



## DIDÁCTICA

# Reproducción de un ambiente de innovación en el salón de clase. Una estrategia para promover la creatividad en la educación en Ingeniería Química



Ronald Márquez\*, Laura Tolosa, Rubén Gómez, César Izaguirre, Leonardo Rennola, Johnny Bullón y Beatriz Sandía

Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela

Recibido el 10 de marzo de 2016; aceptado el 8 de julio de 2016

Disponible en Internet el 14 de septiembre de 2016

### PALABRAS CLAVE

Aprendizaje por productos;  
Competencias en ingeniería química;  
Creatividad;  
Saber hacer;  
Innovación

**Resumen** El proceso enseñanza-aprendizaje en la educación universitaria tradicional utiliza estrategias que colocan al estudiante como un receptor de información transmitida por el profesor, la cual es conceptualizada como conocimiento. La realidad en que vivimos requiere generar soluciones de formación que permitan satisfacer las necesidades de los individuos en el desarrollo de competencias o saber-hacer, para dar respuestas a la sociedad, para formar individuos capaces de aprender a aprender y aprender a transferir, preparados para buscar continuamente el conocimiento y capacitados para crear e innovar. En este trabajo se presentan los resultados de la aplicación de la estrategia «Reproducción de un Ambiente de Innovación en el Salón de clase» (RAIS) en asignaturas del currículo de Ingeniería Química, de la Universidad de los Andes, Mérida-Venezuela. Esta es una estrategia de enseñanza-aprendizaje y evaluación donde el estudiante es copartícipe de la construcción y generación del conocimiento, desarrollando las competencias propuestas en la asignatura a través de la ejecución de un producto. La estrategia RAIS fue aplicada en las asignaturas Físicoquímica para Ingenieros Químicos, Química Industrial I y Laboratorio de Química Industrial, donde los estudiantes obtuvieron con éxito un producto, utilizando el saber-hacer en el área de cada curso. Esta estrategia generó un incremento en la motivación con respecto a otros cursos basados en clases magistrales, y el desarrollo de la capacidad de desenvolverse y encontrar soluciones en ambientes de trabajo con grupos multidisciplinarios. Es importante resaltar que más de un 80% de los estudiantes indicó que la estrategia RAIS contribuye a su desarrollo personal y formación para realizar investigación aplicada. Derechos Reservados © 2016 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [marqueyronald@ula.ve](mailto:marqueyronald@ula.ve) (R. Márquez).

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México.

**KEYWORDS**

Product learning;  
Skills in chemical  
engineering;  
Creativity;  
Know-how;  
Innovation

**Reproducing an innovation environment in the classroom. An strategy to promote creativity in Chemical Engineering education**

**Abstract** The teaching-learning process in traditional college education uses strategies that place the student as a recipient of information transmitted by the teacher, which is conceptualized as knowledge. The reality in which we live requires generating training solutions to meet the needs of individuals in the development of skills or know-how to respond to society, to form individuals capable of learning to learn and learning to transfer, prepared to continually seek knowledge and able to create and innovate. In this paper, the results of the implementation of the strategy 'Reproducing an Innovation Environment in the Classroom' (RAIS) in courses of the Chemical Engineering curriculum, in Universidad de Los Andes, Mérida-Venezuela are presented. This is a strategy of teaching, learning and assessment in which the student is a co-participant in the construction and generation of knowledge, developing the skills proposed in the course by the execution of a product. RAIS strategy was applied in the courses of Physical Chemistry for Chemical Engineers, Industrial Chemistry I and Laboratory of Industrial Chemistry, where students obtained a finished product using the know-how in the area of each course. This strategy led to an increase in motivation over other courses based on lectures, and the development of the ability to function and find solutions in multidisciplinary groups workplaces. It is important to note that more than 80% of students said the RAIS strategy contributes to their personal development and training for applied research.

All Rights Reserved © 2016 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. This is an open access item distributed under the Creative Commons CC License BY-NC-ND 4.0.

**Introducción**

La educación, en su contexto actual, presenta exigencias grandes y complejas. Concebir la educación como un todo requiere que se estructure en torno a 4 aprendizajes fundamentales: aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a vivir juntos y aprender a ser (Delors, 1996). La enseñanza actual se centra en el aprender a conocer, y en menor cuantía y en algunos pocos casos, en el aprender a hacer, dejando de lado las otras 2 formas de aprendizaje. Se hace urgente trascender la visión puramente instrumental de la educación, para considerar lo que se acepta como su función en toda su plenitud, a saber, la autorrealización de la persona (Maslow, 1973).

