



¿CUÁNTO CONOCEN LOS ESTUDIANTES DE CARRERAS PEDAGÓGICAS DE PERFIL QUÍMICO SOBRE QUÍMICA SOSTENIBLE?

HOW MUCH DO STUDENTS OF PEDAGOGICAL CAREERS WITH A CHEMICAL PROFILE KNOW ABOUT SUSTAINABLE CHEMISTRY?

Mirelkis de la Caridad Callis Despaigne ¹

E-mail: mirelxis.callis@uo.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7747-5897>

Armando Ferrer Serrano ^{2*}

E-mail: armandoserrano@ufba.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6849-0232>

Roger Pérez Matos ¹

E-mail: rogerpm@uo.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4989-600X>

América García López ¹

E-mail: america@uo.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3773-887X>

Librada García Leyva ¹

E-mail: librada17@uo.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9971-7110>

Juan Antonio Revilla Puentes ¹

E-mail: jrevilla@uo.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5965-176X>

¹ Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba.

² Universidade Federal da Bahia. Salvador - BA, Brasil.

*Autor para correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Callis Despaigne, M.C., Ferrer Serrano, A., Pérez Matos, R., García López, A., García Leyva, L., y Revilla Puentes, J.A. (2025). ¿Cuánto conocen los estudiantes de carreras pedagógicas de perfil químico sobre Química Sostenible? *Revista Conrado*, 22(108), e4582.

RESUMEN

La Química Sostenible al ser parte del Desarrollo Sostenible, es vital para la subsistencia de un país, por lo que formar a jóvenes desde la adolescencia con esta manera de hacer química es de vital importancia. Es por ello que en esta investigación educativa fueron encuestados alumnos de carreras pedagógicas de perfil químico de la Universidad de Oriente, con el objetivo de explorar sus conocimientos acerca de la Química Sostenible, debido a que estos serán los profesores de los estudiantes de la enseñanza media, media superior y técnico profesional de nuestro país. Fueron entrevistados profesores de las carreras en cuestión para indagar sobre el estado del conocimiento de la Química Sostenible. Fue posible determinar que existen conceptos errados de la Química Sostenible y bastante desconocimiento de los 12 principios que definen y rigen a la misma. Además, no queda claro en los criterios de los alumnos de cuáles son las contribuciones reales de las disciplinas clásicas de la química a esta forma de hacer ciencia. Incluso hay

confusiones con la Química Ambiental. Por lo que se propone la inclusión de elementos de Química Sostenible, al menos en el currículo electivo-optativo de las carreras pedagógicas con perfil químico.

Palabras clave:

Química sostenible, Educación, Carreras pedagógicas, Perfil químico.

ABSTRACT

Sustainable Chemistry, being part of Sustainable Development, is vital for the subsistence of a country, so training young people from adolescence with this way of doing chemistry is of vital importance. That is why in this educational research, students of pedagogical careers with a chemical profile from the University of Oriente were surveyed, with the aim of exploring their knowledge about Sustainable Chemistry, because these will be the teachers of the students of the secondary, upper secondary and professional technical education of our country.



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0.

Teachers from the relevant programs were interviewed to investigate the state of knowledge about Sustainable Chemistry. It was possible to determine that there are misconceptions about Sustainable Chemistry and a significant lack of understanding of the 12 principles that define and govern it. Furthermore, the students' opinions on the actual contributions of classical chemistry disciplines to this method of doing science are unclear. There is even confusion about Environmental Chemistry. Therefore, the inclusion of Sustainable Chemistry elements is proposed, at least in the elective curriculum of teaching courses with a chemical profile.

Keywords:

Sustainable chemistry, Education, Pedagogical careers, Chemical profile.

INTRODUCCIÓN

Desde la década de los 90 comenzó un movimiento de algunos científicos con mentalidad ambientalista que revolucionaron la manera de “reducir o eliminar el uso o la generación de sustancias peligrosas en el diseño, fabricación y aplicación de productos químicos”. Esto derivó en el concepto de Química Verde, la cual, de manera holística evolucionó a lo que conocemos actualmente como Química Sostenible (Anastas y Warner, 1998; Cannon et al., 2012). Algunos autores explican como la Química Sostenible ha ido expandiendo su concepto en función de cómo ésta contribuye a tres dimensiones: ambiental, social y económica (Sheldon, 2018). Es lógico pensar que, si se consigue hacer una química con métodos optimizados, que reducen costos, que aprovechan residuales, que pueden ser monitoreados en tiempo real; entonces se introduce un impacto económico al lograr productos más baratos, eficaces y en mayor cantidad. Todo esto trae como consecuencia un impacto social, además de los servicios de mayor calidad que puede ofrecer esta manera de hacer química. La Química sostenible también está asociada a ramas del saber humano como el Derecho, pues con el transcurrir de los años ha sido posible emitir leyes ambientales basadas en estudios realizados desde el punto de vista de la Química Sostenible. Un ejemplo es la limitación en Europa de producción de tetracloruro de carbono, al ser considerado un disolvente maligno (Parlamento Europeo, 2000).

Un área olvidada que tiene alta relación con la Química Sostenible es la Educación, en especial en los niveles iniciales de formación. Algunos autores incluyen la educación como un factor clave para la transición hacia el Desarrollo Sostenible (Blum et al., 2017). Educación cooperativa en Química Verde: la experiencia española

(Altava et al., 2013) muestra la importancia de la educación en Química Verde como un aspecto clave en la formación en todos los niveles de la educación superior.

