

# 31

Fecha de presentación: febrero, 2018

Fecha de aceptación: mayo, 2018

Fecha de publicación: julio, 2018

## UNA APROXIMACIÓN

A LA ENSEÑANZA DE LA AUTOMATIZACIÓN DESDE EL ENFOQUE DE CTS

### AN APPROACH TO THE TEACHING OF THE AUTOMATION FROM THE CTS FOCUS

MSc. Carlos Rafael Molina Hernández<sup>1</sup>

E-mail: [carlos.molina@umcc.cu](mailto:carlos.molina@umcc.cu)

Dr. C. Walfredo González Hernández<sup>1</sup>

E-mail: [walfredo.gonzalez@umcc.cu](mailto:walfredo.gonzalez@umcc.cu)

Dr. C. Gil Cruz Lemus<sup>2</sup>

E-mail: [gil@tesla.cujae.edu.cu](mailto:gil@tesla.cujae.edu.cu)

<sup>1</sup> Universidad de Matanzas. Cuba.

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría” Cuba.

#### Cita sugerida (APA, sexta edición)

Molina Hernández, C. R., González Hernández, W., & Cruz Lemus, G. (2018). Una aproximación a la enseñanza de la automatización desde el enfoque de CTS. *Universidad y Sociedad*, 10(4), 221-226. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>

#### RESUMEN

Argumentar como influye la enseñanza de la automatización desde el enfoque CTS es el objetivo fundamental del presente trabajo. Se expone, la responsabilidad social de la universidad en la formación del profesional de la ciencia y la tecnología. Se analiza alternativas tecnológicas como estrategia para lograr el desarrollo sostenible. Se consideran aspectos importantes a considerar en el Currículo del Ingeniero Químico, desde su perfil del profesional.

**Palabras clave:** Enfoque CTS, enseñanza del control de procesos, desarrollo sostenible.

#### ABSTRACT

To argue how the teaching of automation influences from the CTS approach is the fundamental objective of this work. It exposes the social responsibility of the university in the training of the professional of science and technology. Technological alternatives are analyzed as a strategy to achieve sustainable development. Important aspects to be considered in the Chemical Engineer's Curriculum are considered from their professional profile.

**Keywords:** CTS approach, process control teaching, sustainable development.

## INTRODUCCIÓN

La ciencia y la tecnología juegan un papel cada vez más importante en el mundo contemporáneo. De actividades aisladas entre sí y alejadas muchas veces de las necesidades sociales concretas en cada lugar y momento específicos, han pasado a convertirse en un binomio con interrelaciones muy estrechas y con aplicaciones cada vez más rápidas en la práctica social.

Para reflejar esta realidad varios autores hablan en términos de actividad científico-tecnológica, desarrollo científico-tecnológico, y algunos van más allá, al emplear el término Tecnociencia como un recurso del lenguaje que persigue expresar con mayor precisión la unidad e interrelaciones referidas.

Se valora algunas alternativas tecnológicas utilizadas en la ingeniería química que permiten el desarrollo sostenible, la responsabilidad social de universidad y aspectos importantes a considerar en el Currículo del Ingeniero Químico.

Para darle cumplimiento al tema del trabajo se definió como objetivo:

- Argumentar la necesidad y el impacto socioeconómico y ambiental en la enseñanza de la Automatización desde el enfoque CTS.

## DESARROLLO

Explicar las circunstancias de la ciencia que se enseñan en las aulas, para introducir los aspectos CTS en el currículo, significa que los estudiantes aprenden a conectar su entorno, los problemas sociales y medioambientales vinculado al desarrollo sostenible en su educación científica (Solbes, Vilches & Gil, 2001).

Resulta asimismo interesante, interpretar la esencia del fundamento de los estudios CTS como *“una nueva visión de la ciencia y la tecnología en contraposición a la tradicional, intelectualista y neutral que existe de esta actividad social, destacando la naturaleza social y cultural de la ciencia y la tecnología como creaciones humanas”* (Arana Ercilla, 2005, p. 307)

Un aspecto a tener presente en los estudios CTS es la innovación. Para el contexto universitario Zabalza (2003, p. 120) explica que la innovación en la universidad *“es introducir cambios justificados (poniendo más énfasis en lo de justificados que en lo de cambio sin más). La calidad del cambio dependerá de lo valioso que sea el cambio en sí mismo y de la justificación que tenga (por qué razón se introdujo y en base a qué criterios se espera que mejoren las cosas)”*.