En este sentido, son valiosos los aportes de la psicología humanista y transpersonal sobre el proceso de autorrealización del ser humano (Wilber, 1979), por un lado identificando las características del carácter propias de una persona que se autorrealiza, y por otro, desarrollando y fortaleciendo en ellas los procesos y actitudes necesarios para que sea capaz de crear condiciones favorables para su crecimiento personal. Descubrir, despertar e incrementar las posibilidades creativas y la capacidad de tomar iniciativas son condiciones fundamentales para ese desarrollo personal y social, y representan los objetivos más amplios de la educación (Delors, 1996).

La creatividad y la capacidad de emprender son condiciones que el ser humano puede desarrollar a través de procesos que fortalezcan actitudes como resiliencia, autocontrol e inteligencia social (Dweck, 2006; Duckworth, Peterson, Matthews y Kelly, 2007; Farrington et al., 2012). También realizando actividades que promuevan el crecimiento de la capacidad innovadora, tales como la observación desde diversos puntos de vista, el trabajo colaborativo

y la generación y conexión de ideas, estrategias que han sido presentadas por diversos autores (Keller, 1987; Seelig, 2012). Estas actitudes y capacidades contribuyen a que el estudiante pueda desenvolverse creando emociones positivas, comprometiéndose a tener buenas relaciones interpersonales y un significado de propósito en la vida que lo lleven a lograr los objetivos que se propone, entre ellos, el bienestar personal (Maslow, 1973; Peterson y Seligman, 2004; Seligman, 2011).

Los autores, un grupo de profesores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes (ULA), ubicada en la ciudad de Mérida, Venezuela, han iniciado la transformación de la enseñanza en sus aulas, aplicando la estrategia «Reproducción de un Ambiente de Innovación en el Salón de clase» (RAIS) como proceso de enseñanza-aprendizaje donde el estudiante es copartícipe de su propio aprendizaje, a través del desarrollo de capacidades de creatividad, innovación y trabajo colaborativo. Es una propuesta que se presenta en un escenario de una alta tasa de deserción estudiantil unido a la disminución progresiva del rendimiento a lo largo de todo el plan de estudios (Calderón, 2008). Los autores consideran que, además de las deficiencias en la preparación básica preuniversitaria de los estudiantes, la falta de motivación y de confianza en sí mismos son causantes, en parte, de esta situación.

La estrategia RAIS tiene por objetivo principal involucrar a los estudiantes en el desarrollo de un producto que responda a una necesidad real de la sociedad a la que pertenece. Los estudiantes son motivados y orientados a manejar integralmente los conocimientos, los propios de la asignatura en cuestión y de manera general, todos aquellos que sean necesarios para el desarrollo exitoso del proyecto. RAIS se fundamenta en el aprendizaje por construcción y descubrimiento, el aprendizaje cooperativo y colaborativo, el

aprendizaje por producto y la reproducción de un ambiente empresarial en el salón de clase (Carretero, 1993; Diaz-Barriga y Hernández, 2002; Sandia et al., 2011a).

Una asignatura diseñada de acuerdo a RAIS busca implementar las características de una compañía de arranque (*Start-Up*). Estas son organizaciones pequeñas, con una mínima jerarquía interna, que nacen de individuos emprendedores en alguna área particular, que identifican una idea, una oportunidad (producto o servicio), y se organizan para ejecutarla, promoviendo prácticas asociadas a la innovación, la creatividad y el desarrollo. En general, una compañía de arranque diseña un producto, y su crecimiento se centra alrededor del desarrollo de este. La estrategia RAIS simula las características del ambiente de trabajo en una compañía de arranque, que conducen a un trabajo efectivo y productivo. Estas características son: alto nivel de motivación en los ejecutores, estructura organizativa que define los roles y responsabilidades, planificación de las actividades a ejecutar para lograr las metas, gerencia y seguimiento de los procesos apropiados, talento humano con habilidades y conocimientos adecuados para el trabajo, y disponibilidad y manejo adecuado de recursos (Sandia, Gutiérrez Pinzone y Páez Monzón, 2011b).