Aunque la UNESCO declaró al periodo 2005-2014 “La década de la educación por el desarrollo sostenible”, siguen existiendo trabas para implementar esta nueva forma de ver la ciencia en diferentes niveles.

Son escasas las carreras universitarias relacionadas con química que contienen asignaturas o materias relacionadas con Química Sostenible en el currículo. Autores como Etzkorn y Ferguson (2023), explican la necesidad de incluir estos contenidos desde la formación universitaria e incluso, preuniversitaria de los estudiantes de estos tiempos.

La comunidad química internacional está demandando intervenciones como esta, donde ya se han publicado trabajos interesantes que muestran avances en la Educación en Química Sostenible (Fernandes de Goes et al., 2013; Franco-Moreno y Ordoñez, 2020; Ziun et al., 2021). Ziun et al. (2021), describen en una perspectiva de la revista Green Chemistry, algunos casos interesantes de experiencias sobre Educación en Química Verde y Sustentable en la Enseñanza Media (High School), que conectan a los estudiantes de ese nivel con contenido químico relacionado con sustentabilidad a través de experimentos enfocados en la biodegradación, producción de energía limpia y química verde.

Todo esto no deja fuera a los estudiantes de Educación Química, que son los responsables en un futuro de formar tanto a los alumnos de preuniversitario como los de formación técnica profesional y secundaria básica. Es por ello que esta investigación tiene como objetivo: conocer cuánto conocen los estudiantes de las carreras pedagógicas con perfil químico sobre Química Sostenible. De esta manera, se podrá o no, proponer una asignatura que fortalezca la formación en Química Sostenible de estos futuros profesores de enseñanza media, media superior y técnica profesional. (Mascarell-Borreda y Vilches-Peña, 2016).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la obtención de los datos se tomó como muestra 12 estudiantes de la carrera de Licenciatura en Educación Química Industrial y 19 estudiantes de Licenciatura en Educación Química, ambas de la Universidad de Oriente. A esta muestra le fue aplicada una encuesta de 10 preguntas clave (Material Suplementar), con el objetivo de escudriñar en su conocimiento sobre Química Sostenible, su definición, los 12 principios, diferencias entre Química Ambiental y Química Sostenible, asignaturas que creen

están relacionadas con ambas ramas, entre otras informaciones. Fueron entrevistados, además, profesores de ambas carreras. De manera colateral, se estudiaron los Planes de Estudio de las carreras de perfil químico: Licenciatura en Educación Química, Licenciatura en Educación Química Industrial y como referencia, de la carrera de Licenciatura en Química (la cual ya consta de una asignatura electiva de Química Sostenible).

RESULTADOS-DISCUSIÓN

Después de realizadas las encuestas y entrevistas, todos los datos fueron tabulados y graficados, los cuales se discuten a continuación.

Tabla 1: Resultado de la pregunta de la encuesta realizada, relacionada con el conocimiento sobre lo que es Química Sostenible. (Expresado en por ciento).

¿Conoce qué es Química Sostenible?	Lic. Ed. Q. Industrial	Lic. Ed. Química
SI	83,33	100
NO	16,67	0

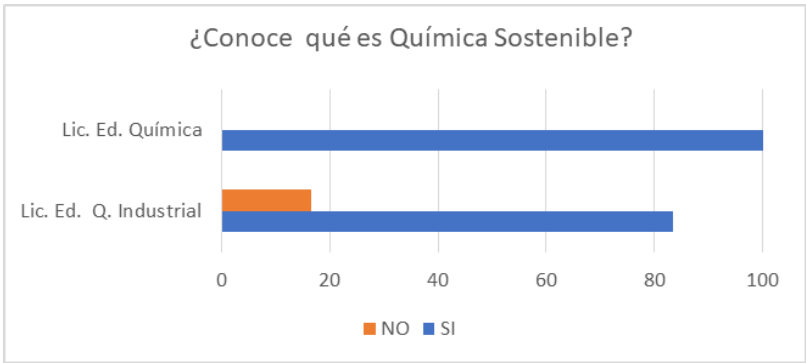


Figura 1: Gráfico de barras que ilustra la respuesta sobre conocimiento de las palabras Química Sostenible.

Como resultado de esta pregunta inicial de la encuesta realizada fue posible notar que, aparentemente, todos los estudiantes conocen lo que es Química Sostenible. Al comparar ambas carreras pedagógicas en la UO, es posible notar que un 16,67% de los estudiantes de Educación Química Industrial plantean que no conocen de esta química. Vale aclarar que aun con esta respuesta es imposible concluir al respecto ya que no toda la comunidad científica y a la vez la “no científica” está clara del concepto real de Química Sostenible definido por Anastas y Warner (1998). Para comprobar si conocían la definición, se incluyó una pregunta al respecto en la encuesta. Los resultados fueron los siguientes.

Tabla 2: Resultado de la pregunta de la encuesta realizada, relacionada con el concepto de Química Sostenible.