Sobre las bases de la idea expuesta por Zabalza, permite comprender, que perfeccionar cada día el proceso docente educativo en la universidad, es una forma de innovar.

Muy atinado al enfoque de Ciencia Tecnología y Sociedad es el concepto de desarrollo sostenible, presentado por la Comisión de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas en 1987, evento en el que se definió al desarrollo sostenible como el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.

El desarrollo sostenible es un enfoque en el que se persigue resolver la contradicción entre tecnología y desarrollo. Se intenta lograr compatibilidad para que las soluciones del desarrollo estén centradas en el cuidado y prevención del medio ambiente. Este concepto *“en su definición manifiesta tres dimensiones: la económica, la sociológica y la ambiental. Sostenibilidad es un vocablo que expresa toda una concepción contemporánea, aparecida como consecuencia de una situación de grave insostenibilidad que amenaza el futuro de la humanidad, la cual es un problema engendrado por la misma evolución histórica de esta en su fase capitalista por un consumo depredador que arruina al planeta”* (Machín Armas, Concepción García, Rodríguez Expósito & Riverón Mena, 2012, p. 72)

Los autores Luffiego García & Rabadán Vergara (2000) reflexionan que *“... la escuela es un ámbito importante desde donde puede contribuirse a la generación de una cultura y, por lo tanto, de una demanda de cambio hacia la sostenibilidad”*. (p. 481)

Una alternativa que contribuye con la sostenibilidad ambiental es la Producción más Limpia (PML). La PML *“es una estrategia de gestión ambiental aplicada a los procesos, productos y servicios que implica la optimización, modificación o cambio de los mismos”*. (Bernal, Beltrán & Márquez, 2016, p. 68)

Vélez Macías (1997), argumenta explícitamente:

Una Producción más Limpia puede ser la forma más eficiente de llevar a cabo los procesos, obtener los productos y proveer los servicios. Se reducen los impactos sobre el ambiente y la salud y se disminuyen los costos de producir desechos y emisiones. (...) Se basa en la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integral en los procesos, productos y servicios para incrementar la ecoeficiencia y reducir los riesgos en los humanos y el medio ambiente. Se aplica a:

- Procesos productivos: Preservando las materias primas y la energía, eliminando materias tóxicas y

reduciendo la cantidad y toxicidad de los emisiones y desechos.

- Productos: Reducir los impactos negativos a lo largo del ciclo de vida de un producto, desde que la materia prima es extraída hasta su eliminación final.
- Servicios: Incorporando la inquietud por lo ambiental en el diseño y la distribución. (p. 73)

La importancia de la introducción del concepto de PML en los currículos de la enseñanza de la ingeniería química es que los egresados se convierten en agentes de cambio para el proceso, implica que estos generen soluciones desde el diseño, la explotación y la gestión concienzuda, una industria que reduzcan su impacto ambiental, los costos y los riesgos, y lograr que se eleven la eficiencia y la productividad. Potenciando la formación de profesionales competentes, consientes y comprometidos que dirijan sus esfuerzos hacia un modelo de producción y consumo sostenible.

Otros aspectos a considerar son *“las consecuencias ambientales negativas del consumo de los combustibles energéticos y la preocupación acerca de las reservas y el suministro de los energéticos [sic] ha motivado la optimización de la eficiencia en la extracción, la transportación, el consumo, y la conservación de los recursos energéticos y a la vez, la búsqueda de recursos y fuentes energéticos renovables”* (Badii, Guillen & Abreu, 2016, p. 142).

La utilización del control automático de proceso permite aprovechar al máximo el aporte energético de la combustión completa del combustible, además contribuye a reducir la emisión de monóxido de carbono a la atmósfera.

La utilización de la **energía renovable**, es una alternativa que mejora la eficiencia en la producción de energía, reduce las emisiones de residuo especialmente de los gases de efecto invernadero, aspectos esenciales de la sostenibilidad energética (Egido Cobo, 2005).

