

El enfoque de producciones más limpias en la práctica laboral del Ingeniero Químico

The cleaner production approach in Chemical Engineers' preservice practice

Dra. C. Sarah Isabel Barreto Torrella¹

¹ Universidad de Camagüey

*Autor para la correspondencia (email) sara.barreto@reduc.edu.cu

RESUMEN

Objetivo: El objetivo de este trabajo es exponer los resultados obtenidos a través de la asignatura Ingeniería de Procesos (Optativa III) a partir de la aplicación de “producciones más limpias” como vía para identificar, seleccionar y/o solucionar un problema ambiental en las industrias.

Métodos: Se seleccionaron muestras de informes de dos cursos concluidos y se evaluaron la ubicación, el problema identificado y los resultados obtenidos. Los estudiantes aplicaron herramientas de análisis e ingeniería de procesos, entre otras, para evitar o solucionar problemas ambientales que inciden en la calidad de la producción o en sus costos.

Resultado: El resultado y aporte esencial es la descripción de los resultados obtenidos en la práctica laboral luego de la introducción del enfoque de producciones más limpias en la carrera de Ingeniería Química.

Conclusión: El empleo del enfoque de producciones más limpias contribuye a la formación de competencias profesionales en los futuros ingenieros químicos y favorece el diagnóstico y

solución de problemas en la industria más contextualizados a las necesidades actuales y con una mayor proyección hacia un desarrollo sostenible.

Palabras clave: Educación profesional, práctica laboral, formación basada en competencias, educación ambiental, enfoque de producciones más limpias.

ABSTRACT

Objective: This paper aims at describing the outcomes of the introduction of the cleaner production approach in the subject *Processes Engineering* by identifying, selecting or/and solving environmental problems in industries.

Methods: A sample of students' practice reports were selected to assess the scenario of professional practice, the problems identified and the technical solutions proposed. The students apply analysis and engineering processes tools, among others, to avoid or to solve environmental problems that influence in production quality or in its costs.

Results: The main finding and contribution of the study is the description of the professional practice period after the introduction of the cleaner production approach in Chemical Engineer Major.

Conclusions: Using a cleaner production approach contributes to engineers' professional competencies development in future chemical engineers and favors the identification and solutions of problems in the industry that are more contextualized to current needs and have a larger projection towards sustainable development.

Keywords: professional training, practice period, competency-based education competencies, environmental education, cleaner production focus.

Recibido: 10/05/2018

Aprobado: 09/01/2019

INTRODUCCIÓN

Es importante formar ingenieros más preparados para, a través de su desempeño, prevenir impactos ambientales y promover un desarrollo cada vez más sostenible, en correspondencia con los retos de la humanidad para preservar y mejorar ese bien común que es el medio ambiente y del cual depende la vida en el planeta. Constituye, por tanto, una responsabilidad para el sistema de educación y en particular a las universidades, desarrollar en los futuros profesionales habilidades que les permitan un accionar pertinente y efectivo (Bell, Galilea, & Tolouei, 2010; Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), 2012; Mor & Olivo, 2015).

La educación ambiental, a nivel universitario, se desarrolla desde el pregrado y el postgrado, empleando diversos conceptos y métodos, tales como: el desarrollo de programas de pregrado centrados en escenarios, basados en el aprendizaje a partir de situaciones problemáticas (Bell, Galilea, & Tolouei, 2010), la inclusión en el currículo de la carrera de la unidad curricular “Educación Ambiental” (Mor & Olivo, 2015), de rutas de formación optativas, en pre y postgrado (Castrillón, Arenas, Carmona, & Garcés, 2016). Se promueven y aplican formas de enseñanza en escenarios y situaciones que se acerquen más a las condiciones reales que enfrentarán los futuros profesionales en su vida laboral, para desarrollar en ellos competencias tales como: la solución de problemas (de la profesión, sociales, ambientales), el trabajo en equipos, la construcción y generación de conocimientos (Bell, Galilea, & Tolouei, 2010), la innovación, la transferencia tecnológica (Márquez, et al. 2016), identificar y solucionar problemas, gestión de información, manejo de paquetes computacionales, la comunicación escrita y gráfica (Cisneros, 2016).