Posibles conceptos de Química Sostenible	Lic. Ed. Q. Ind.	Lic. Ed. Química
a) Química Ambiental orientada hacia un desarrollo sostenible	25,00 %	31,58 %
b) Producción de sustancias y desarrollo de bienes y servicios con un mínimo impacto al M.A.	58,33 %	15,79 %
c) La Química que se dedica al reciclaje y aprovechamiento de sustancias que quedan como sub-productos de otros procesos	8,33 %	47,37 %
d) La rama que estudia los contaminantes del medio ambiente y su remediación	8,33 %	10,52 %

Las respuestas en general de todos los estudiantes encuestados demuestran que no todos conocen el concepto correcto de Química Sostenible. De ambas carreras pedagógicas, solo una parte de los estudiantes conoce el concepto real, mientras que otros alumnos confunden esta definición con otras parecidas. Se esperaba que al menos el 83,33% de los estudiantes de Educación Química Industrial eligieran el concepto correcto (en este caso el b). Sin embargo, solo el 58,7% acertó. No obstante, más de la mitad de los alumnos conoce aparentemente sobre Química Sostenible.

En cambio, el caso más alarmante está en la carrera de Educación Química, donde sólo el 15,79% de los alumnos sabe exactamente el concepto definido en la bibliografía, mientras todos ellos respondieron que, si conocen lo que es Química Sostenible, reflejado así en la Figura 2, Tabla 1.

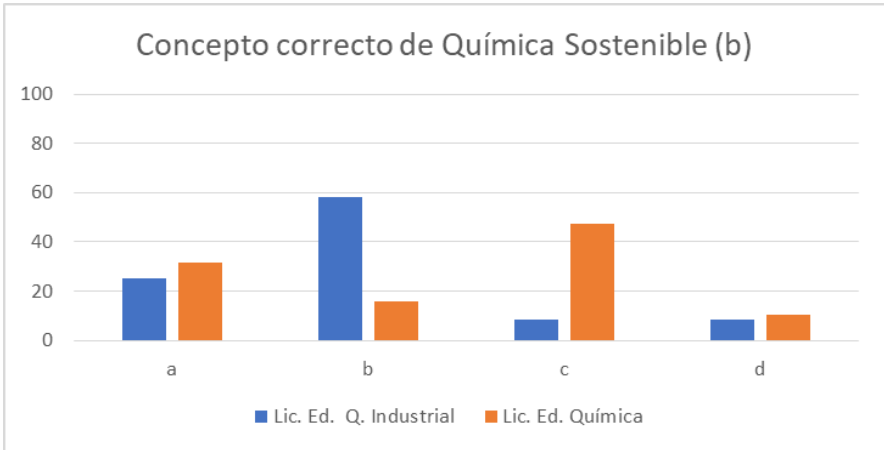


Figura 2: Gráfico de barras que ilustra la respuesta sobre concepto de Química Sostenible.

Uno de los conceptos a elegir era el a) que plantea: Química Ambiental orientada hacia un desarrollo sostenible. Un 25% de los estudiantes de perfil químico-industrial y un 31,58% de los futuros profesores de química creen que la Química Sostenible está basada en este concepto. Aunque la Química Sostenible no está divorciada del Medio Ambiente, no incluye la Química Ambiental dentro de ella. La posible respuesta c) que plantea: La Química que se dedica al reciclaje y aprovechamiento de sustancias que quedan como subproductos de otros procesos; si bien no está lejos de la Química Sostenible, no es la definición correcta. Todo lo relacionado con el reciclaje cabe dentro del concepto de Refinería o Biorrefinería que se imparte dentro de algunos currículos de esta rama. En este caso el 47,37% de los alumnos de Educación Química, futuros profesores, cree que esta es la definición correcta. Algo que puede estar influenciado por otras asignaturas de la carrera que tocan estos aspectos (buscar estas asignaturas y mencionarlas). Finalmente, algunos optaron por la opción d): 8,33% de alumnos de industrial y 10,52 de los educadores químicos. La opción d) es un concepto más cercano a lo que es la Química Ambiental. Es por ello que resultaría importante definir ambos conceptos y comparar las dos áreas del saber, que no son la misma cosa, pero se complementan. Una, la Química Sostenible, previene mediante hacer química con un mínimo impacto al Medio Ambiente, mientras la otra, Química Ambiental, aborda de alguna manera los efectos de los contaminantes y su remediación.

Este equipo de investigación incluyó una pregunta al respecto en la encuesta para explorar si los estudiantes saben diferenciar una rama del saber de la otra. Los resultados son los siguientes:

Tabla 3: Resultado de la pregunta de la encuesta realizada, relacionada con diferencias entre Química Sostenible y Química Ambiental.

Química Sostenible vs Química Ambiental.	Lic. Ed. Q. Ind.	Lic. Ed. Química
a) SI, son diferentes y no se relacionan entre sí.	8,33 %	5,55 %
b) SI, son diferentes, pero se complementan.	91,67 %	83,33 %
c) NO, son ramas iguales del saber químico, pero con nombres diferentes.	0	11,1 %
d) No tengo idea de lo que es cada una	0	5,55 %

Sea de manera consciente o inconsciente, en ambas carreras la mayoría encuestada cree que sí son ramas del saber diferentes, pero que se complementan entre sí (respuesta b). La Tabla 3 muestra esta afirmación reflejada en números. Sorprende ver que estudiantes que no encuentren diferencias entre Química Ambiental y Química Sostenible, específicamente en Educación Química (Figura 3). Además, algunos pocos estudiantes no tienen ni idea de qué es una u otra rama (5,55% de los alumnos de Ed. Química), evidenciado por el tipo de respuesta seleccionada.