De esta manera, el salón de clases donde se aplica RAIS se transforma en un conjunto de empresas de arranque, de manera que todo el proceso de enseñanza y aprendizaje gira alrededor del desarrollo de un producto que conduce al logro de los objetivos y mejoramiento de competencias educacionales (Zapata, 2005). En este ambiente, los estudiantes se desenvuelven según sus talentos, demostrando sus competencias y habilidades a lo largo del manejo y la integración de los objetivos y de los conocimientos a desarrollar en la asignatura (Sandia et al., 2011a). El contenido programático del curso sirve de base para la búsqueda de las explicaciones fundamentales asociadas al desarrollo técnico del producto.

Es importante resaltar que la estrategia RAIS incorpora elementos para la formación de profesionales con una conciencia ética de seres universales y con visión de emprendedores (UNESCO, 1998; Sandia et al., 2011b). Respalda la formación del profesional que se requiere actualmente, capaz de desenvolverse en entornos multiculturales, en proyectos inter y transdisciplinarios, enfocados en el crecimiento de la capacidad de creación individual y colectiva (Bruner, 1966). Es pertinente y coherente con la gran disponibilidad de recursos para el acceso prácticamente global a la información, como internet, bases de datos, textos, publicaciones, lo que supera inevitablemente a la esfera de conocimientos del profesor, transformando el proceso tradicional de enseñanza-aprendizaje de dar y recibir, en un nuevo y renovado proceso de aplicación, construcción y manejo integral de los mismos.

En este trabajo se presentan los resultados de la aplicación de RAIS en las asignaturas Físicoquímica para Ingenieros Químicos, Química Industrial I y Laboratorio de Química Industrial. Son asignaturas obligatorias pertenecientes al sexto y octavo semestres del currículo de la carrera de Ingeniería Química de la ULA, donde a la vez que se imparten fundamentos técnicos e instrumentales, se lleva a cabo una integración de los mismos para generar el conocimiento complejo de los procesos químicos industriales. La estrategia RAIS se ha mostrado efectiva en el logro de esta integración y aplicación de conocimientos.

## Metodología

La implementación de la estrategia RAIS requiere que las características del ambiente de trabajo y la planificación para la ejecución del producto se encuentren claramente establecidas desde el inicio del curso.

Se debe propiciar la creación de un ambiente de innovación y de trabajo similar al de una empresa, donde es importante para el éxito y cumplimiento de los objetivos de desarrollo del producto la etapa de conformación de las compañías. Para el caso de las asignaturas aquí señaladas, cada compañía está conformada por 5 integrantes, propuestos por los mismos estudiantes. Es importante la delimitación clara de los roles de los miembros de las empresas de arranque: el Director Ejecutivo y Consultor, el cual es personificado por el profesor; el rol de Gerente ejecutado por un estudiante en cada compañía; y el rol de los Profesionales que trabajan y desarrollan el producto en cada empresa. En la [tabla 1](#) se presentan los elementos, la estructura y la descripción de los roles en la aplicación de la estrategia RAIS.

El producto RAIS a desarrollar por la compañía debe ser universal, factible, que permita el trabajo colaborativo y que el profesor se sienta capaz de ejecutarlo. En este caso, la propuesta y selección del producto es realizada por los estudiantes, quienes proponen varios productos posibles para desarrollar, y se selecciona uno que cumpla con las características antes mencionadas, estableciendo claramente los objetivos que se deben alcanzar al finalizar el mismo. El producto debe incorporar para su obtención los conocimientos de los contenidos de la asignatura, la esencia de la misma.

La calidad del producto RAIS está basada en la aplicación e integración de conocimientos, en la disciplina y efectividad del trabajo y en la evaluación constante, todo enmarcado en un ambiente de innovación. Para conseguir con éxito el cumplimiento de los objetivos, se debe tener definido claramente un plan de trabajo, con sus respectivas fases y actividades. En la [tabla 2](#) se muestran las diferentes fases de un proyecto tipo RAIS, con las actividades que comprende cada una y el tiempo estimado de ejecución, para un semestre de 16 semanas.

La evaluación en RAIS es formativa, continua e integral, e incorpora una serie de elementos esenciales propios del desempeño académico y social de los estudiantes. La [tabla 3](#) muestra los elementos particulares que se evalúan en cada una de las fases del proyecto. Es importante la capacitación de conocimientos en los contenidos esenciales de la asignatura, y de su relación con el desarrollo del producto RAIS, así como que el joven desarrolle habilidades de capacidad de planificación de actividades, planteamiento y cumplimiento de objetivos, redacción y presentación de conceptos y contenidos de la asignatura de forma escrita y oral, habilidades creativas y de trabajo en equipo. Esta integración tiene como objetivo que el estudiante tenga un conocimiento global de los contenidos de la asignatura y que desarrolle fortalezas del carácter como resiliencia, autocontrol y proactividad. Estos elementos deben estar presentes en la evaluación del desempeño académico.

