

Modelo de formación de la competencia diseño tecnológico sostenible en los estudiantes de la carrera de Ingeniería Química

Sustainable technological design competency model in educating Chemical Engineers

Idielyn Cabrera Marrero^{1*}, <https://www.orcid.org/0000-0002-1487-8151>

Roberto Portuondo Padrón †

Liosbel Cabrera Hernández¹, <https://www.orcid.org/0000-0002-5502-323x>

¹Facultad de Ciencias Aplicadas. Universidad de Camagüey “Ignacio Agramonte Loynaz”, Camagüey, Cuba.

*Autor para la correspondencia (email) idielyn.cabrera@reduc.edu.cu

RESUMEN

Objetivo: Este artículo está dirigido a la descripción de un modelo para la formación de la competencia de diseño tecnológico sostenible en los estudiantes de la carrera de ingeniería química.

Métodos: Se emplearon métodos teóricos en la construcción del marco referencial y la modelación para la propuesta del método de desarrollo de la competencia de diseño tecnológico sostenible

Resultados: El resultado fundamental de la investigación fue la propuesta de un modelo de desarrollo de la competencia que comprende la fundamentación de la sostenibilidad, la

transformación de la naturaleza para la obtención de productos químicos, y la formación de la capacidad tecnológica

Conclusiones: La modelación del proceso de formación de la competencia de diseño tecnológico sostenible permitió identificar tres subsistemas que describen sus componentes y cualidades fundamentales y que aluden respectivamente a la motivación, comprensión y sistematización en el logro de la capacidad tecnológica.

Palabras clave: educación por competencias, educación tecnológica, formación profesional, desarrollo sostenible.

ABSTRACT

Objective: This paper aims at describing a sustainable technological design competency model for the education of Chemical Engineer students.

Methods: The authors rely on theoretical methods for constructing a framework and modeling for devising a method for the development of the sustainable technological design competency.

Results: The main finding is the description of the components and qualities of a three-subsystem model that includes sustainability foundations, nature transforming for producing chemicals, and technological capacity education.

Conclusion: Modeling the competency developmental process allows to identify the components and main qualities of three subsystem corresponding to motivation, comprehension, and systematization in attaining technological capacity education.

Keywords: competency-based education, technology education, professional training, sustainable development.

Recibido: 30/03/2021

Aprobado: 28/02/2022

INTRODUCCIÓN

La formación de las nuevas generaciones está enfocada a brindar soluciones sostenibles a las necesidades actuales de la sociedad. Sin embargo, a nivel mundial sigue creciendo el deterioro del medioambiente y sigue imperando una visión económica de la vida por encima de los valores y los intereses sociales. Así, se formulan diseños de procesos químicos que se denominan sostenibles, pero que lo único que sostienen es la falta de un estudio científico de la naturaleza y las inopias propias en ellos, y una vez construida la industria se siguen explotando a expensa de sus efectos negativos, además en la mayoría de los casos no se realizan investigaciones para eliminarlos.

Ante esto, el reto lo constituye formar profesionales capaces de cambiar esas tendencias y que respondan al llamado de producir sin dañar. Matos (2010), en su tesis de doctorado, documenta, que a los estudiantes no se les forma el modelo mental del proceso químico en la disciplina Ingeniería de Procesos y en consecuencia no pueden manejarlo cognitivamente, a ello atribuye, la poca creatividad de los egresados de la carrera de Ingeniería Química. Algunos autores (Carracedo, 2010; Riechmann, 2015; Matos, Crespo & Portuondo, 2020), señalan, que estas habilidades son fundamentales y están basadas en una ética de la relación hombre-naturaleza, plantean la necesidad de formar los valores asociados a ellas y proponen tratarlas como competencia (Mora, Laureano, Gamboa, Ramírez, & Sánchez, 2014; Cabrera, Crespo & Portuondo, 2017). Es por ello que este artículo tiene como objetivo describir un modelo para la formación de la competencia de diseño tecnológico sostenible en los estudiantes de la carrera de ingeniería química, se pretende con esto que los egresados contribuyan a la sostenibilidad de las producciones químicas.