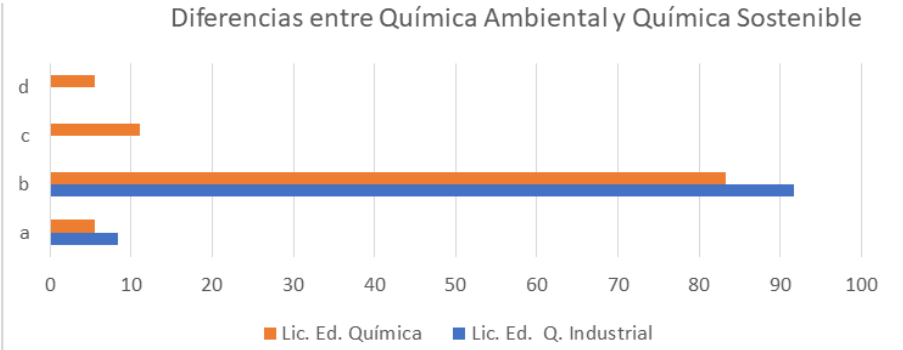


Figura 3: Gráfico de barras que ilustra la respuesta sobre diferencias entre Química Sostenible y Química Ambiental.

Otra pregunta realizada en la encuesta que permite explorar si, al menos, pueden relacionar Química Sostenible con frases, vocablos o fenómenos determinados, es el número 2 (ver Material Suplementar). La Tabla 4 y Figura 4, contienen estas frases y el porcentaje de estudiantes que seleccionaron 4 de ellas como aspectos relacionados con la Química Sostenible. Se limitó a 4 elecciones.

Tabla 4: Resultado de la pregunta de la encuesta realizada, relacionada con relación subconsciente de ciertas palabras y Química Sostenible (expresado en %).

Palabras relacionadas con Q. Sostenible	Lic. Ed. Q. Industrial	Lic. Ed. Química
Desarrollo Sostenible	50	89,47
Capa de ozono	8,33	0
Medio Ambiente	33,3	5,26
Química Ambiental	66,67	68,42
Reciclaje	16,67	78,95
Producción limpia de bienes	16,67	36,84
Ninguna de estas opciones	0	0
Contaminación ambiental	16,67	10,25
Química que se sostiene por sí misma	25	10,25

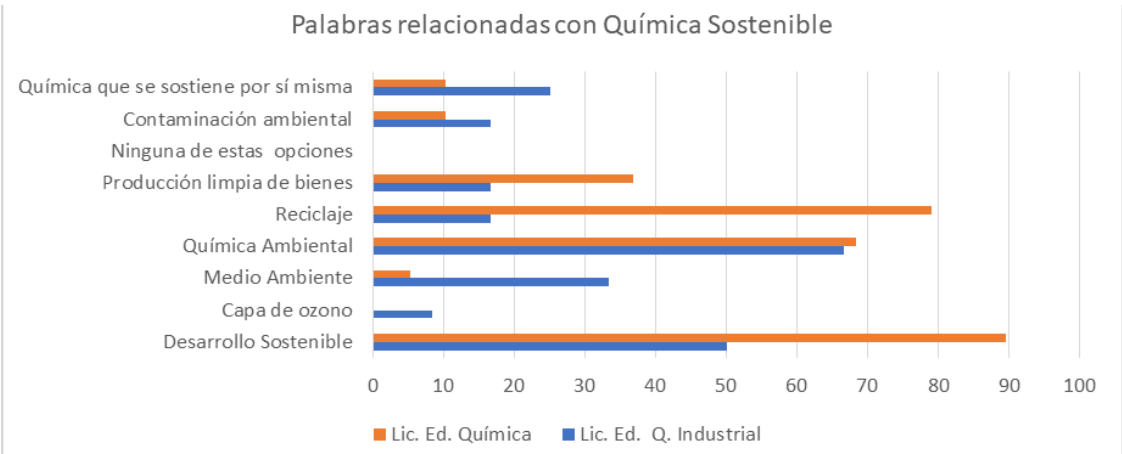


Figura 4: Gráfico de barras que ilustra la respuesta sobre relación subconsciente de ciertas palabras y Química Sostenible.



El análisis en este caso puede hacerse de manera separada para cada carrera. Los estudiantes de la carrera de Educación Química indican como frases relacionadas con Química Sostenible las siguientes en orden de mayor frecuencia de respuesta: Desarrollo Sostenible (89,47%), Reciclaje (78,95%), Química Ambiental (68,42%) y solo un 36,84% eligió la frase más relacionada con el concepto de Química Sostenible, que es *Producción limpia de bienes*. Es lógico pensar que, si no conocen el concepto, la mayoría de los estudiantes relacionen lo “sostenible” a lo que conocen desde los sistemas educativos anteriores, como se refleja en este caso. Sin embargo, los encuestados de la carrera de perfil químico-industrial, eligieron con mayor frecuencia la Química Ambiental (66,67%) y solo la mitad eligió Desarrollo Sostenible (50%), quedando en tercer lugar el Medio Ambiente como palabra relacionada con Química Sostenible, con solo un 33,3% de elección. Cabe resaltar que en este caso los criterios fueron más dispersos; algo que se puede percibir observando el gráfico de barras horizontales de la Figura 4.