Además, en la [tabla 4](#) se señalan los indicadores de evaluación utilizados, resaltando que se realiza una evaluación continua, tanto grupal como individual, donde se incluyen

**Tabla 1** Estructura metodológica

Elementos	Estructura y descripción de roles
Grupos de alumnos	Desarrollan roles de Gerente y Profesionales de las compañías, las cuales están conformadas por 5 estudiantes. Se promueve que los estudiantes sean coparticipes de su propio aprendizaje a través del desarrollo de capacidades de emprendimiento, creatividad y trabajo colaborativo
Finalidad	Desarrollo y obtención de un producto a través de trabajo colaborativo, reproduciendo un ambiente de innovación en el salón de clase
Herramientas	Uso de herramientas tecnológicas y materiales de soporte que permitan la ejecución del producto, así como la documentación del trabajo, y la comunicación multidireccional entre todos los miembros de las compañías
Función del profesor	Director ejecutivo – Consultor en el proceso de propuesta y selección del producto a desarrollar, desarrollo del producto y presentación del informe final del proyecto. Retroalimentación en el proceso de construcción del proyecto y del trabajo de laboratorio
Presentación de resultados	Presentación del producto desarrollado, resaltando sus características innovadoras, ventajas y beneficios para la sociedad, así como la relación que existe entre los contenidos programáticos de la asignatura y los conocimientos fundamentales que fueron necesarios para obtenerlo. Esta presentación se hace pública en la «Feria RAIS» que se organiza para tal fin

competencias y destrezas claves para el desarrollo profesional del Ingeniero Químico como cálculo de balances de materia y energía, equilibrio termodinámico, propiedades fisicoquímicas, entre otros.

## Resultados y discusión

La estrategia RAIS se aplicó en 5 cursos de la Escuela de Ingeniería Química de la ULA, durante el período 2010 a 2014. Entre los cursos se encuentran asignaturas teóricas y de laboratorio. En la [tabla 5](#) se muestran las características de cada una de las asignaturas estudiadas, así como los productos desarrollados por sus estudiantes. Las asignaturas objeto de estudio fueron 2 asignaturas teóricas, una básica, Físicoquímica para Ingenieros Químicos, y una aplicada, Química Industrial I. Además, una asignatura práctica de laboratorio, el Laboratorio de Química Industrial, con el objetivo de integrar las diferentes modalidades de cursos

**Tabla 2** Plan de trabajo. Ejecución del producto

Fases (período)	Actividades
1. <sup>a</sup> fase (2 semanas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Formación de compañías</li> <li>– Planteamiento del producto</li> <li>– Selección del producto innovador a desarrollar</li> <li>– Establecer los objetivos a lograr y características finales del producto a desarrollar</li> <li>– Estudio de los fundamentos básicos para la formación de una empresa</li> <li>– Entrega del cronograma de actividades semanales a desarrollar<sup>a</sup></li> </ul>
2. <sup>a</sup> fase (4 semanas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Revisión bibliográfica y de estado del arte de la formulación del producto</li> <li>– Entregas quincenales de informes parciales de avance del proyecto</li> <li>– Entrega de la revisión bibliográfica y retroalimentación por parte del profesor</li> <li>– Selección del proceso y procedimiento experimental para obtener el producto usando como base los trabajos previos de desarrollo de productos similares estudiados en la revisión bibliográfica</li> </ul>
3. <sup>a</sup> fase (6 semanas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Trabajo experimental de laboratorio, formulación y desarrollo del producto</li> <li>– Retroalimentación y apoyo constante del docente como consultor para que el desarrollo del producto cumpla con los objetivos planteados</li> </ul>
4. <sup>a</sup> fase (4 semanas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Redacción de los resultados, conclusiones y recomendaciones</li> <li>– Construcción final del proyecto<sup>b</sup></li> <li>– Presentación del producto en público a través de la «Feria RAIS»</li> <li>– Diseño de la página web de la compañía</li> </ul>

<sup>a</sup> Los objetivos y cronograma se ajustan para que cada empresa pueda desarrollar el producto con éxito en un estimado de 4 horas semanales extra-cátedra y una reunión de trabajo semanal o quincenal con el docente-consultor.