MÉTODOS

La modelación de la competencia diseño tecnológico sostenible toma como referentes la dialéctica materialista, la teoría de los procesos conscientes, el enfoque histórico cultural, la formación en proyectos productivos y ha de apoyarse en los modelos mentales; puesto que para comprender, dirigir, evaluar y manipular un proceso tecnológico es necesario que el ingeniero se represente el proceso y pueda operar con él mentalmente, es por ello que la formación de esta competencia debe implicar la formación en los estudiantes de modelos mentales (Solaz & San José, 2008, p. 4), que converjan con el modelo conceptual del proceso (Rivera, 2012, p. 35, citado por Urgellés, Crespo & Portuondo, 2017).

Se utiliza el método sistémico estructural funcional para confeccionar el modelo que estuvo compuesto por tres subsistemas y de las relaciones entre ellos, y de cada uno de los componentes que lo forman emergerá la competencia de diseño tecnológico sostenible desde donde se potenciará el pensamiento ingenieril para perfeccionar los procesos tecnológicos sostenibles.

RESULTADOS

Se parte de definir el concepto de competencia de diseño tecnológico sostenible y sus implicaciones. En una investigación anterior de la autora principal se define la competencia de diseño tecnológico sostenible como:

una competencia profesional transversal de los ingenieros químicos, que demanda diseñar, comprender, manipular, dirigir y evaluar un proceso tecnológico a partir de relacionar sus variables, con el objetivo de desempeñarse con creatividad, eficiente y exitosamente en la producción sostenible de bienes y servicios, teniendo en cuenta la técnica, la ciencia, los aspectos ambientales, sociales, culturales y económicos involucrados, para la satisfacción

de las necesidades sociales en un contexto socio-histórico determinado y en correspondencia con las demandas del desarrollo humano sostenible (Cabrera, 2019, p. 24).

Se puntualiza, entonces, que aquel estudiante o egresado de la carrera de ingeniería química en el que se haya formado la competencia de diseño tecnológico sostenible ha de desempeñarse de forma tal que:

1. Diseñe y dirija plantas para producciones químicas eficientes, en las que compruebe, mediante escalamiento, que la práctica productiva regenere, no dañe, ni agote el medio ambiente, para la satisfacción de las necesidades actuales de la sociedad socialista cubana sin comprometer a las generaciones futuras.
2. Trate aguas y residuales de forma tal que se restituyan sus valores como sustancias químicas y se conviertan en productos útiles para la vida, procurando siempre que no dañen, ni se agoten como recurso del medio ambiente, para la satisfacción de las necesidades actuales de la sociedad socialista cubana sin comprometer a las generaciones futuras.
3. Conserve los productos químicos de forma tal que no pierdan sus propiedades físicas, químicas y biológicas, especificando las normas de caducidad y previendo sus afectaciones posibles a la sociedad y la naturaleza en el presente y el futuro.

El modelo consta de tres subsistemas. El subsistema de *fundamentación de la sostenibilidad* tiene la función de develar e interrelacionar las necesidades de desarrollo de la ingeniería, de desarrollo del país y del desarrollo humano sostenible, que expresan la interrelación entre el progreso, los fines y los límites de desarrollo para lograr la sostenibilidad. Y está integrado por tres componentes, el de *orientación-formación-vocación profesional*, donde se conjuga la reafirmación y la orientación profesional hacia el desarrollo de la motivación por parte de los estudiantes hacia la carrera; el componente *necesidades socio-políticas de desarrollo*, donde se

conjugan las necesidades individuales y sociales¹; y el componente *necesidad de la sostenibilidad de las producciones químicas*, en el que se expresa la relación homeostática entre sociedad-naturaleza-cultura en el desarrollo, por lo que aparece la motivación consecuente de no solo proteger la naturaleza sino regenerarla.

Entre estos tres componentes se establecen relaciones complejas y a su vez de complementariedad. De estas relaciones emerge la cualidad que denominamos como *motivación eco-socio-ingenieril de sostenibilidad* que surge al estudiante plantearse la contradicción dialéctica entre desarrollar y preservar, impulsando al sistema proceso tecnológico-entorno a coevolucionar.