Las acciones deben, según (Pitanga, 2016), estar dirigidas al cambio hacia una actitud proactiva de los ingenieros, mediante el desarrollo y aplicación de un pensamiento crítico, holístico, sistémico, de interdisciplinariedad. En tal sentido, debe trabajarse con un enfoque que conduzca a la sostenibilidad, dotando a los estudiantes de herramientas que permitan el logro de objetivos tales como: el aumento de la eficiencia energética, la reducción del uso de materiales y las emisiones de los procesos (Castrillón, Arenas, Carmona, & Garcés, 2016).

La carrera de Ingeniería Química de la Universidad de Camagüey “Ignacio Agramonte Loynaz”, acreditada de excelencia, posee una estrategia ambiental concebida y en ejecución para, con la formación ambiental, lograr un profesional responsable en la preservación y explotación racional del medio ambiente (García, 2008), la cual constituye uno de los ejes metodológicos con sus objetivos y actividades definidos por asignaturas, disciplinas, años y carrera, en correspondencia con la política del gobierno cubano (Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), 2010, 2012; Partido Comunista de Cuba, 2011). Un proceso formativo importante lo constituye la práctica laboral, que es conducida, coordinada, controlada y actualizada por el colectivo de la disciplina Ingeniería de Procesos (Rodríguez, 2014a), (Rodríguez, 2014b).

El colectivo de carrera propuso en 2013 la inclusión de una asignatura optativa en la práctica laboral y que esta tuviera tres salidas: Ingeniería de Procesos Químicos, Ingeniería de Procesos Biotecnológicos e Ingeniería de Procesos Alimentarios, en dependencia de la industria donde realicen su práctica laboral, en el caso del enfoque biotecnológico, existe un programa especial, desde tercer año de la carrera, con estudiantes que se vinculan a este y realizan sus investigaciones en el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología y/o en la propia Universidad de Camagüey, el resto de los estudiantes rota por distintos centros de producción. La asignatura se ubicó en el segundo semestre del cuarto año de la carrera con 304 horas, distribuidas en cuatro de conferencias, siete de talleres, dos de seminario; los 291 restantes son de práctica laboral. El objetivo de la asignatura es proponer medidas, derivadas de un diagnóstico con enfoque de producciones más limpias, que pueden incluir propuestas para mejorar el desempeño, modificaciones tecnológicas, sustitución de equipos o creación de nuevas capacidades, en función de que el proceso u operación analizado resulte más efectivo técnica, económica y ambientalmente a través de la integración de conocimientos y habilidades, adquiridos hasta cuarto año.

La asignatura se ha impartido en tres cursos, pero no se han evaluado los resultados obtenidos. En este trabajo se exponen los resultados alcanzados a través de la asignatura Ingeniería de Procesos Optativa III a partir de la aplicación de “producciones más limpias” como vía para

identificar, seleccionar y/o solucionar un problema ambiental en las industrias y su contribución a la formación de competencias de los futuros profesionales.

MÉTODOS

Se empleó el método de análisis crítico de documentos para identificar las competencias que pueden desarrollarse desde escenarios similares a los que enfrentarán los estudiantes en su vida laboral, los problemas ambientales identificados por los estudiantes y las propuestas para solucionarlos.

Se seleccionaron, al azar, 16 trabajos, nueve del curso 2014-2015 y siete del 2015-2016 y se evaluaron la ubicación, el problema ambiental identificado y los resultados alcanzados

El método sistémico estructural funcional permitió relacionar los escenarios con la estrategia docente desplegada y los resultados alcanzados con las competencias desarrolladas.