Tabla 5: Resultado de la pregunta de la encuesta realizada, relacionada con los 12 principios de la Química Sostenible

¿Conoce los 12 principios de la Química Sostenible?	Lic. Ed. Q. Industrial	Lic. Ed. Química
Si	16,67	6,25
No	58,33	37,5
He escuchado sobre eso, pero no conozco	25	56,25

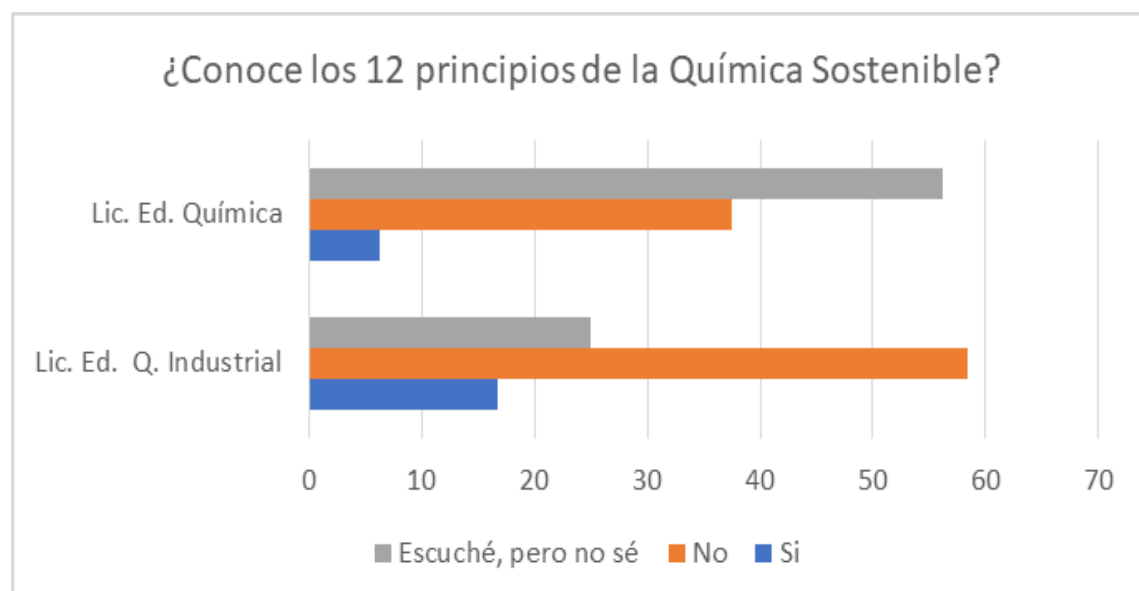


Figura 5: Gráfico de barras que ilustra la respuesta sobre los 12 principios de la Química Sostenible.

Una pista clara para determinar si un estudiante conoce o no de Química Sostenible, son los 12 principios que definen esta manera de hacer química con un mínimo impacto al medio ambiente. El libro *Green Chemistry: Theory and Practice*, de Anastas y Warner (1998), define a la Química Sostenible como “la utilización de un set de principios que reducen o eliminan el uso o generación de sustancias peligrosas en el diseño, manufactura y aplicación de productos químicos”. Estos 12 principios definidos por Anastas y Warner (1998) son los siguientes:

1. Prevención de residuos: es mejor prevenir los residuos que tratar o limpiar los residuos después de que se hayan creado.
2. Economía del átomo: los métodos sintéticos deben diseñarse para maximizar la incorporación de todos los materiales utilizados en el proceso en el producto final.

3. Síntesis de sustancias químicas menos peligrosas: siempre que sea posible, los métodos sintéticos deben diseñarse para usar y generar sustancias que posean poca o ninguna toxicidad para la salud humana y el medio ambiente.
4. Diseño de productos químicos más seguros: los productos químicos deben diseñarse para preservar la eficacia de la función y reducir la toxicidad.
5. Disolventes y auxiliares más seguros: el uso de sustancias auxiliares (por ejemplo, disolventes, agentes de separación, etc.) debe hacerse innecesario siempre que sea posible e inocuo cuando se utilizan.
6. Diseño para la eficiencia energética: los requisitos energéticos deben reconocerse por sus impactos ambientales y económicos y deben minimizarse. Los métodos sintéticos deben realizarse a temperatura y presión ambientales.
7. Uso de materias primas renovables: una materia prima o materia prima debe ser renovable en lugar de agotarse siempre que sea técnica y económicamente viable.
8. Reducir derivados: la derivatización innecesaria (uso de grupos de bloqueo, protección / desprotección, modificación temporal de procesos físicos / químicos) debe minimizarse o evitarse si es posible, porque tales pasos requieren reactivos adicionales y pueden generar desperdicio.
9. Catálisis: los reactivos catalíticos (lo más selectivos posible) son superiores a los reactivos estequiométricos.
10. Diseño para la degradación: los productos químicos deben diseñarse de modo que al final de su función se descompongan en productos de degradación inocuos y no persistan en el medio ambiente.
11. Análisis en tiempo real para la prevención de la contaminación: las metodologías analíticas deben desarrollarse más para permitir la supervisión y el control en tiempo real en el proceso antes de la formación de sustancias peligrosas.
12. Química intrínsecamente más segura para la prevención de accidentes: las sustancias y la forma de una sustancia utilizada en un proceso químico deben elegirse para minimizar el potencial de accidentes químicos, incluidos escapes, explosiones e incendios.