<sup>b</sup> La retroalimentación continua del docente-consultor permite que en las fases 2 y 3 se hayan desarrollado las secciones del proyecto: Introducción, Revisión Bibliográfica, Objetivos, Justificación, Antecedentes, Experimental y Resultados, y en la fase 4: Conclusiones y Recomendaciones. Por lo tanto, en la fase 4 ya se han realizado las correcciones recomendadas por el docente para la construcción del proyecto final.

que pueden existir en un plan de estudios de Ingeniería Química. El total de jóvenes estudiantes que desarrollaron el curso a través de RAIS fue de 147.

En la [tabla 6](#) se presentan los datos estadísticos del promedio de calificaciones, el porcentaje de alumnos aprobados, reprobados y de abandonos de la asignatura luego de haberla iniciado. Se presenta en 2 grupos: el primero correspondiente a los jóvenes que cursaron la asignatura con la estrategia RAIS, y el segundo, al grupo control de cursos que se realizaron en el semestre inmediato anterior o posterior al estudiado con la estrategia, los cuales fueron

**Tabla 3** Elementos evaluables por fases

Etapas	Elementos evaluables
1. <sup>a</sup> fase	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Conocimiento de los contenidos programáticos de la asignatura</li> <li>– Capacidad de plantear objetivos y planificación de actividades</li> <li>– Proactividad</li> </ul>
2. <sup>a</sup> fase	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Conocimiento de las bases teóricas y experimentales de los contenidos de la asignatura</li> <li>– Redacción y presentación de conceptos y contenidos de la asignatura de forma escrita</li> </ul>
3. <sup>a</sup> fase	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Habilidades creativas y de trabajo de laboratorio</li> <li>– Trabajo en equipo</li> <li>– Resiliencia</li> <li>– Expresión, conocimiento y conexión de ideas y conceptos para desarrollar el producto</li> </ul>
4. <sup>a</sup> fase	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Conocimiento global de los contenidos de la asignatura</li> <li>– Presentación del manuscrito del proyecto y del producto</li> <li>– Capacidad de expresión oral</li> </ul>

desarrollados con clases magistrales. A partir de los datos de la [tabla 6](#), se observa que los cursos RAIS presentan en promedio un incremento del 28% de alumnos aprobados con respecto a los grupos control. Un punto importante a observar es que el número de estudiantes que abandonan la asignatura disminuye en un 17% en promedio, esto se debe principalmente a que la estrategia RAIS requiere un seguimiento continuo y el cumplimiento de los objetivos y competencias del curso, tanto por parte del joven como del docente. Otra característica importante es que las fortalezas del carácter tales como proactividad, creatividad y resiliencia se evaluaron en las reuniones de trabajo periódicas entre el docente-consultor y los integrantes de cada empresa, y, a través de cuestionarios ([Seligman, 2016](#)),

**Tabla 4** Indicadores de evaluación

Indicador	Ponderación <sup>a</sup>
Informes parciales: Cronograma, Objetivos, Justificación, Revisión bibliográfica, Experimental, Resultados, Conclusiones y recomendaciones, Bibliografía	15%
Trabajo experimental y grupal	10%
Proyecto final	10%
Presentación en público	10%
Diseño y construcción de la página web	5%
Evaluación parcial 1	12,5%
Evaluación parcial 2	12,5%
Evaluación parcial 3	12,5%
Evaluación parcial 4	12,5%

<sup>a</sup> Las evaluaciones parciales permiten evaluar el avance y el resultado en la capacitación de conocimientos individualmente.

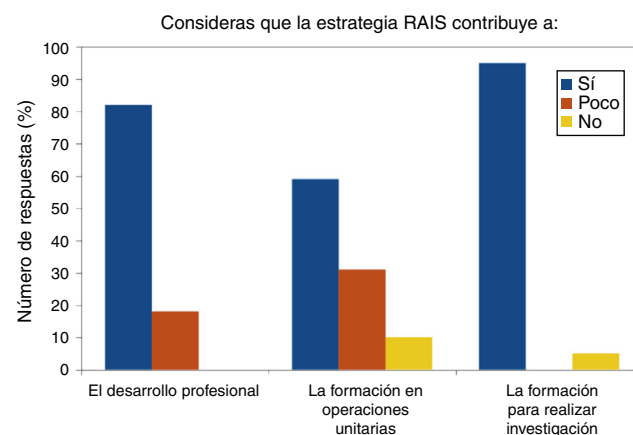
observándose que son un instrumento útil para que los jóvenes indaguen acerca de su desarrollo personal ([Peterson y Seligman, 2004](#)).