Los datos se procesan mediante STATGRAPHICS y EXCEL.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las conferencias, según Ochoa (2007), se llega a los conceptos de “producciones más limpias” y residuos, y desde ese enfoque se indican posibles herramientas a emplear, ya conocidas por ellos, para la identificación de problemas, su jerarquización —considerando su impacto económico, ambiental y/o social—, el planteamiento y análisis técnico económico de alternativas para su solución y su efecto económico, ambiental y social, si así fuere, en la mejora o eliminación del problema mediante indicadores ambientales y de sostenibilidad. Se considera dicho enfoque

porque presupone, como principio, la prevención de la contaminación, la reducción de los residuos, porque pasan a formar parte del propio proceso, incorporándose en otra etapa, o de nuevos productos. En este caso el retorno es mayor y las inversiones se hacen para aumentar la eficiencia del proceso o para realizar modificaciones tecnológicas. La cantidad de residuos vertidos se minimiza o desaparece, en el mejor de los casos, y mejora la imagen de la empresa (Ochoa, 2007, p. 33), (Barreto, Bautista, & Morales, 2011).

Se indican normativas vigentes, indicadores, según se requieran, referidos a flujos máxicos de materiales y energía (Pérez, et al., 2012), de desempeño u otros (Marteel, Davies, Olson, & Abraham, 2003), (Institution of Chemical Engineers, 2006), para medir impactos ambientales, sociales y/o económicos.

Los estudiantes son ubicados en diferentes industrias, de la propia provincia o de Municipios de esta, también en otras provincias como Ciego de Ávila y Las Tunas, en la Figura 1 se aprecia, como era de esperar, que la mayoría de los estudiantes se ubicaron, por provincias, en Camagüey, seguido por Ciego de Ávila y las Tunas, en ese orden; de la propia muestra, se puede ver, en la Figura 2, la ubicación por municipios, la mayoría en Camagüey, seguido de Morón, Amancio Rodríguez y luego a estudiante por lugar en Ciego de Ávila, Florida y Las Tunas, o sea, estuvieron distribuidos en seis municipios, donde son atendidos por un especialista, también tienen un tutor de la Universidad, que puede ser del colectivo de la asignatura o del grupo investigativo que esté conduciendo una investigación, en la que esté involucrado el estudiante, cuyos resultados tributen a su tesis para graduarse de Ingeniero Químico. Obsérvese en la figura dos la variedad de producciones en las que se insertan, de la muestra, tres trabajaron en la cervecería Tílima, dos en el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, igual cantidad en la Destilería Sevilla, en la fábrica de helados, y en fábricas de refrescos y un estudiante en cada una del resto, para un total de 10 industrias. Lo anterior demuestra que los estudiantes, por su ubicación, pueden desarrollar el componente laboral en su formación en condiciones muy similares a las que encontrarán en el ejercicio de su profesión, lo cual contribuye a la formación de competencias tales como la solución de problemas (de la profesión, sociales, ambientales), el trabajo en equipos, la construcción y generación de conocimientos (Bell, Galilea, & Tolouei, 2010) generan

conocimientos al aportar nuevos conceptos y procederes relacionados con “producciones más limpias” a los obreros, técnicos e ingenieros en los que se apoyan para la identificación de problemas y de sus causas y la valoración de alternativas para su solución. Construyen conocimientos en la medida en que pueden explicar sus hallazgos, apoyándose en la bibliografía disponible y encuentran en esas fuentes vías para solucionar los problemas identificados, de ese modo desarrollan las competencias de identificar y solucionar problemas y gestión de información, mencionadas por (Cisneros, 2016).