Desarrollar tecnologías que permitan el aprovechamiento óptimo de la energía producida es una prioridad. La integración energética es un ejemplo de ello. Su aplicación permite aprovechar la energía contenida en un subproceso para intercambiarlo con otro y, no necesitar generar gastos en producirla. Es una alternativa tecnológica, económica, con impacto ambiental (Benítez Hernández, Martínez Ochoa & Domínguez Alonso, 2007). El control automático de proceso coadyuva a la implementación de la integración energética.

### La responsabilidad social de la universidad

La responsabilidad social de la universidad definida por la Organización de los Estados Americanos- Banco

Interamericano de Desarrollo. (2007, p. 21), explica que es *“una política de calidad ética del desempeño de la comunidad universitaria (estudiantes, docentes y personal administrativo) a través de la gestión responsable de los impactos educativos, cognitivos, laborales y ambientales que la universidad genera, en un diálogo participativo con la sociedad para promover un desarrollo sostenible”*.

Es notorio, como se incluye en la responsabilidad de la universidad la terminología del desarrollo sostenible. Imbrica su compromiso social en la búsqueda de un continuo perfeccionamiento de los planes de estudios en temas vinculados con las soluciones tecnológicas que favorezcan a la sostenibilidad. Por otra parte, la necesidad de la aplicación de metodologías de aprendizaje que promuevan el interés, la motivación y alto grado de involucramiento del alumnado (Díaz Duque, 2015). Por ello, *“plantear los problemas de la profesión para las asignaturas y disciplinas, siempre desde el enfoque de sostenibilidad, pues las tareas académicas o científicas que puedan plantearse a los estudiantes de ingeniería deben caracterizarse por ofrecer la posibilidad de elegir alternativas en las estrategias de solución, para así educar la toma de decisiones, a partir de los criterios de eficiencia, racionalidad y sostenibilidad”*. (Machín Armas, et al., 2012, p. 82)

La formación de ingenieros posee insuficiencia en la introducción de la concepción de la sostenibilidad, según los autores Braun, Díaz, Segalás (2004, 2010, 2015, citado en Machín Armas, Céspedes Montano, Riverón Mena & Fernández Santiesteban (2017), quienes identifican los siguientes aspectos para ser perfeccionados por la Educación Superior:

- No están desarrolladas con precisión las herramientas didácticas que permitan determinar cómo se aplica la concepción de sostenibilidad en el contenido curricular de las ingenierías.
- No es la concepción de sostenibilidad un constructo teórico que manejen con facilidad profesores y estudiantes de las carreras de ingeniería, dada su complejidad intrínseca.
- Como organizador, tecnólogo y gestor de la industria y los servicios en cuanto a recursos humanos, materiales y energéticos el ingeniero necesita manejar con soltura la concepción de sostenibilidad del desarrollo y en especial la energética, lo que está aún por lograr (p. 181)

En consonancia con los preceptos antes mencionados, los ingenieros deben apropiarse de una conciencia social ecológica, ya que la toma de decisiones que realizan en su desempeño cotidiano, deben estar dirigidos hacia la búsqueda de soluciones científicas-tecnológicas, que favorezcan la protección y la preservación

del medio ambiente (Asencio Cabot, 2017; Fernández Bereau, Morales Calatayud & Pérez Cruz, 2016).

Al respecto, Díaz Duque (2015), expone los dos objetivos esenciales (interno y externo) que tiene la universidad respecto a la sostenibilidad:

El primero de ellos está condicionado por la necesidad de entender y explicar la sostenibilidad, con propósitos bien claros y definidos, dirigidos a estudiar, describir y explicar los problemas que enfrenta la sociedad en materia de sostenibilidad. En cuanto al objetivo externo, su carácter es transformador de la sociedad, y consiste en la solución de esos problemas de sostenibilidad que han sido previamente estudiados y explicados, se trata de focalizar e implementar la actuación de los profesores, los alumnos y los egresados por la ruta de la sostenibilidad. (p. 251)

Los autores coinciden con el criterio de Cáceres (2006), cuando explica que *“el diseño de las asignaturas [deben realizarse] de forma que, junto con aspectos técnicos tales como eficiencia, velocidad, coste, etc. se integren aspectos de la sociedad y de la naturaleza pertinentes o de relevancia para dicha asignatura”*. (p. 10)

El currículum es la guía del proceso educativo, en el mismo deben estar insertados los aprendizajes necesarios para el desarrollo integral de cada persona (Wee, 2017) Política y Sociedad

La multiplicidad de procesos en los que puede accionar un ingeniero químico (campo de acción) es muy diversa. Su labor profesional está dirigida a dar solución a toda la problemática que incida en el proceso en el cual están inmersos, basado en principios científicos, consultando fuentes de información, inspirados por su ingeniosidad y experiencia que tributen a resultados sólidos, cuya operación, diseño o desarrollo, concurren total o parcialmente a su competencia profesional.