El resultado de esa pregunta en la encuesta se refleja en la Tabla 5 y se ilustra de manera gráfica en la Figura 5. Se observa un gran contraste entre lo encontrado en la Tabla 1. Es ilógico plantear conocer de Química Sostenible sin hablar de sus 12 principios. Es algo comparable con decir “sé química” y no conocer que existe la Tabla Periódica de los Elementos. De esta manera solo un 16,67% de los estudiantes de Química Industrial y el 6,25% de los de Educación Química, plasmaron en sus respuestas conocer los 12 principios de Paul Anastas. Son indicios que muestran la necesidad de incorporar esta materia en los currículos de estas carreras.

Con el objetivo de explorar si al menos intuitivamente podrían relacionar uno de los 12 principios, se incluyó una pregunta que indaga sobre el principio #7 que aborda el uso de materias primas renovables. Al ser el punto más conocido de la Química Sostenible sería lógico prever que la mayoría de los estudiantes afirmarían que “el enfoque de la Química Sostenible, con la finalidad de minimizar el efecto negativo en el medio ambiente se basa en: el empleo de materias primas renovables. La Figura 6 y Tabla 6 siguientes muestran unos resultados donde un porcentaje bajo pero significativo de estudiantes de ambas carreras plantean que: el enfoque de la Química Sostenible se basa en: el uso de materiales artificiales.

Tabla 6: Resultado de la pregunta sobre el uso de materias primas renovables como una de las bases de la Química Sostenible

Enfoque de la Química Sostenible. Se basa en:	Lic. Ed. Q. Industrial	Lic. Ed. Química
el empleo de materias primas renovables	91,67	89,47
el empleo de materias primas no renovables	0	10,5
el uso de materiales artificiales	8,33	5,26

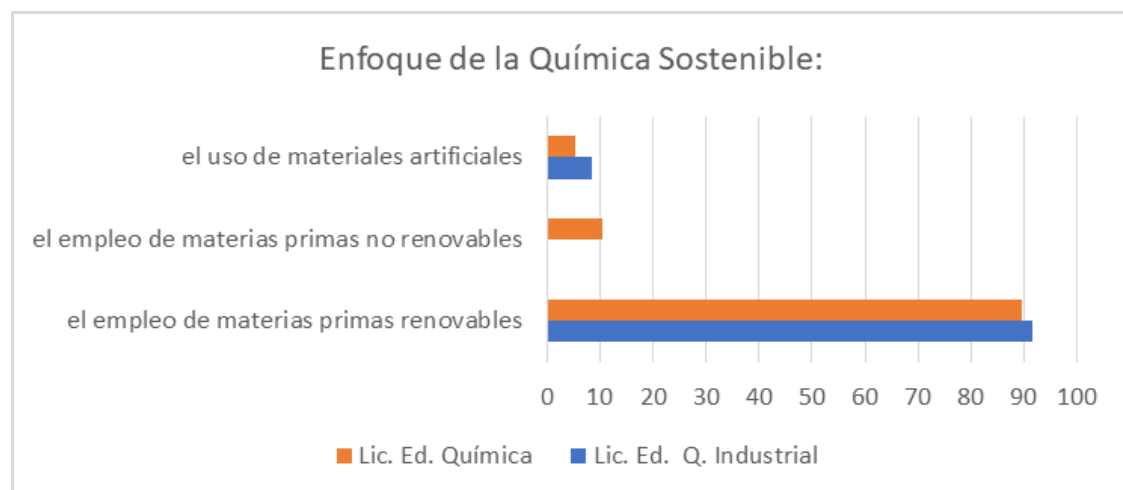


Figura 6: Gráfico de barras que ilustra la respuesta sobre el uso de materias primas renovables como una de las bases de la Química Sostenible.

La Química Sostenible, al ser un área del saber multidisciplinar, que se nutre de ramas clásicas de la Química combinado con otros aspectos novedosos como el uso de fuentes alternativas de energía, permite indagar sobre cuáles disciplinas de la Química son las que más contribuyen a esta manera de hacer ciencia. Lo mismo aplica para la Química Ambiental la cual es multidisciplinar. Tabla 7

Tabla 7: Resultado de la pregunta sobre las materias relacionadas con la Química Sostenible y la Química Ambiental (expresado en %).

Materias relacionadas con Q. Sostenible:	Lic. Ed. Q. Industrial	Lic. Ed. Química
Química Inorgánica	16,67	64,7
Química Orgánica	58,33	64,7
Bioteología	83,33	64,7
Tecnología Química	41,67	0
Análisis Químico	58,33	29,41
Química-Física	8,33	0
Materias relacionadas con Q. Ambiental:		
Química Inorgánica	66,67	68,42
Química Orgánica	91,67	73,68
Bioteología	100	73,68
Tecnología Química	50	26,31
Análisis Químico	16,67	26,31
Química-Física	0	21,05