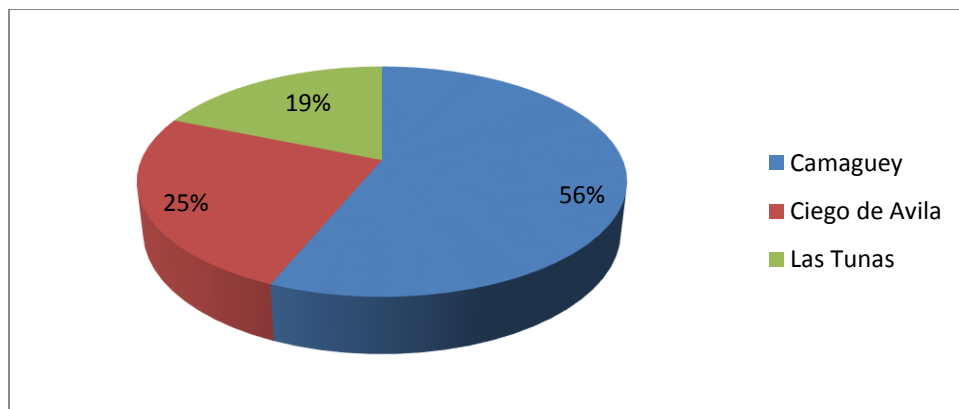


Fig. 1: Distribución porcentual por la ubicación de los estudiantes

Se creó, en la plataforma interactiva MOODLE su sitio, colocando en este la bibliografía básica, creando espacios para foros y para subir, por esa vía, los resultados del seminario y los talleres de aquellos que estuvieran ubicados en otras provincias y municipios no tuvieran que desplazarse hasta el centro universitario, si así lo preferían.