El segundo subsistema es el de *transformación de la naturaleza para la obtención de un producto químico* y tiene la función de situar la transformación de la naturaleza como la esencia y punto de partida del diseño tecnológico. Cuenta también de tres componentes, el primero de ellos es el de *formación de la habilidad de diseño cualitativo para la transformación de la naturaleza* y está concebido para desplazar la percepción del diseñador del diseño tradicional, de la obtención de un producto hacia el proceso de transformación de la naturaleza. Los indicadores para el análisis cualitativo en función de cumplir con los principios de sostenibilidad planteados por Daly (1990) puede encontrarse en una investigación anterior de la autora principal (Cabrera, 2016). El segundo componente, formación de la habilidad de diseño cuantitativo de transformación de la naturaleza, está basado en el proceso de diseño tradicional, en él se retoma la metodología aportada por Pérez (2012) que consta de 18 pasos donde se analizan todos los indicadores cuantitativos; el tercer, y último, componente de este subsistema es el de *formación de la habilidad de evaluación y control de la transformación de la naturaleza*, mediante el cual se analiza el cumplimiento de los principios de sostenibilidad de Herman Daly y se realizan ajustes para el logro del acoplamiento estructural con el entorno y garantizar la sostenibilidad. Este

¹ Las bases de este componente son *Los lineamientos para la Política Económica y Social del Partido y la Revolución*, en tanto constituyen la expresión más operativa de las necesidades sociales de nuestro país y base de las motivaciones sociopolíticas.

último componente dota al subsistema de la circularidad necesaria para que el diseño sea sostenible.

De la relación entre estos componentes surge como cualidad *la comprensión del diseño sostenible de los procesos químicos*. Del subsistema emerge la cualidad de comprensión del diseño sostenible de los procesos químicos.

El tercer y último subsistema, *subsistema de formación de la capacidad tecnológica*, está formado por tres componentes y tiene la función de precisar el diseño tecnológico en cada nivel del proceso y en el proceso global, evaluar todo el diseño, constatando la coevolución del sistema proceso tecnológico-entorno.

El primer componente: *formación de la habilidad de diseño de la recursividad del proceso tecnológico* tiene en cuenta la “mentipulación” (Lavandero & Massey, 2015, p. 58) y manipulación de cada uno de estos niveles dentro del proceso productivo, desde el más sencillo hasta el más complejo; el segundo componente, que complementa el primero es el de *formación de la habilidad de diseño global del sistema tecnológico* y se enfoca en el más complejo de estos niveles, el del proceso-entorno donde se analiza el acoplamiento estructural y se definen las variables para la evaluación de la calidad del proceso tecnológico; el tercer y último componente es el de *la formación de la habilidad de evaluación del proceso tecnológico*, mediante la evaluación compleja constructiva de tecnologías (ECCT), que tiene un carácter participativo y da la posibilidad de hacer el rediseño de un proceso y compararlo con los valores del proceso real.

Como cualidad, emergente de este subsistema surge la *capacidad tecnológica*, formada por modos de acción asociados a la actividad y procesos psíquicos que se activan recursivamente para lograr la formación de la competencia tecnológica.

El subsistema de fundamentación de la sostenibilidad está contenido en el subsistema de transformación de la naturaleza para la obtención de un producto químico; porque sin la motivación necesaria sería poco probable la comprensión de la necesidad de sostenibilidad de los procesos químicos; ya que se constata la existencia de falsa percepción del riesgo de extinción de la especie humana. (Farré, 2005; Aranda, Portuondo, Iznaga & Tamayo, 2018). Los subsistemas

antes mencionados están inmersos en el subsistema de formación de la capacidad tecnológica, dado que, sin la motivación y la comprensión de la competencia, no se formaría la capacidad. El modelo completo se representa en la figura 1.