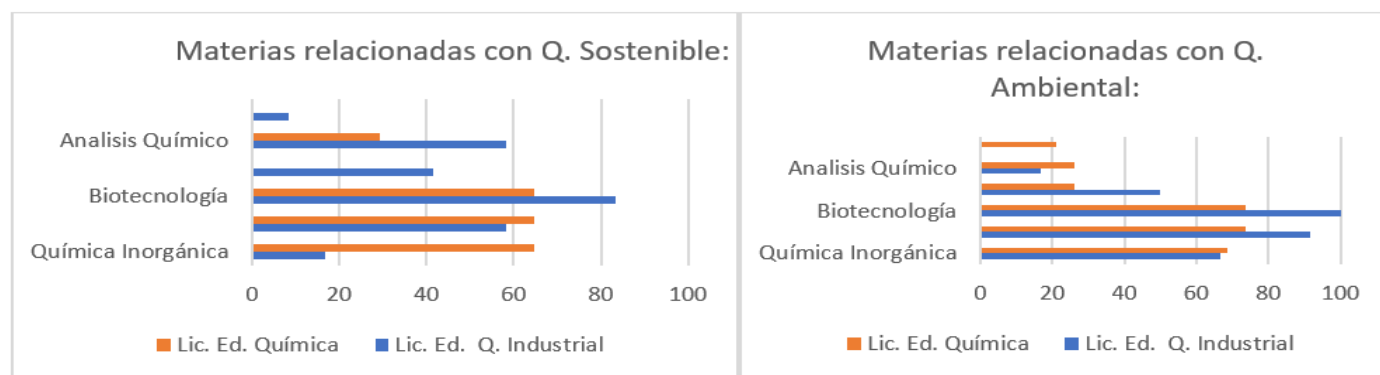


Figura 7: Gráfico de barras que ilustra las respuestas sobre materias relacionadas con la Química Sostenible y la Química Ambiental, comparando entre carreras.

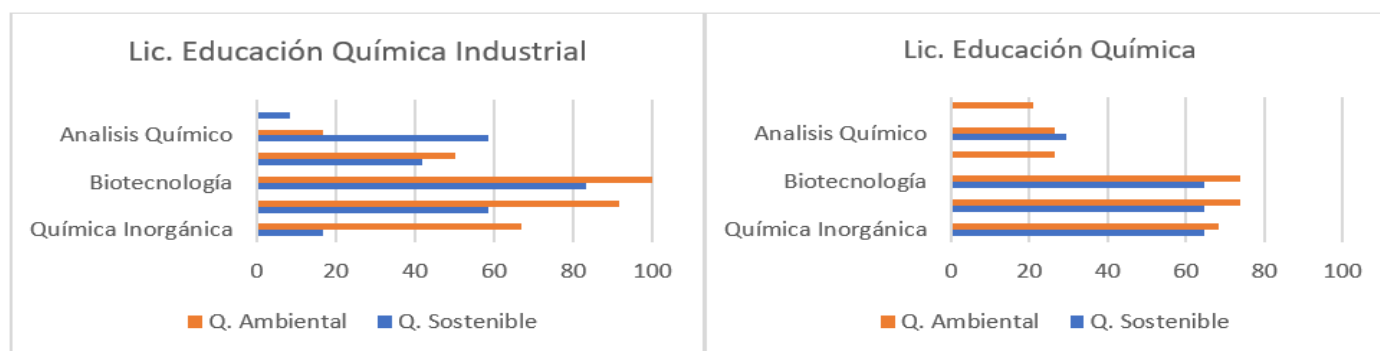


Fig 8: Gráfico de barras que ilustra las respuestas sobre materias relacionadas con la Química Sostenible y la Química Ambiental.

En estos casos Figuras 7 y Figura 8, los estudiantes no creen que exista un aporte significativo de la Química Física a la Química Sostenible. Siendo una de la que más contribuciones hace a la Química Sostenible a través del estudio y aplicaciones de fluidos supercríticos, el uso de las microondas como fuente de energía, así como las ondas ultrasónicas.

Si bien no coinciden los patrones de respuestas entre carreras la gran mayoría coloca a la Química Orgánica y a la Biotecnología como materias que tanto son importantes para la Química Sostenible como para la Química Ambiental. Es importante recordar que muchos consideran que ambas disciplinas tienen diferencias, pero se complementan entre sí (ver Tabla 3).

Otra inquietud a tratar era si los colectivos de asignaturas valoran el tratamiento de la Química Sostenible en sus clases. Aquí la mayoría de los estudiantes de la carrera de educación Química solo dicen que "a veces" (Tabla 8). En la carrera de Química Industrial el criterio de los alumnos está más parcializado, quedando un 50% que dice que "a veces" y otro 50% plantea que siempre se tiene en cuenta en clases la química sostenible, esta respuesta está acorde con la Tabla 2, la cual indica que el 58% de los estudiantes acertó con el significado de lo que creen que es Química Sostenible.

Tabla 8: Resultado de la pregunta sobre si los colectivos de asignaturas tocan o tratan la Química Sostenible en clases.

	Lic. Ed. Q. Industrial	Lic. Ed. Química
Siempre	50	22,22
A veces	50	72,22
Nunca	0	5,55

Finalmente, se les pidió a los estudiantes mencionar al menos 3 asignaturas de su carrera que están relacionadas con la Química Sostenible. De estos resultados se puede listar las siguientes asignaturas o disciplinas en cada carrera que los estudiantes encontraron relacionadas con la Química Sostenible Tabla 9. La mayoría de los estudiantes, en el caso

de la carrera de Química Industrial hallan que la Química Orgánica y la Química Inorgánica son las más relacionadas con la sostenibilidad que puede ofrecer la química, tal vez porque son las dos materias que tratan las reacciones químicas de todos los sustratos independientemente de su naturaleza.

Tabla 9: Resultado de la pregunta sobre las asignaturas que guardan relación con la Química Sostenible en la carrera Licenciatura en Educación Química Industrial.

