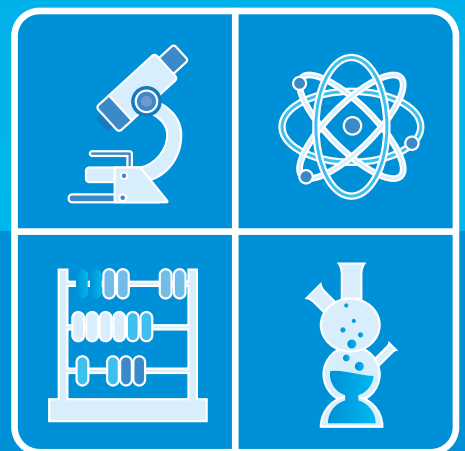




# Encuentro de Ciencias Básicas

# 4

Las ciencias básicas y los nuevos retos.  
Experiencias significativas en el aula  
y I Congreso internacional de  
Red de Departamentos de  
Ciencias Básicas: ciencia y tecnología





UNIVERSIDAD CATÓLICA  
de Colombia  
Vigilada Mineducación

# Encuentro de Ciencias Básicas

# 4

Las ciencias básicas y los nuevos retos.  
Experiencias significativas en el aula  
y I Congreso internacional de Red de  
Departamentos de Ciencias Básicas:  
ciencia y tecnología

Bogotá, Colombia

Año: 2020

Vol. 4

pp. 1-148

ISSN impreso: 2590-7026

ISSN electrónico: 2590-7018

ISSN: 2590-7026 (impreso)  
ISSN: 2590-7018 (en línea)

Bogotá, D. C., Colombia

#### **Dirección editorial**

Stella Valbuena García

#### **Coordinación editorial**

María Paula Godoy Casasbuenas

#### **Corrección de estilo**

Gabriela de la Parra M.

#### **Diagramación**

Mauricio Salamanca



Esta revista se acoge a la licencia Creative Commons (CC BY-NC de Atribución – No comercial 4.0 Internacional): “Esta licencia permite a otros entremezclar, ajustar y construir a partir de su obra con fines no comerciales, y aunque en sus nuevas creaciones deban reconocerle su autoría y no puedan ser utilizadas de manera comercial, no tienen que estar bajo una licencia con los mismos términos”.

#### **HECHO EL DEPÓSITO LEGAL**

El editor y los autores son responsables de los artículos publicados.

#### **Editor**

Fredy Ramón Garay-Garay

#### **Comité Científico**

Francisco Alejandro Sánchez Acero

Giovanni Martínez López

Rubén Darío Castañeda Barbosa

Blanca Susana Mejía Vélez

Nelly Yureima Martínez

#### **Departamento de Ciencias Básicas**

Diag. 46A N.º 15B-10

Bogotá, D. C.

[cienciasbasicas@ucatolica.edu.co](mailto:cienciasbasicas@ucatolica.edu.co)

#### **Editorial**

Universidad Católica de Colombia

Av. Caracas N.º 46-72 piso 5

Bogotá, D. C.

[editorial@ucatolica.edu.co](mailto:editorial@ucatolica.edu.co)

[www.ucatolica.edu.co](http://www.ucatolica.edu.co)

# Contenido

<b>Prólogo</b>	5
<i>Fredy Ramón Garay-Garay</i>	
<b>Valor agregado en instituciones de educación superior de Bogotá</b>	9
Added value in higher education institutions in Bogotá	
<i>Yeimmy Katherine Serrano León, Alberto Montalvo Castro, Julio César León Luqueza, Jony Enrique Romero Guerrero, John Álvaro Soto Quintero</i>	
<b>Reflexiones pedagógicas sobre el contexto de enseñanza y aprendizaje en el Departamento de Ciencias Básicas de la Fundación Universitaria del Área Andina</b>	22
Pedagogical Reflections on the Context of Teaching and Learning in the Departments of Basic Sciences of Fundación Universitaria del Área Andina	
<i>Nelly Yolanda Céspedes Guevara, Javier Cortés Martín</i>	
<b>Evaluación de la responsabilidad social empresarial en un proceso licitatorio</b>	31
Evaluation of Corporate Social Responsibility in a Bidding	
<i>Édgar Antonio Pinto Cruz</i>	
<b>Desarrollo de competencias científicas en cursos de Química</b>	46
Development of Scientific Competences in Chemistry Courses	
<i>Margarita Rendón Fernández, Vanessa Gómez</i>	
<b>Desempeño en la prueba específica de Pensamiento Científico: componente de Física, pruebas Saber Pro 2017</b>	58
Performance on the Specific Scientific Thinking Test: Physics Component, Saber Pro 2017 Tests	
<i>Katherine Serrano León, Alberto Montalvo Castro, Julio César León, Jairo Coral Campaña, José Martínez Saavedra</i>	
<b>Variaciones de aprendizaje en línea: una experiencia integradora de arte y geometría</b>	69
Variations of Online Learning: An Integrating Experience of Art and Geometry	
<i>Catalina del Pilar Murcia Flórez</i>	