Los resultados obtenidos en los cursos en los cuales se aplicó RAIS muestran que esta estrategia de enseñanza-aprendizaje permite realizar el seguimiento de las actividades, progresos y cumplimiento de los objetivos de la asignatura; además, el estudiante obtiene experiencia de ingeniería de productos en un ambiente que simula una empresa y crea además competencias de seguridad en sí mismo para presentar en público el producto desarrollado. RAIS se adapta a las características de la asignatura, es flexible, permite que se realice una evaluación objetiva y formativa, humana y humanizadora. Es una evaluación compleja porque el joven se pregunta muchas cosas, y donde además se puede cumplir el objetivo del estudio, el cual es que los estudiantes descubran e integren nuevas experiencias y conocimientos ([Seelig, 2012](#)).

La estrategia RAIS también es una educación por competencias que toma en cuenta la actitud y el valor del joven, promueve vivir el aprendizaje como la expresión personal y social de vocación del educador y da la oportunidad al docente de propiciar vivencias pedagógicas, donde se refuerzan los éxitos. Su evaluación formativa basada en la reflexión, producto de la interacción entre el docente y el estudiante, genera como resultado la comprensión y el compromiso ([Dweck, 2006](#); [Duckworth et al., 2007](#); [Sandia et al., 2011b](#)).

En la [tabla 7](#) se presentan los resultados de la valoración de la estrategia RAIS a través de una encuesta realizada a una muestra aleatoria del 30% de los estudiantes que cursaron asignaturas en las cuales se aplicó la estrategia. Se observa una aceptación de la estrategia de un 90%, en comparación con la educación orientada a clases magistrales.

Además, en la [figura 1](#) se muestra la apreciación de la estrategia RAIS con respecto a la preparación de los jóvenes para su vida profesional o la continuación del plan de estudios en asignaturas que prosiguen a estas, como Operaciones Unitarias, así como a su formación para realizar investigación orientada a proyectos de grado o como investigadores. Se observa que un 60% de los encuestados indican



**Figura 1** Valoración de la aplicación de la estrategia RAIS con respecto a la formación académica y profesional por los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Química que han desarrollado productos.

**Tabla 5** Características de las asignaturas estudiadas

Asignatura	Semestre	Estudiantes (n)	Productos <sup>a</sup>
Fisicoquímica para Ingenieros Químicos Asignatura teórica 6.º semestre 6 h/semana Objetivo: <i>Introducir el desarrollo conceptual de los fenómenos fisicoquímicos y su importancia en la Ingeniería Química.</i> Asignaturas afines del mismo semestre: <i>Química Industrial I y Operaciones Unitarias II</i>	B2010	49	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Crema cicatrizante y antiacné en base a aloe</li> <li>– Producción de jarabe para la tos con base en plantas naturales</li> <li>– Producción de licor cremoso por fermentación de panela</li> <li>– Producción de compost en base a desechos orgánicos</li> <li>– Gel antibacterial para las manos</li> <li>– Planta de electrorrecubrimiento de metales</li> <li>– Protector solar de SPF 50+</li> <li>– Producción de biodiésel</li> <li>– Producción de queso crema saborizado</li> <li>– Formulación de gel para el cabello en base a extracto de linaza</li> <li>– Producción de cerveza artesanal</li> <li>– Formulación de crema anestésica en base a eugenol</li> <li>– Formulación de limpiador desinfectante en base a hipoclorito de sodio</li> </ul>
Química Industrial I Asignatura teórica 6.º semestre 4 h/semana Objetivo: <i>Lograr que el estudiante comprenda la refinación del petróleo y los diferentes productos de la refinación.</i> Asignaturas afines del mismo semestre: <i>Fisicoquímica y Operaciones Unitarias II</i>	B2011	37	Diseño conceptual de: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Planta de deshidratación de crudo</li> <li>– Planta de destilación atmosférica y vacío</li> <li>– Planta de craqueo catalítico fluidizado</li> <li>– Planta de hidrodesulfuración</li> <li>– Planta de alquilación</li> <li>– Planta de flexicoking</li> <li>– Planta de recuperación de azufre</li> </ul>
Laboratorio de Química Industrial Asignatura práctica 7.º semestre 4 h/semana Objetivo: <i>Manejar la Química Industrial práctica y sus aplicaciones en Ingeniero de Procesos.</i> Asignaturas afines del mismo semestre: <i>Química Industrial II</i>	B2011	20	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Producción de gasolina, combustible de avión y gasóleo</li> <li>– Producción de pectinas y mermeladas</li> <li>– Producción de jabones de tocador</li> <li>– Producción de jabón lavaplatos</li> </ul>
	U2014	20	Obtención de productos de cera de abejas: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Crema cicatrizante y humectante</li> <li>– Protector labial</li> <li>– Jabón en base a cera de abejas</li> </ul>