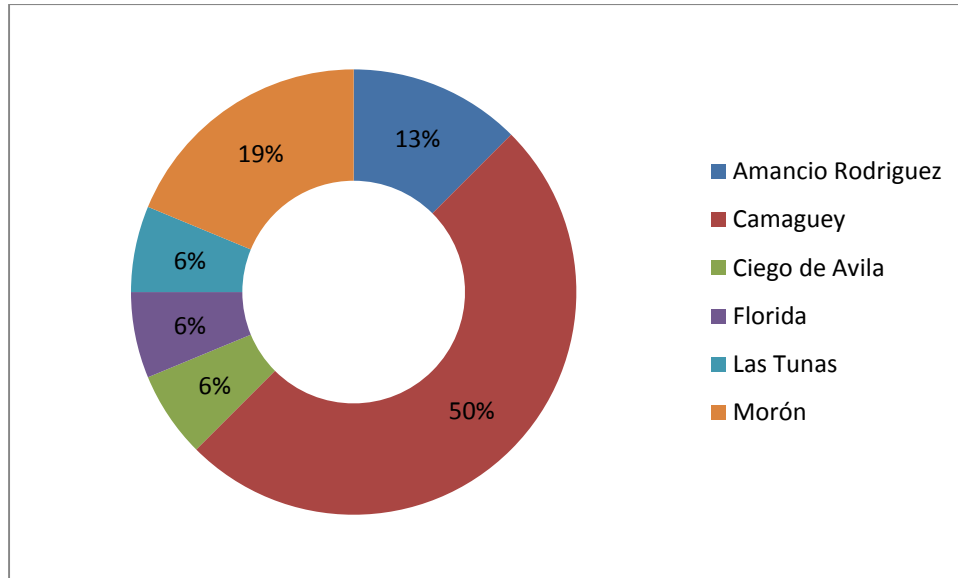


Fig. 2: Ubicación de los estudiantes por municipios

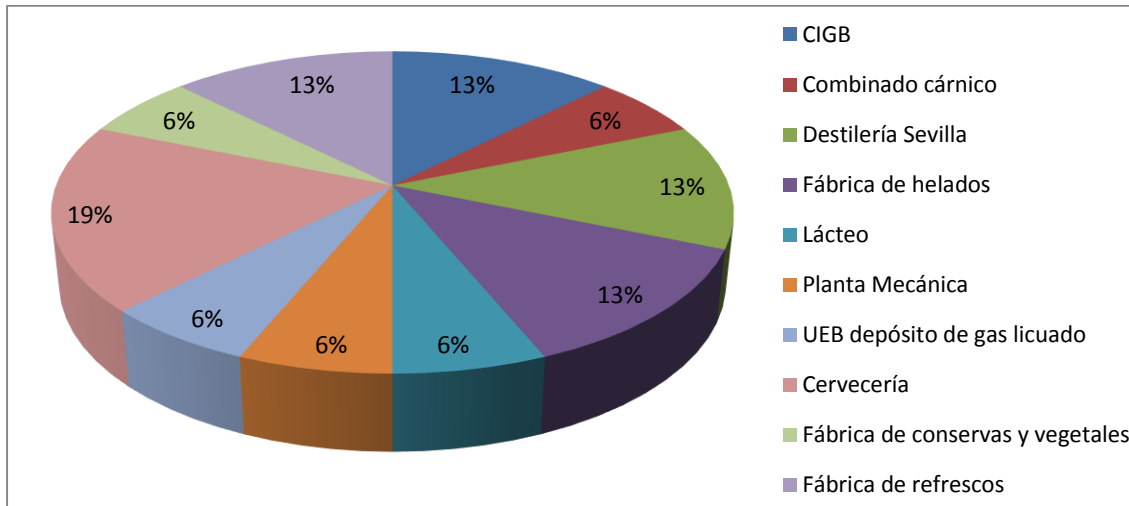


Fig. 3: Distribución de la muestra de estudiantes tomada por tipo de fábrica.

Los estudiantes se llevan una guía y la bibliografía básica que se le orienta. La guía recoge elementos tales como el procedimiento general a seguir, ejemplos de uso de herramientas estadísticas o administrativas para la selección de aspectos ambientales o para el procesamiento

de la información, de diagramas descriptivos y detallados. También se indican las características del informe a entregar.

La evaluación se hace sistemáticamente considerando el desempeño en la industria, la disciplina e independencia y la presentación de resultados parciales y finales. En el primer seminario se evalúa la calidad del diseño de investigación o proyecto, la revisión bibliográfica y la evaluación del proceso realizada constituye el contenido a evaluar en un primer taller, mientras que la propuesta de solución y su correspondiente valoración técnica, económica y ambiental son objeto de evaluación en un segundo taller. Al concluir, los estudiantes entregan un informe y defienden su trabajo frente a un tribunal, que evalúa la presentación, el informe y la defensa, por lo que se les está desarrollando además las competencias de la comunicación oral, escrita y gráfica, señaladas por Cisneros (2016). También usan, indistintamente, distintos paquetes computacionales, para procesar la información, la elaboración de diagramas de flujo y otros gráficos, la elaboración del informe, la presentación de los resultados y la simulación de procesos.

En la tabla 1 se pueden observar los resultados de las investigaciones de los estudiantes, de la muestra seleccionada, nótese que en su gran mayoría están identificando como residuo el exceso de energía empleada, bien porque se pierde o porque el proceso no es eficiente en ese sentido, los costos de operación, derrochados por ese concepto, constituyen costos ocultos, que inciden en los del producto. Si se suman las emisiones de gases que pueden evitarse se contribuye a la disminución de uno de los problemas que más afectan actualmente al mundo, que es el calentamiento global, entre otros problemas, lo cual constituye una prioridad del gobierno cubano.

Los estudiantes no sólo identifican el problema sino sus causas y de ellas analizan una o varias soluciones y su efecto económico y ambiental, para estas valoraciones realizan balances de masa y/o energía, emplean herramientas informáticas, simuladores, herramientas administrativas, usadas en el análisis de procesos como el diagrama de Ishikawa para organizar las causas del problema determinado, el análisis de Pareto, entre otras. Sus procedimientos y hallazgos no solo muestran que se está formando un Ingeniero Químico más preparado para diseñar, controlar y evaluar procesos sostenibles, responsables con la protección del medio ambiente, sino que, de

forma indirecta influyen en los trabajadores, que se relacionen con ellos en la formación de nuevas concepciones para prevenir la contaminación y hacer más eficientes los procesos. Entre las soluciones se aprecian la aplicación de buenas prácticas, soluciones técnicas que llevan inversión, incluyendo el rediseño y la sustitución de equipos, el mantenimiento, la sustitución de medios de cultivos.

