde en los currículos de química orgánica. *Educación Química*, 25(1), 56-59.
- Marques, C. (2012). Estilos de pensamento de professores italianos sobre a Química Verde na educação química escolar. *Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 316-340.
- Marqués, C y Machado, A. (2018). Una visión sobre propuestas de enseñanza de la Química Verde. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 19-43.
- Mascarell, L. y Vilches, A. (2016). Química verde y sostenibilidad en la educación en ciencias en secundaria. *Enseñanza de las ciencias*, 34(2), 25-42.
- Maximiano, F., Corio, P., Porto, P y Fernández, C. (2009). Química Ambiental e Química Verde no conjunto do conhecimento químico: concepções de alunos de graduação em Química da Universidade de São Paulo. *Educación Química*, 20(4), 398-404.

- Méndez, J. (2004). El color verde predomina en el futuro de la Química. *Educación Química*, 16[número extraordinario], 192-198.
- Mèstres, R. (2013). Química Sostenible: Naturaleza, fines y ámbito. *Educación Química*, 24[número extraordinario], 103-112.
- Miranda, R., Noguez, O., Velasco, B., Arroyo, G., Penieres, G., Martínez, J y Delgado, F. (2009). Irradiación infrarroja: una alternativa para la activación de reacciones y su contribución a la química verde. *Educación Química*, 20(4), 421-425.
- Montagut, P., Nieto, E., Navarro, F., González, R., Carrillo, M y Sansón, C. (2003). Enseñanza experimental en el bachillerato en el contexto de la Química Verde. *Educación Química*, 14(3), 142-147.
- Montagut, P., Nieto, E., Sansón, C. (2006). Química verde y microescala: por un futuro mejor. *Alambique*, 47, 86-94.
- Morales, M., Martínez, J., Reyes, L., Hernández, O., Arroyo, G., Obaya, A y Miranda, R. (2011). ¿Qué tan verde es un experimento? *Educación Química*, 22(3), 240-248.
- Pájaro, N y Olivero, J. (2011). Química verde: Un nuevo reto. *Ciencia e ingeniería Neogranadina*, 21(2), 169-182.
- Parga, D. (2015). Conhecimento didático do conteúdo sobre a química verde: O caso dos professores universitários de química. *Tecné, Episteme y Didaxis*, (38), 167-182.
- Peres, F., Yunes, S., Guaita, R., Marques, C., Pires, T., Pinto, R y Machado, A. (2017). La dimensión ambiental de la experimentación en la enseñanza de la química: consideraciones sobre el uso de la métrica holística «estrella verde». *Educación Química*, 28(1), 99-106.
- Pereira, M., Pineiro, M., Dias, L. and Paixao, M. (2018). La síntesis de la aspirina, según la Química Verde. *Alambique*, 90, 44-51.
- Reyes, L. B. (2012). Aporte de la química verde a la construcción de una ciencia socialmente responsable. *Educación en química*, 23(2), 222-229.
- Roa, R. (2006). Formación de profesores en el paradigma de la complejidad. *Educación y Educadores*, 9 (1), 149-157.
- Succaw, G y Doxsee, K. (2009). Palladium-Catalyzed Synthesis of a Benzofuran: A Case Study in the Development of a Green Chemistry Laboratory Experiment. *Educación en química*, 20(4), 433-440.
- Summerton, L., Hund, A y Clark, J. (2013). Green Chemistry for Postgraduates. *Educación Química*, 24[número extraordinario], 150-155.
- Tbilisi Declaration, consultada en marzo 27, 2018, en la URL <https://www.gdrc.org/uem/ee/tbilisi.html>
- Vargas, Y., Obaya, V., Lima, S., Hernández, E., Miranda, R y Vargas, G. (2016). El diagrama de flujo como semáforo de seguridad ecológica de los experimentos de laboratorio. *Educación en química*, 27(1), 30-36.
- Verdía, P., Santamarta, F. y Tojo, E. (2017). Synthesis of (3-Methoxycarbonyl)coumarin in an Ionic Liquid: An Advanced Undergraduate Project for Green Chemistry. *Journal of chemical education*, 94 (4), 505-509.
- Vilches, A y Gil, D. (2011). Papel de la Química y su enseñanza en la construcción de un futuro sostenible. *Educación en química*, 22(2), 2-15.
- Vilches, A y Gil, D. (2013). Ciencia de la sostenibilidad: Un nuevo campo de conocimientos al que la química y la educación química están contribuyendo. *Educación en química*, 24(2), 199-206.
- Zuin, V. and Pacca, J. (2018). Formación docente en química y Ambientación curricular: Estudio de caso en una institución de enseñanza superior brasileña. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(1), 79-93.