<b>Influencia de las comunidades de práctica en el aprendizaje social de aula</b>	80
Influence of the Practice Communities in the Classroom Social Learning Process	
<i>Ehvia Ramos-Delgado, Emilbus A. Uribe, Gabriel Fernando Acevedo-Amaya</i>	
<b>Evaluación por competencias en física mecánica</b>	92
Competency-based Evaluation in Mechanical Physics	
<i>Alejandro Ferrero Botero, Carlos Andrés Flórez</i>	
<b>Características de la enseñanza del concepto de razón de cambio en las áreas de Física y Cálculo de la Universidad de La Salle y la Universidad Católica de Colombia</b>	103
Characteristics of the Teaching of the Concept of Rate of Change in the Areas of Physics and Calculus at the Universidad de La Salle and the Universidad Católica de Colombia	
<i>Francisco Niño Rojas, Wilson Pico Sánchez, Marco Aurelio Barrero Cubillos</i>	
<b>Elementos identitarios de las prácticas de los docentes universitarios de ciencias básicas: diseño y validación de un instrumento sobre identidad docente</b>	125
Identity Elements of the Practices of University Teachers of Basic Sciences: Design and Validation of an Instrument on Teaching Identity	
<i>Fredy Ramón Garay-Garay, Susana Mejía Vélez</i>	
<b>Estudio DFT y QTAIM de moléculas orgánicas (PAZ, CHR, TCNQ, PTZ, PMA y BINA) con posible aplicación en electrónica molecular</b>	136
A DFT and QTAIM Study of Organic Molecules (PAZ, CHR, TCNQ, PTZ, PMA and BINA) with Possible Application in Molecular Electronic	
<i>Emilbus A. Uribe, Gabriel Fernando Acevedo-Amaya</i>	

La investigación en educación sigue siendo el camino hacia la transformación de las prácticas docentes. En una sociedad demandante de cambios que vayan de la mano con el movimiento, el desarrollo y el avance de la industria, la economía del conocimiento, de la ciencia y la tecnología. La educación en general —y la científica en particular— no puede quedarse rezagada a prácticas tradicionales centradas en conceptos, que son memorísticas, operacionales y repetitivas. Esto obliga a repensar los modelos educativos, la dinámica de las instituciones de formación, los contenidos programáticos a ser enseñados, los nuevos roles de los estudiantes y, sobre todo, la formación inicial y continua de los docentes.

Emergen cuestionamientos alrededor de la formación docente, por ejemplo, ¿cuál debe ser el modelo más asertivo, eficiente e integral de formación, que dé cuenta de las necesidades sociales? ¿El modelo actual de formación sí responde a los requerimientos contextuales de la localidad, de la región o del país? Para reflexionar sobre estos cuestionamientos citaremos algunas definiciones:

**Docentes:** Las personas que desarrollan labores académicas directa y personalmente con los alumnos de los establecimientos educativos en su proceso enseñanza aprendizaje se denominan docentes. Estos también son responsables de las actividades curriculares no lectivas complementarias de la función docente de aula, entendidas como administración del proceso educativo, preparación de su tarea académica, investigación de asuntos pedagógicos, evaluación, calificación, planeación, disciplina y formación de los alumnos, reuniones de profesores, dirección de grupo, actividades formativas, culturales y deportivas, atención a los padres de familia y acudientes, servicio de orientación estudiantil y actividades vinculadas con organismos o instituciones del sector que incidan directa o indirectamente en la educación (Art.5 Decreto 1278 de 2002).

**Profesión docente:** De conformidad con lo establecido en el artículo 2 del Decreto Ley 2277 de 1|979, las personas que ejercen la profesión docente se denominan genéricamente educadores.

Se entiende por profesión docente el ejercicio de la enseñanza en planteles oficiales y no oficiales de educación en los distintos niveles. Igualmente incluye esta definición a los docentes que ejercen funciones de dirección y coordinación de los

planteles educativos, de supervisión e inspección escolar, de programación y capacitación educativa, de consejería y orientación de educandos, de educación especial, de educación de adultos y demás actividades de educación formal autorizadas por el Ministerio de Educación Nacional, en los términos que determine el reglamento ejecutivo (Colombia, Ministerio de Educación Nacional, s. f.).

Se observa que, aun en el glosario del Ministerio, las definiciones y construcciones sobre el ser profesor están en un plano general, lo que supone, en definitiva, que su campo de acción y sus múltiples funciones obligan a cuestionar si los modelos de formación están apuntando al profesional que requiere el país. En ese sentido, cabe preguntarse si esta discusión debería ser abordada respecto al perfil profesional de los profesores universitarios, pues si bien, debido a la autonomía, las universidades definen los perfiles que más se adecúen a sus instituciones, vale la pena revisar: ¿Quién forma a los docentes universitarios? ¿Qué buscan las IES cuando contratan un profesional que no es del sector de educación para formar parte de sus equipos de trabajo? ¿Están buscando profesionales no profesores para formar futuras generaciones? ¿Requieren profesores o investigadores? Ahora bien, hasta qué punto esta caracterización del perfil docente universitario está asociado a los índices de abandono, por parte de los estudiantes, de los estudios de nivel terciario.