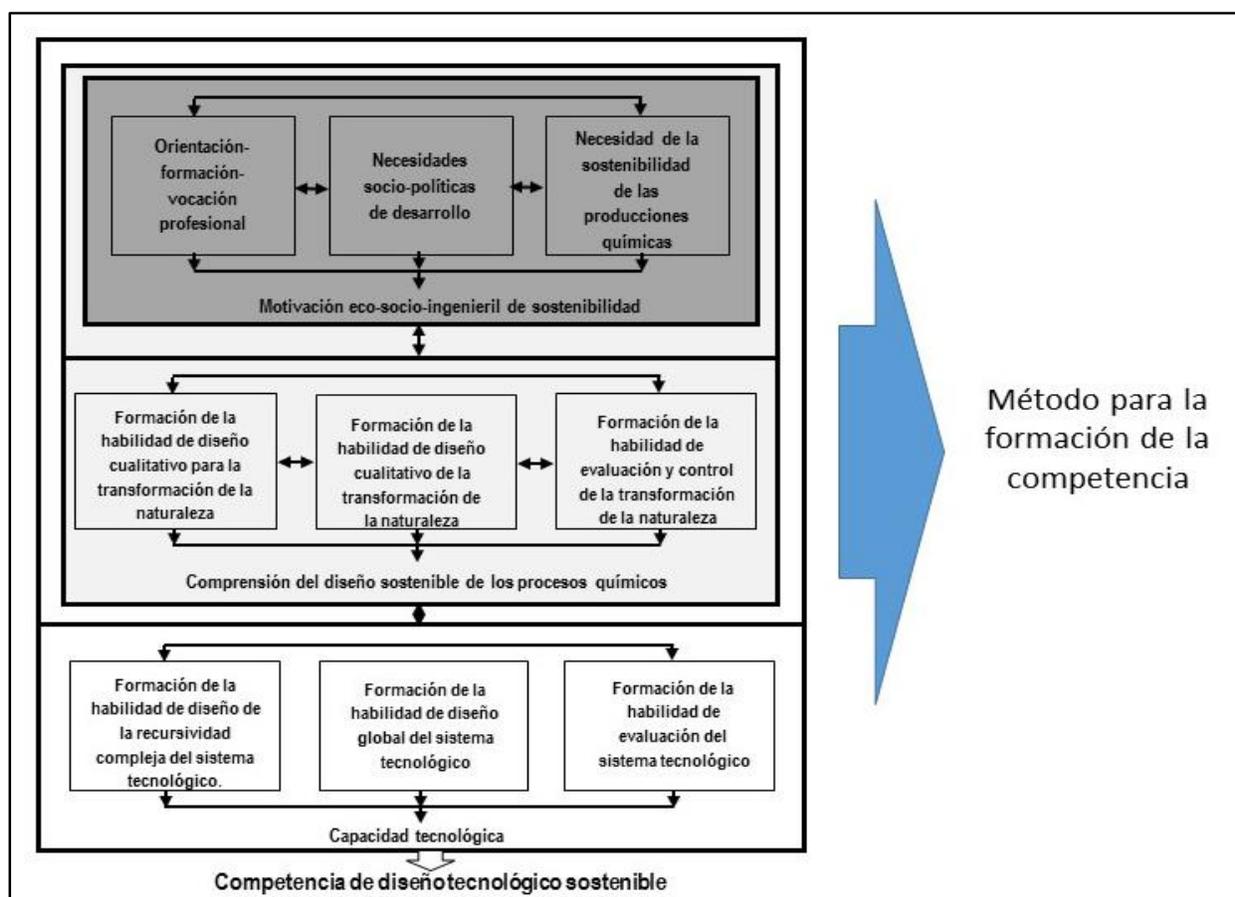


Fig. 1: Modelo de formación de la competencia de diseño tecnológico sostenible

Como se puede observar en la figura 1, la competencia de diseño tecnológico sostenible es la resultante del modelo y teniendo en cuenta los subsistemas como eslabones (motivación, comprensión y sistematización) se obtiene el método para la formación de la competencia. Cómo se explicó anteriormente, una de las bases del modelo es la teoría de los procesos conscientes, que se sustenta en tres leyes fundamentales que obedecen a la caracterización del proceso: primero, en su relación con el medio social (primer subsistema, pertinencia); segundo, en las

relaciones internas del objeto (segundo subsistema, trascendencia) y por último (tercer subsistema, impacto) las relaciones en su dinámica.

El contenido teórico del modelo está compuesto por el propio concepto de competencia de diseño tecnológico sostenible, así como la definición de los subsistemas:

- El subsistema de fundamentación de la sostenibilidad.
- El subsistema de transformación de la naturaleza para la obtención de un producto químico.
- El subsistema de formación de la capacidad tecnológica.