#### ***Relación entre el ingeniero químico y el perfil de la disciplina Fundamentos de automatización***

En el Documento central del plan de estudios D, para la carrera Ingeniería Química, curso regular diurno o presencial, (República de Cuba. Ministerio de Educación Superior, 2012) se expone que *“por regla general, el trabajo de diseño del ingeniero químico consiste en determinar las dimensiones principales de los equipos, el material idóneo para su construcción, y las condiciones de operación, tales como: temperatura, presión, composición, etc.; que deben prevalecer en sus diferentes partes”*. (p. 13)

Se puntualiza en el documento referido que el ingeniero químico debe especificar el método de control a utilizar y los detalles del sistema de control es responsabilidad de un ingeniero automático. Señala además que:

*“A nivel de una planta completa, una vez que los ingenieros químicos terminan las especificaciones de ésta, el proyecto pasa a manos de los ingenieros mecánicos, eléctricos y civiles, así como de arquitectos y otros profesionales.*

*Una vez construida la planta, vuelve el ingeniero químico a tomar bajo su control la puesta en marcha y operación de la misma”*. (República de Cuba. Ministerio de Educación Superior, 2012, p. 14)

Es oportuno esclarecer, a consideración de los autores, que la puesta en marcha y operatividad de una planta completa u otra instalación, no está bajo el control solo del ingeniero químico, sino de un equipo multidisciplinario de profesionales.

La tendencia de la industria química señala el ascenso de la eficiencia de los procesos, mediante: la sustitución de materias primas, la elaboración de nuevos productos, el empleo más eficiente de portadores energéticos, la reutilización de productos residuales, el incremento de la automatización, entre otras. Por ello la disciplina de Fundamentos de la Automatización juega un papel fundamental para lograr un profesional integral.

#### ***Función del plan de estudios para la disciplina Fundamentos de automatización***

Estas asignaturas muestran al egresado como se conduce y controla la operación de los procesos químicos.

El enfoque educativo actual del currículo para la disciplina Fundamentos de Automatización está orientado hacia el Sistema de conocimientos, Sistema de habilidades y Sistema de valores. En efecto, debe existir una estrecha coherencia en la formación y desarrollo del estudiante entre los componentes académico, laboral e investigativo. En este vínculo entre la práctica industrial y la investigación académica para el control automático de proceso los autores convergen con los criterios expuestos por Mutazzi (s.f.), cuando plantea que:

La práctica industrial y la investigación académica se ven conformadas por los siguientes aspectos:

- La estructura de los procesos químicos es cada vez más compleja, debido a la exigente gestión que demanda el proceso industrial en relación con el aprovechamiento de la energía, las materias primas y la calidad de los productos. Por consiguiente, la aplicación de los sistemas de control tanto para el diseño, la ampliación y las modificaciones del proceso industrial

deben estar abiertos para que el sistema de control se adapte a las nuevas condiciones operacionales de la planta.

- El diseño de un sistema de control implica identificar los objetivos de control, la selección de los parámetros de medición y operación (manipulación) del proceso, como así también, la determinación de los lazos que los conectan y la identificación de los algoritmos que brinden el control apropiado.
- El desarrollo continuo de la informática facilita la simulación de estrategias de control y la implementación de conceptos de control avanzados.

Es necesario que el futuro egresado de ingeniería química se adueñe de la naturaleza de los problemas del control automático y sus atributos. Desde esta perspectiva pueda aportar soluciones ingenieriles a su profesión.

Por lo tanto, es posible formular que:

- El “**Control de Procesos**” químicos es un sujeto de estudio con sus propios senderos y desafíos.
- El diseño de un sistema de control, es algo más que un problema matemático. Debe ser percibido como una tarea propia de ingeniería, con sus desafíos y carencias.
- El conocimiento del fenómeno físico-químico que tiene lugar en un proceso químico es de la mayor importancia para el diseño de un sistema de control efectivo.