Tabla 1: Resultados obtenidos por los estudiantes

N°	Problemas identificados	Propuestas
1.	Emisión de gases, a partir de la combustión, en el área de cocción.	La reducción del tiempo de cocción como medida para la reducción de gases contaminantes. Calculan su efecto económico y ambiental.
2.	Contaminación a partir de residuales líquidos de una destilería.	Tecnología para el tratamiento de residuales y aprovechamiento de un subproducto del tratamiento. Determinan su factibilidad y el efecto ambiental.
3.	El excesivo consumo de combustible fósil en el generador de vapor.	Una medida técnica preventiva para reducir el sobre consumo de combustible por pérdidas de calor, calcula los costos de la inversión, el período para su recuperación y su efecto económico y ambiental.
4.	Alto consumo específico de energía en un proceso biotecnológico.	Identifican al mayor consumidor energético (95 %). Proponen una forma de intensificación del proceso como vía para la disminución del consumo específico de energía.
5.	Elevado consumo de combustible en la generación de vapor en una fábrica de refrescos.	Medidas técnicas para la reducción del consumo energético en la generación de vapor en una fábrica de refrescos, evalúan su efecto económico y ambiental.
6.	Contaminación por vertimiento de aguas residuales de una fábrica de helados.	Se propone el tratamiento de los residuales líquidos de una fábrica de helados. Tratan de analizar las causas del vertimiento lo cual no resuelven.
7.	Alto consumo de energía en un proceso biotecnológico.	La intensificación del proceso como vía para la disminución del consumo específico de energía en el proceso, permite reducir el consumo energético específico para la producción de 1 mg de proteína en 2,5 veces, se maximiza la productividad específica a la vez que se minimiza el costo y el consumo energético. Determinan la cantidad de gases que dejan de emitirse a la atmósfera por ese concepto.

8.	Alto consumo energético en la etapa de cocción en la cervecería Tímina.	Reducción del consumo energético en la etapa de cocción en la cervecería Tímina mediante el mantenimiento de un equipo, calculan su incidencia en los costos y los gases que dejan de emitirse a la atmósfera al reducir el consumo de combustible.
9.	Pérdidas económicas por alteraciones de la calidad de helado crema de chocolate.	Modificación tecnológica. Adición de un tanque de maduración de mayor capacidad q permita mejor proceso de envejecimiento (lo dimensionan).
10.	Elevado consumo energético en un sistema de producción de muebles metálicos.	Sustitución de un equipo de bombeo sobredimensionado por otro que garantiza la producción del área.
11.	Altos consumos energéticos en el sistema de distribución de vapor de la fábrica de conservas «El Mambí».	Reducción del consumo energético mediante el aislamiento de parte del sistema de distribución de vapor. Determinan los costos de inversión, el PRI y la cantidad de gases que dejan de emitirse a la atmósfera.
12.	Altos consumos energéticos en el sistema de distribución de vapor al área de producción de leche pasteurizada.	Reducción de consumo energético mediante medidas técnicas que incluyen el aislamiento de tuberías, el precalentamiento del agua, la instalación de instrumentos de medición para el control del proceso. Calculan el ahorro por año y la cantidad de gases que dejan de emitirse.
13.	Altos consumos energéticos en el sistema de distribución de vapor de la fábrica de refrescos.	Identifican causas de pérdidas energéticas y el efecto ambiental de estas. Proponen medidas que garantizan que disminuya a un 20 % el consumo de combustible; determinan la factibilidad de la inversión y la cantidad de gases contaminantes que dejan de emitirse.
14.	Pérdidas energéticas en la etapa de cocción del proceso de producción de una mortadela.	Proponen medidas técnicas y de control del proceso para la reducción del consumo energético en la etapa de cocción del proceso de producción. Calculan su efecto económico y ambiental.
15.	Alto consumo energético por pérdidas de frío en la etapa de fermentación del proceso de producción de cerveza.	Proponen un sistema de aislamiento de los reactores que reduce el 80 % de las pérdidas de frío, calculan el costo de inversión, su efecto económico y ambiental.
16.	Pérdidas de gas licuado de petróleo en la descarga en la UEB depósito de gas licuado”.	Identifican las causas que influyen en las pérdidas de gas licuado de petróleo. Calculan su efecto económico y ambiental