Cada subsistema representa una novedad dentro del modelo, ya que la dinámica de formación se da entre etapas de motivación, comprensión y sistematización; como demostró Torrecilla (2015), en el ámbito de la capacidad modeladora, los procesos de abstracción e interpretación conllevan a niveles superiores de sistematización del pensamiento ingenieril para la formación de la capacidad. Por lo que esta fase podría llamarse de sistematización, dado que en ella emerge la capacidad tecnológica, que se presentan como cualidades que emergen de los subsistemas.

Las relaciones que se dan entre los subsistemas son de subordinación, pero a la vez de complementación, dado que las cualidades que emergen de cada subsistema se encuentran interrelacionadas en forma de eslabones, pues, como se explicó, es imposible la comprensión sin la presencia de la motivación, mientras que sin la comprensión no podría aparecer la competencia objeto de formación.

La sinergia del modelo, se presenta como las relaciones entre los subsistemas y la función general del modelo, pero esta sinergia tiene un carácter complejo, ya que la parte está en el todo y el todo en las partes.

La homeostasis del sistema está precisamente en el cumplimiento de los principios de sostenibilidad y el logro del acoplamiento estructural proceso-entorno, de no lograrse ocurre un aumento de la entropía que desorganiza el sistema, perdiendo su cualidad de estar alejado el

equilibrio termodinámico y no se logra la coevolución con el entorno, o lo que es lo mismo, no existirá el desarrollo sostenible de las producciones químicas.

La autopoiesis del sistema esencialmente se logra a partir de las coevoluciones recurrentes del proceso-entorno a partir de las evaluaciones recurrentes que se presentan como control de los principios de sostenibilidad y en función del juego de relaciones de la red compleja, que precisa su sinergia en el logro del autodesarrollo (sostenibilidad).

Las relaciones esenciales del modelo son las siguientes:

La motivación eco-socio-ingenieril de sostenibilidad emerge a partir de las relaciones entre los componentes de orientación-formación-vocación profesional, de necesidades socio-políticas de desarrollo y necesidad de la sostenibilidad de las producciones químicas.

La comprensión del diseño sostenible de producciones químicas emerge a partir de las relaciones entre los componentes de formación de la habilidad de diseño cualitativo para la transformación de la naturaleza, la formación de la habilidad de diseño cuantitativo para la transformación de la naturaleza y la formación de la habilidad de evaluación y control de la transformación de la naturaleza.

La capacidad tecnológica emerge a partir de las relaciones entre los componentes de formación de la habilidad de diseño de la recursividad compleja del sistema tecnológico, la formación de la habilidad de diseño global del sistema tecnológico y la formación de la habilidad de evaluación del sistema tecnológico.

La regularidad esencial del modelo se expresa como las relaciones entre los subsistemas de fundamentación de la sostenibilidad, de transformación de la naturaleza para la obtención de un producto químico y de formación de la capacidad tecnológica, de donde emerge la competencia de diseño tecnológico sostenible.

CONCLUSIONES

La modelación del proceso de formación de la competencia de diseño tecnológico sostenible en el ingeniero químico permitió revelar tres subsistemas, portadores de las cualidades fundamentales de este proceso, cuyas relaciones se precisan como sistema de relaciones del proceso modelado y que aluden respectivamente a la motivación, comprensión y sistematización en el logro de la capacidad tecnológica.

Se revelan como relaciones esenciales del modelo la motivación eco-socio-ingenieril de sostenibilidad, la comprensión del diseño sostenible de producciones químicas y la capacidad tecnológica.

REFERENCIAS

Aranda, J., Portuondo, R., Iznaga, J. & Tamayo, C. (2018). Formación de un modo de actuación responsable ante los desastres tecnológicos en los estudiantes de ingeniería mecánica. *Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa*, 6(2), 123-131. Acceso: 5/02/2021. Disponible en: <http://refcale.ulead.edu.ec/index.php/refcale/article/view/2132>

Cabrera, I. (2016). *Metodología compleja para el diseño de procesos químicos y biológicos*. Tesis de maestría inédita. Universidad de Camagüey “Ignacio Agramonte Loynaz”, Camagüey, Cuba.