Las ingenierías que poseen en su currículo disciplina que fomente, la formación y desarrollo de la habilidad modelar procesos de control automático, posee la potencialidad de aplicar en la enseñanza los conceptos antes analizados (desarrollo sostenible, producción más limpia, integración energética, etc.). De esta manera integrarse a la protección y preservación del Medio Ambiente.

¿Cómo contribuir desde la disciplina Fundamentos de automatización al desarrollo sostenible?

Gómez Sarduy, Reyes Calvo & Guzmán Del Río (2008), al referirse al control automático explican que “**el objetivo del control es mantener las variables controladas próximas a unos valores de consigna fijados a criterio del personal de operación de la planta. Sin embargo, cada vez en mayor medida, el interés se centra en problemas de control de la planta completa, en los que intervienen muchas unidades de proceso que interaccionan**”. (p. 53)

Cada variable de proceso que es controlada en la planta, le proporciona una seguridad operativa a la planta. La industria actual utiliza, elabora u obtiene subproductos, que pueden ser sustancias con características altamente tóxicas, explosivas o perjudiciales para el medio ambiente. El vertimiento directo de estas sustancias al medio, las

condiciones no cerradas de su almacenamiento y traslado pueden provocar escape de estas sustancias según la circunstancia, creando un peligro latente para los recursos humanos, para las poblaciones próximas, para la instalación, así como, la consecuencia que ocasiona al impacto ambiental.

Por la complejidad de los procesos tecnológicos en la industria química, ha sido necesario introducir sistemas de control de procesos automáticos. Su utilización posibilita mantener la competitividad en el mercado con un alto nivel de calidad, seguridad y eficiencia del proceso productivo. Por ello al optimizar constantemente los procesos, utilizando tecnología innovadora se avanza en el frente de la ingeniería de medición, control y automatización encontrando soluciones seguras y eficientes, no solo en el proceso productivo sino también incorporando soluciones compatibles al cuidado del medio ambiente y al ahorro de energía y de recursos. Permite, además, brindar medios que logran el funcionamiento óptimo de los sistemas dinámicos mejorando la calidad, abaratando los costos de producción, expandiendo el ritmo de la producción y se libera al operario de la complejidad de muchas rutinas de las tareas manuales repetitivas, lo que aumenta la seguridad del proceso.

## CONCLUSIONES

En el presente trabajo se refutan las imágenes tradicionales que sobre Ciencia y Tecnología han predominado durante mucho tiempo. A partir de la conceptualización de la innovación se puede comprender el importante lugar que tiene dentro de la actividad científico-tecnológica, así como para el desarrollo social en general.

El desarrollo sostenible es un enfoque en el que se persigue resolver la contradicción entre tecnología y desarrollo. Se intenta lograr compatibilidad para que las soluciones del desarrollo estén centradas en el cuidado y prevención del Medio Ambiente.

La responsabilidad social de las universidades está vinculada a los impactos educativos, cognitivos, laborales y ambientales que la universidad genera para la formación del estudiantado.