En prácticas laborales anteriores, correspondientes a otros años, la evaluación ambiental es descriptiva y constituye un complemento de las investigaciones realizadas, para solucionar problemas que responden a objetivos de los propios años, generalmente identifican vertimientos de residuos líquidos o sólidos y su impacto en el medio ambiente. La asignatura Optativa III, al

usar el enfoque de “producciones más limpias”, modifica el modo de actuación del futuro ingeniero, que ve, como residuo, ya no los tradicionales, sino todo aquello que entra al proceso productivo, materiales, energía, etc., y que no sale como producto final y que tiene por tanto un costo oculto que influye en la eficiencia productiva, aplica entonces las habilidades adquiridas a la identificación de las causas y al análisis y propuesta de alternativas de solución, las cuales hacen más eficiente y sostenible el proceso, con un mayor aprovechamiento de los recursos y la reducción de los vertimientos o pérdidas de recursos, lo cual es un paso de avance con relación a las competencias desarrolladas en egresados de otros años, los cuales van a solucionar un problema ambiental existente, generalmente con tratamiento de grandes volúmenes de residuales, lo cual siempre cuesta más, mientras que la asignatura en cuestión los lleva a evitar que se produzcan, a la minimización y a un máximo aprovechamiento.

CONCLUSIONES

La formación de las competencias en los futuros ingenieros es potenciada desde que se ubican en industrias de variados sectores productivos de las provincias y municipios donde ejercerán su vida profesional.

Las propuestas para solucionar los problemas identificados incluyen modificaciones tecnológicas, rediseño de instalaciones, mantenimiento, instalación de aditamentos para el control del proceso, intensificación de los procesos, dirigidas a evitar, fundamentalmente, el exceso de consumo energético en procesos productivos, que influye, de forma indirecta, en la emanación de gases de efecto invernadero, ya que el 81 % de los trabajos seleccionados identificaron como problema el elevado consumo energético en procesos productivos.

El empleo del enfoque de producciones más limpias contribuye a la formación de competencias profesionales en los futuros ingenieros químicos y favorece el diagnóstico y solución de

problemas en la industria más contextualizados a las necesidades actuales y con una mayor proyección hacia un desarrollo sostenible.

REFERENCIAS

Barreto, S., Bautista, R., & Morales, A. (2011). Contribución de las prácticas y herramientas de “producciones más limpias” a la gestión ambiental de la empresa “Planta Mecánica” de Camagüey. *Retos de la Dirección*, 5(1), 29-40. Acceso: 03/04/2018. Disponible en: <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/retos/article/view/125>

Bell, S., Galilea, P., & Tolouei, R. (2010). Student experience of a scenario-centred curriculum. *European Journal of Engineering Education*, 35 (3), 235-245. doi:10.1080/03043791003703169

Castrillón, F., Arenas, E., Carmona, D., & Garcés, B. (2016). Una propuesta para fortalecer el énfasis profesional del currículo de Ingeniería Química. *Formación Universitaria*, 9(1), 35-44. Acceso: 03/04/2018. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-50062016000100005&script=sci_arttext

Cisneros, F. J. (2016). Análisis de valoración y comparación de la formación de ingenieros en la Universidad Politécnica de Tlaxcala y su relación con el mercado laboral. *Revista iberoamericana de educación superior*, 7(20), 42-59. Acceso: 03/04/2018. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-28722016000300042&script=sci_arttext

García, R. (2008). *Estrategia para el desarrollo de la educación ambiental*. Facultad “Ciencias Aplicadas a la Industria”. Camagüey, Cuba: Universidad “Ignacio Agramonte Loynaz”.