Cabrera, I. (2019). *Formación de la competencia de diseño tecnológico sostenible en los estudiantes de la carrera de ingeniería química*. Tesis doctoral inédita. Universidad de Camagüey, “Ignacio Agramonte Loynaz”, Camagüey, Cuba.

Cabrera, I., Crespo, L. & Portuondo, R. (2017). El diseño curricular desde la perspectiva de la actividad profesional. *Transformación*, 13(3), 406-415. Acceso: 5/03/2021. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2077-29552017000300010

Carracedo, C. (2010). *La formación de una cultura agroecológica sustentable. Caso de estudio Tercer Frente, Santiago de Cuba*. Tesis doctoral inédita. Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.

- Daly, H. (1990). Toward Some Operatinal Principles of Sustainable development. *Ecological Economics*, (2), 1-6. Access: 15/12/2015. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/092180099090010R>
- Farré, J. (2005). Percepción y riesgo. *Comunicación y Sociedad*, (3), 95-119. Acceso: 5/03/2021. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/346/34600305.pdf>
- Lavanderos, L. & Massey, K. (2015). *From Manufacture to Mindfacture: A Relational Viable Systems Theory*. Nueva York: Ed. Business Science Reference.
- Matos, L. (2010). *Estrategia curricular para la formación y desarrollo de habilidades prácticas tecnológicas*. Tesis doctoral inédita. Universidad de Camagüey “Ignacio Agramonte Loynaz”, Camagüey, Cuba.
- Matos, L., Crespo, L. P. & Portuondo, R. (2020). Estrategia curricular para desarrollar habilidades tecnológicas en estudiantes de Ingeniería Química y Licenciatura en Ciencias Alimentarias. *Revista Educación en Ingeniería*, 15(30), 34-41. Acceso: 3/02/2021. Disponible en: <https://educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/view/1138>
- Mora, M., Laureano, A., Gamboa, F., Ramírez, J. & Sánchez, L. (2014). An Affective-Motivational Interface for a Pedagogical Agent. *International Journal of Intelligence Science*, 4(1), 17-23. Acceso: 3/02/2021. Disponible en: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=40856>
- Pérez, A. (2012). *Procedimiento metodológico para el diseño de procesos sostenibles de la agroindustria cubana*. Tesis doctoral inédita. Universidad de Camagüey, Cuba.
- Riechmann, J. (2015). *Cuidar la Tierra*. Barcelona: Icaria.
- Solaz, J. & San José, V. (2008). Conocimiento previo, modelos mentales y resolución de problemas. Un estudio con alumnos de bachillerato. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 10(1), 1-16. Acceso: 5/05/2013. Disponible en: <http://redie.uabc.mx/vol10/no1/contenido-solaz.html>
- Torrecilla, R. (2015). *La formación de la capacidad modeladora matemática en el ingeniero*. Tesis doctoral inédita. Universidad de Ciego de Ávila, Cuba.
- Urgellés, M. O., Crespo, L. & Portuondo, R. (2017). El modo de actuar del Licenciado en Educación Química y su relación con las competencias profesionales. *Revista Santiago*, (143) 402-416.

Acceso: 5/03/2015. Disponible en:
<https://santiago.uo.edu.cu/index.php/stgo/article/view/2525/2318>

Conflicto de interés:

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Idielyn Cabrera Marrero es Ingeniera Química, Doctora en Ciencias Pedagógicas, Profesora Asistente del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Camagüey. Jefa de la Disciplina Integradora de la Carrera de Ingeniería Química. Desarrolló su tesis doctoral en la formación de la competencia de diseño tecnológico sostenible en los estudiantes de la carrera de ingeniería química.

Declaración de responsabilidad individual:

Idielyn Cabrera Marrero: Tuvo a su cargo la construcción del marco teórico, la modelación del desarrollo de la competencia diseño tecnológico sostenible y su introducción en la práctica.

Roberto Portuondo Padrón: Tuvo a su cargo el diseño metodológico de la investigación y la dirección de todo el proceso, colaboró en la gestión de la información y en la modelación de la competencia.

Liosbel Cabrera Hernández: Participó en la aplicación y evaluación de la introducción de los resultados en la práctica a partir de su posición como profesor en las prácticas laborales investigativas en la carrera de Ingeniería Química.