<sup>a</sup> Cada uno de los proyectos se encuentran publicados con acceso libre en la página web: <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/marquezronald/>

que la estrategia sí contribuye a la preparación para asignaturas subsiguientes, las cuales requieren conocimientos y competencias desarrolladas en los cursos en los que se aplicó RAIS, mientras que una proporción del 80% indican que contribuye al desarrollo profesional y un 90% a la formación para realizar investigación.

Los resultados obtenidos muestran que la estrategia de enseñanza-aprendizaje y evaluación RAIS contribuye a la creación y desarrollo de competencias necesarias para la vida profesional del individuo. También, esta permite el desenvolvimiento de fortalezas del carácter del joven tales como creatividad, resiliencia y autocontrol a través del planteamiento de objetivos, el desarrollo de una idea y la concreción de la misma a través de la ejecución de un

producto, el cual, además, integra las competencias y los objetivos del curso, permite la formación de la capacidad de trabajo colaborativo y la interiorización de los conocimientos esenciales de la asignatura.

Es necesario resaltar que la aplicación de la estrategia RAIS requiere del compromiso del profesor y de los estudiantes, particularmente por el seguimiento e interacción continua que son necesarios para lograr los objetivos y desarrollar las competencias de la asignatura. En la Universidad de los Andes los profesores universitarios también cumplen funciones de investigación y extensión, por lo que se recomienda que la estrategia sea aplicada en proyectos compartidos entre varias asignaturas donde un grupo de docentes cumplan las funciones de Director ejecutivo

**Tabla 6** Estadísticas globales de calificaciones de las asignaturas RAIS estudiadas y de las asignaturas control con clases magistrales

Asignatura RAIS	Semestre	Estudiantes (n)	Promedio de calificaciones <sup>a</sup>	Aprobados (%)	Reprobados (%)	Abandono (%)
Fisicoquímica para Ingenieros Químicos	B2010, A2013	86	11,6	<b>73,3</b>	10,5	<b>16,3</b>
Química Industrial I	B2011	37	14,1	<b>91,9</b>	0,0	<b>8,1</b>
Laboratorio de Química Industrial	B2011, U2014	40	16,7	<b>100,0</b>	0,0	<b>0,0</b>
Asignaturas control	Semestre	Estudiantes (n)	Promedio de calificaciones	Aprobados (%)	Reprobados (%)	Abandono (%)
Fisicoquímica para Ingenieros Químicos	A2010, B2012	105	9,5	<b>44,8</b>	29,5	<b>25,7</b>
Química Industrial I	A2012	46	11,3	<b>67,4</b>	15,2	<b>17,4</b>
Laboratorio de Química Industrial	A2010, A2013	28	12,9	<b>67,9</b>	0,0	<b>32,1</b>

<sup>a</sup> La escala de calificaciones es de 0 a 20 puntos, siendo 10 puntos aprobado.

**Tabla 7** Valoración de la estrategia RAIS por los estudiantes que han participado en su aplicación

¿En qué semestre te encuentras?	7.º-8.º 54%	9.º-10.º 14%	Graduado 32%
¿Cómo consideras que es la educación en la Escuela de Ingeniería Química?	Clases magistrales 71%	Orientada a proyectos 15%	Orientada a productos 14%
¿Qué tipo de educación consideras que se identifica más contigo?	Clases magistrales 10%	Orientada a proyectos 52%	Orientada a productos 38%
¿En qué asignatura desarrollaste RAIS?	Fisicoquímica 72%	Química Industrial I 23%	Lab. de Qca. Indust. 5%
Consideras que la estrategia RAIS para cumplir los objetivos de la asignatura es:	Muy buena 45%	Buena 45%	Regular/Inadecuada 10%
¿Consideras que la educación debe enfocarse en proyectos y productos?	Sí 89%	No 11%	

y Consultor en el desarrollo y obtención de los productos finales que permitan la transdisciplinariedad del conocimiento.