Institution of Chemical Engineers. (2006). The Sustainability Metrics. Sustainable Development Progress Metrics Recommended for Use in the Process Industries. Access: 03/04/2018. Available at: <http://www.icheme.org>

Márquez, R., Tolosa, L., Gómez, R., Izaguirre, C., Rennola, L., Bullón, J., & Sandia, B. (2016). Reproducción de un ambiente de innovación en el salón de clase. Una estrategia para promover la creatividad en la educación en Ingeniería Química. *Educación Química*, 27(4), 249-256. Acceso:

03/04/2018. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-893X2016000400249&script=sci_arttext&tlng=en

Marteel, A., Davies, J., Olson, W., & Abraham, M. (2003). Green Chemistry and Engineering: Drivers, Metrics, and Reduction to Practice. *Annual Review of Environment & Resources*, 28(1), 401-428.

Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). (2012). *Enfrentamiento al cambio climático en la República de Cuba. Tarea Vida*. Acceso: 03/04/2018. Disponible en: <http://www.contraloria.gob.cu/documentos/noticias/FOLLETO%20TAREA%20VIDA.PDF>

Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). (2010). *Programa nacional de medio ambiente y desarrollo*. La Habana. Cuba: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Acceso: 03/04/2018. Disponible en: <https://www.gacetaoficial.gob.cu/html/imediaambiente.html>

Mor, B. I., & Olivo, Y. G. (2015). Diseño de un programa de educación ambiental para la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de Los Andes. *EDUCERE*, 19(62), 129-144. Acceso: 03/04/2018. Disponible en: <https://www.redalyc.org/html/356/35641005011/>

Ochoa, P. (2007). *Las producciones más limpias en la gestión empresarial*. Cienfuegos: Editorial Universo Sur.

Partido Comunista de Cuba. (2011). *Lineamientos de la política económica y social del partido y la Revolución*. Ciudad de La Habana: Editora Política. Acceso: 03/04/2018. Disponible en: <http://www.granma.cu/file/pdf/gaceta/Lineamientos%202016-2021%20Versi%C3%B3n%20Final.pdf>

Pérez, A., Cervantes, E., Julián, M. C., González, E., Gómez, A., Oquendo, H., . . . Ramos, L. (2012). Procedimiento para enfrentar tareas de diseño de procesos de la industria azucarera y sus derivados. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 11(2), 333-349. Acceso: 03/04/2018. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-27382012000200012&script=sci_arttext&tlng=en

Pitanga, Â. F. (2016). Crise da modernidade, educação ambiental, educação para o desenvolvimento sustentável e educação em química verde: (re)pensando paradigmas. *Ensaio*

Pesquisa em Educação em Ciências, 18(3), 141-159. Acceso: 03/04/2018. Disponible em: <https://www.redalyc.org/html/1295/129549111007/>

Rodríguez, A. (2014a). *Plan de trabajo metodológico 2014-2015*. Camagüey, Cuba: Departamento de Ingeniería Química. Facultad "Ciencias Aplicadas a la Industria". Universidad de Camagüey.

Rodríguez, A. (2014b). *Programa de la disciplina: ingeniería de procesos (plan D). Curso presencial*. Camagüey, Cuba: Departamento de Ingeniería Química. Facultad "Ciencias Aplicadas a la Industria". Universidad "Ignacio Agramonte Loynaz".

Conflicto de interés:

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

La autora es Doctora en Ciencias Técnicas y Profesora Titular del departamento de Ingeniería Química perteneciente a la Facultad de Ciencias Aplicadas. Ha ejercido la docencia y la investigación por más de 20 años, es miembro de diferentes comités académicos de maestrías.