Lic. Ed. Q. Industrial	Asignaturas	Por ciento
	Química Orgánica	63,64
	Química Inorgánica	54,54
	Análisis Químico	27,27
	Química Física	27,27
	Química Ambiental	18,18
	Química General	18,18
	Bioquímica	18,18
	Tecnología Química	9,09
	Química de los Alimentos	9,09
	Biotechnología	9,09
	Controles Industriales	9,09
	Operaciones Unitarias	9,09

Sin embargo, disciplinas como la Química Física y el Análisis Químico fueron vistas como relacionadas con la Química Verde, por solo el 27,3% de los estudiantes. El Análisis Químico es esencial en el principio 11: Análisis en tiempo real para la prevención de la contaminación: las metodologías analíticas deben desarrollarse más para permitir la supervisión y el control en tiempo real en el proceso antes de la formación de sustancias peligrosas. De igual manera la Química Física, resulta excelente para el diseño de catalizadores, así como su estudio cinético, apoyando de esta manera al principio 9: Catálisis: los reactivos catalíticos (lo más selectivos posible) son superiores a los reactivos estequiométricos.

En aras de tener más información para explorar la necesidad de implementar esta disciplina se recopilaron las respuestas a esta pregunta por parte de los estudiantes de licenciatura en Educación Química. La Tabla 10 resume la información obtenida. De igual manera, los educadores químicos relacionan la Química Sostenible a asignaturas relacionadas con las reacciones químicas, tanto orgánicas como inorgánicas. Mientras, solo un tercio de los alumnos, identifica el Análisis Químico como algo relacionado con la Química Sostenible. Vale aclarar que algunos estudiantes respondieron con nombres de asignaturas que no figuran en el plan de estudios de sus carreras.

Tabla 10: Resultado de la pregunta de la encuesta realizada, sobre las asignaturas que guardan relación con la Química Sostenible en la carrera Licenciatura en Educación Química.

Lic. Ed. Química	Asignaturas	Por ciento
	Biomoléculas	64,28
	Química Orgánica	64,28
	Química Inorgánica	57,14
	Análisis Químico	35,71
	Química Inorgánica Experimental	7,14
	Optativa III	7,14
	Seguridad Nacional	7,14
	Procesos Tecnológicos	7,14
	Química Ambiental	7,14
	Materiales	7,14
	MIQ	7,14

CONCLUSIONES

Como conclusión de este estudio se puede plantear que la mayoría de los estudiantes encuestados en ambas carreras de química de perfil pedagógico creen conocer de Química Sostenible. Sin embargo, solo una parte de ellos tiene idea del concepto correcto de esta rama multidisciplinaria del saber químico moderno. Por otro lado, es aún menor el número de estudiantes que conocen la base de la Química Sostenible, que son los 12 principios definidos por Paul Anastas. Se puede concluir, además, que se conoce poco del aporte potencial de ciertas disciplinas clásicas hacia la Química Sostenible como, por ejemplo: físico-química. Sería conveniente la inclusión de una asignatura, al menos del currículo electivo-optativo, que pueda transmitir este sistema de conocimientos tan necesario para la contribución real de los químicos hacia un Desarrollo Sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altava, B., Burguete, M. I., y Luis, S. V. (2013). Educación cooperativa en Química verde: la experiencia española. *Educación Química*, 24 (S1), 132-138. DOI: 10.1016/S0187-893X(13)72506-0
- Anastas, P. T. y Warner, J. C. (1998). *Green Chemistry: Theory and Practice*. Oxford University Press Inc.
- Blum, Ch., Bunke, D., Hunsberg, M., Roelofs, E., Joas, A., Joas, R., Blepp, M., & Stolzenberg, H.Ch. (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>
- Cannon, A.S, Pont, J.L., y Warner, J.C. (2012). *Green chemistry and the pharmaceutical industry*. In: Zhang W, Cue BW jr (eds) *Green techniques for organic synthesis and medicinal chemistry*. John Wiley & Sons, New York. https://books.google.com/cu/books/about/Green_Techniques_for_Organic_Synthesis_a.htm?id=jqPEnKiJU-0C&redir_esc=y
- Etzkorn, F. A., & Ferguson, J. L. (2023). Integrating Green Chemistry into Chemistry Education. *Angewandte Chemie*, 62, e202209768. DOI: 10.1002/anie.202209768
- Fernandes de Goes, L., Leal, S.L., 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 1), 113-123. <https://www.science-direct.com/science/article/pii/S0187893X13725047>
- Francia. Parlamento Europeo. (2000). Reglamento (CE) n° 2037/2000 del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre las sustancias que agotan la capa de ozono. Diario Oficial de las Comunidades Europeas. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM:l28064>
- Franco-Moreno, R. A. & Ordoñez, L. Y. (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), 84-104. DOI: 10.22201/fq.18708404e.2020.1.70414.
- Mascarell-Borreda, L. & Vilches-Peña, A. (2016). Química verde y sostenibilidad en la educación en ciencias en secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(2), 25-42. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1688>.
- Sheldon, R. A. (2018). Metrics of Green Chemistry and Sustainability: Past, Present, and Future. *ACS Sustainable Chem. Eng*, 6(1), 32–48. DOI: 10.1021/acs-suschemeng.7b03505
- Ziun, V. G., Eilks, I., Elschami, M. & Kümmerer, K. (2021). Education in green chemistry and in sustainable chemistry: perspectives towards sustainability. *Green Chemistry*, (4). 1594-1608. DOI: 10.1039/d0gc03313h