## Conclusiones

La aplicación de la estrategia de enseñanza-aprendizaje y evaluación RAIS promueve la creación y activación de capacidades de emprender de los estudiantes a través de la formación de compañías que desarrollan un proyecto para la obtención de un producto. De esta forma, promueve el aprendizaje colaborativo y cooperativo, así como la inteligencia colectiva al estimular a los estudiantes a sumar

esfuerzos, capacidades y competencias, para obtener juntos un resultado. RAIS promueve el aprendizaje autogestionado y autónomo, para formar individuos capaces de aprender a aprender y aprender a transferir, preparados para buscar continuamente el conocimiento. Además, esta estrategia motiva al estudiante, desarrollando destrezas y aptitudes de creatividad e innovación, necesarias en el ámbito profesional de ingeniería química y en la formación para realizar investigación aplicada, lo que posibilita realizar un cambio en la estructura tradicional de clases magistrales y evaluaciones escritas, para que la educación en la Universidad en carreras científicas pueda adecuarse a la tendencia mundial actual de una educación basada en productos y grupos inter y transdisciplinarios.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Referencias

- Bruner, J. S. (1966). *Toward a Theory of Instruction* (Vol. 59). Harvard University Press.
- Calderón, S. (2008). *Informe del rendimiento de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Química en el periodo 2003-2008*. Mérida, Venezuela: Universidad de los Andes.
- Carretero, M. (1993). *Constructivismo y educación*. Editorial Progreso.
- Delors, J. (1996). *La Educación encierra un tesoro. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el siglo XXI*. Madrid: Santillana/UNESCO.
- Díaz-Barriga Arceo, F. y Hernández Rojas, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista* (2.ª ed.). México: McGraw Hill.
- Duckworth, A. L., Peterson, C., Matthews, M. D. y Kelly, D. R. (2007). Grit: Perseverance and passion for long-term goals. *Journal of Personality and Social Psychology*, 92(6), 1087.
- Dweck, C. (2006). *Mindset: The New Psychology of Success*. Random House.
- Farrington, C. A., Roderick, M., Allensworth, E., Nagaoka, J., Keyes, T. S., Johnson, D. W., et al. (2012). *Teaching Adolescents to Become Learners: The Role of Noncognitive Factors in Shaping School Performance—A Critical Literature Review*. Chicago, IL: Consortium on Chicago School Research.
- Keller, J. M. (1987). Strategies for stimulating the motivation to learn. *Performance & Instruction*, 26(8), 1–7.
- Maslow, A. H. (1973). *El hombre autorrealizado. Hacia una psicología del ser*. Kairós.
- Peterson, C. y Seligman, M. E. (2004). *Character strengths and virtues: A handbook and classification*. Oxford University Press.
- Sandia, B., Gutiérrez, D., Hernández, D., Alvarado, J., Puig, J. E. P., Paredes, M. J. V., et al. (2011 Abril). RAIS: una estrategia para el manejo integral de conocimiento. *Experiencias en ingeniería*. pp. 115–122. Ciencia e Ingeniería.
- Sandia, B. E., Gutiérrez Pinzone, G. D. y Páez Monzón, G. (2011). pp. 379–388. *Enseñanza de la Ingeniería reproduciendo el Ambiente de Innovación* (15) Educere: Un manejo integral de conocimientos., 51
- Seelig, T. (2012). *inGenius: A Crash Course on Creativity*. Hay House, Inc.
- Seligman, M. E. (2011). *Learned Optimism: How to Change Your Mind and Your Life*. Vintage.
- Seligman, M.E. Questionnaire Center | Authentic Happiness [online], Positive Psychology Center, Universidad de Pensilvania. Recuperado el 28 de febrero de 2016, de <https://www.authentichappiness.sas.upenn.edu/es/testcenter>
- UNESCO. Declaración Mundial sobre la Educación Superior en el siglo XXI. Visión y Acción. Informe Final. Conferencia Mundial sobre la Educación Superior, París, 5-9 de octubre de 1998, pág. 19.
- Wilber, K. (1979). *La conciencia sin fronteras: aproximaciones de Oriente y Occidente al crecimiento personal*. Kairós.
- Zapata, W. A. S. (2005). Formación por competencias en educación superior. Una aproximación conceptual a propósito del caso colombiano. *Revista Iberoamericana de Educación*, 36(9), 1–10.