La disciplina de Fundamentos de la Automatización juega un papel fundamental para lograr un profesional integral. Su integración al sistema de conocimientos le permite al egresado lograr producir productos químicos y bioquímicos con una alta eficiencia, productividad, al menor costo posible para soluciones tecnológicas que garantice el desarrollo sostenible.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arana Ercilla, M. H. (2005). La educación científico-tecnológica desde los estudios de ciencia, tecnología, sociedad e innovación. *Tabula Rasa*, 3. Recuperado de <http://www.revistatabularasa.org/numero-3/arana.pdf>
- Asencio Cabot, E. (2017). La educación científica: percepciones y retos actuales. *Educación y Educadores*, 20 (2), 282-296. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/eded/v20n2/0123-1294-eded-20-02-00282.pdf>
- Badii, M. H., Guillen, A., & Abreu, J. L. (2016). Energías renovables y conservación de energía. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 11 (1), 141-155. Recuperado de [http://www.spentamexico.org/v11-n1/A12.11\(1\)141-155.pdf](http://www.spentamexico.org/v11-n1/A12.11(1)141-155.pdf)
- Benítez Hernández, A., Martínez Ochoa, Y., & Domínguez Alonso, F. J. (2007). Tecnología Pinch: Una Introducción a la Integración Energética. Recuperado de <http://monografias.umcc.cu/monos/2007/quimec/m07259.pdf>
- Bernal, A., Beltrán, C., & Márquez, A. (2016). Producción más limpia: Una revisión de aspectos generales. *Revista I3+*, 3 (2), 66-84. Recuperado de <http://revistasdigitales.uniboyaca.edu.co/index.php/reiv3/article/download/219/274>
- Cáceres, S. (2006). *Integración del enfoque CTS en la educación en Ingeniería*. I Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS+I. Recuperado de [www.oei.es/historico/memoriasctsi/mesa4/m04p47.pdf](http://www.oei.es/historico/memoriasctsi/mesa4/m04p47.pdf)
- Díaz Duque, J. A. (2015). *La dimensión de la sostenibilidad en la enseñanza de las ingenierías en Cuba*. el Foro de Educación.
- Egido Cobo, J. I. (2005). *Evaluación de la sostenibilidad del modelo energético mundial: energías renovables, ahorro y eficiencia energética*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas.
- Fernández Bereau, V. B., Morales Calatayud, M., & Pérez Cruz, I. (2016). La dimensión ética en los nexos Ciencia-Tecnología-Sociedad. Un estudio de caso en un grupo de investigadores de la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Cienfuegos. *Revista Universidad y Sociedad*, 8 (2), 41-48. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/>
- Gómez Sarduy, J. R., Reyes Calvo, R., & Guzmán Del Río, D. (2008). *Temas especiales de instrumentación y control*. La Habana: Félix Varela.
- Luffiego García, M., & Rabadán Vergara, J. M. (2000). Del concepto de sostenibilidad y su introducción en la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, 18 (3), 486-473. Recuperado de <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/21701/21535>
- Machín Armas, F. O., Céspedes Montano, S. G., Riverón Mena, A. N., & Fernández Santiesteban, E. (2017). Sostenibilidad, ingeniería y enseñanza de las ciencias básicas. Marco teórico conceptual. *Revista Iberoamericana de Educación*, 73, 179-202. Recuperado de <http://rieoei.org/rie73a08.pdf>
- Machín Armas, F. O., Concepción García, M. R., Rodríguez Expósito, F. T., & Riverón Mena, A. N. (2012). La sostenibilidad como enfoque para la formación de los ingenieros en el siglo XXI. *Pedagogía Universitaria*, 27 (2) Recuperado de <http://cvi.mes.edu.cu/peduniv/index.php/peduniv/article/viewFile/19/19>
- Mutazzi, E. (s.f.). Programa analítico de la asignatura Control Automático de Procesos. Recuperado de [http://www2.frba.utn.edu.ar/carreras/quimica/catedras\\_adec/archivos/coneau/coneau\\_control\\_automatiko\\_de\\_procesos.pdf](http://www2.frba.utn.edu.ar/carreras/quimica/catedras_adec/archivos/coneau/coneau_control_automatiko_de_procesos.pdf)
- Organización de los Estados Americanos- Banco Interamericano de Desarrollo. (2007). ¿Cómo enseñar Ética, capital social y desarrollo en la Universidad? Responsabilidad Social Universitaria: ética desde la organización. Whashington: OEA-BID.
- República de Cuba. Ministerio de Educación Superior. (2012). *Documento central del plan de estudios D. Carrera ingeniería química, curso regular diurno o presencial*. La Habana: MES.
- Solbes, J., Vilches, A., & Gil, D. (2001). Epílogo: El papel de las interacciones CTS en el futuro de la enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia- Tecnología- Sociedad (pp. 221-231). Madrid: Narcea.
- Vélez Macías, F. (1997). Industria y Medio Ambiente. *Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia*, 15, 72-83. Recuperado de <http://www.iatreia.udea.edu.co/index.php/ingenieria/article/viewFile/325738/20783072>
- Wee, C. (2017). Sostenibilidad, currículum y calidad. *Educación, Política y Sociedad*, 2 (1), 77-91. Recuperado de [https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/676825/REPS\\_2\\_1\\_5.pdf?sequence=1](https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/676825/REPS_2_1_5.pdf?sequence=1)
- Zabalza, M. A. (2003). Innovación en la enseñanza universitaria. *Contextos Educativos*. Recuperado de <https://publicaciones.unirioja.es/ojs/index.php/contextos/article/download/531/495>