En suma, esto valida los esfuerzos que hace la comunidad de investigadores en educación por establecer un corpus teórico, que no solo examine la función social del docente, sino que invite a estamentos ministeriales a reformular tanto su diccionario como las políticas públicas educativas, para que mejoren los modelos de formación inicial y continua, e incidan positivamente en los índices de abandono de la educación superior y transformen la realidad social de nuestros egresados.

El IV Encuentro de ciencias básicas: las ciencias básicas y los nuevos retos. Experiencias significativas en el aula y I Congreso internacional de Red de Departamentos de Ciencias Básicas: ciencia y tecnología, se desarrolló en las instalaciones de la Universidad Agustiniiana y contó con el apoyo y la organización de la Red de Departamentos de Ciencias Básicas, constituidas por las universidades Católica de Colombia, Agustiniiana, Santo Tomás, de La Salle y Sergio Arboleda. En estas memorias se recopilan los mejores trabajos de investigación y reflexión presentados en el evento, que aportan discusiones desde diferentes perspectivas teóricas al problema central que convoca este evento.

Identificar los retos para reducir los índices de deserción estudiantil universitaria, en particular de las áreas de ciencias básicas —Química, Física, Matemáticas y Estadística— supone trabajar en pro de consolidar el papel de la ciencia y la tecnología en la formación de los futuros profesionales, para que sean ellos quienes transformen las realidades sociales y promuevan el desarrollo económico e industrial del país.

En este sentido, el IV Encuentro de ciencias básicas promueve espacios de reflexión en torno a tales desafíos, al convocar a una comunidad de especialistas para socializar los resultados de investigación, reflexión e innovación frente a estos. Aquí se involucra la relación entre las ciencias básicas, la formación profesional y el abandono de los estudios de educación superior.

El lector se encontrará con textos que indagan sobre los elementos identitarios de los profesores universitarios, así como el desarrollo de competencias y pensamiento científicos en la enseñanza de la química y la física universitarias, el valor agregado en las instituciones de educación superior y reflexiones en los campos de la pedagogía y la didáctica en la enseñanza de las ciencias básicas, así como trabajos en las áreas disciplinares como estudio DFT y QTAIM de moléculas orgánicas (PAZ, CHR, TCNQ, PTZ, PMA y BINA) con posible aplicación en electrónica molecular, entre otros.

Invitamos a profesores universitarios, profesores investigadores y a toda la comunidad académica a transitar por las páginas de este texto, no solo por los entramados conceptuales presentados en los artículos que articulan estas memorias, sino a participar de este evento anual que reúne académicos, investigadores y expertos nacionales e internacionales, convocados a transformar la formación docente y el abandono estudiantil desde la investigación educativa.

Reiteramos los agradecimientos en la organización a la Red de Departamentos de Ciencias Básicas y a las universidades pertenecientes a la misma. Sin su apoyo, gestión, recurso humano e infraestructura, la realización del IV Encuentro de ciencias básicas no habría sido posible.

PhD Fredy Ramón Garay-Garay

Director del Departamento de Ciencias Básicas,  
Universidad Católica de Colombia.  
Presidente de la Red de Departamentos de Ciencias Básicas.

## Referencias

Colombia, Ministerio de Educación Nacional [MEN]. (s.f). *Glosario*. Recuperado de [https://www.mineducacion.gov.co/1759/w3-propertyvalue-55247.html?\\_noredirect=1](https://www.mineducacion.gov.co/1759/w3-propertyvalue-55247.html?_noredirect=1)

# Valor agregado en instituciones de educación superior de Bogotá

Yeimmy Katherine Serrano León\*, Alberto Montalvo Castro\*\*  
Julio César León Luquez\*\*\*, Jony Enrique Romero Guerrero\*,  
John Álvaro Soto Quintero\*\*

## Resumen

Los resultados alcanzados por los estudiantes en la prueba Saber Pro han propiciado el denominado ranking de universidades, lo que ocasiona tensiones entre estas y en su interior, por mostrar avances diferenciales en los resultados alcanzados en las competencias genéricas y específicas examinadas. El presente estudio muestra un análisis descriptivo de los desempeños del componente matemático en las pruebas Saber 11 (matemáticas) y Saber Pro (razonamiento cuantitativo) desde el año 2012 a 2017. Se revisó un total de 528.197 estudiantes de 178 instituciones de Bogotá. Las variables estudiadas incluyen información del individuo (género, condición laboral, condición socioeconómica) y de la institución (carácter oficial y no oficial). Los resultados obtenidos presentan una correlación positiva en los resultados de las dos pruebas en diferentes años, mejores desempeños en condiciones socioeconómicas altas, similitud en resultados en cuanto a su situación laboral (si trabajan o no) y mayores resultados en las instituciones de carácter oficial nacional.

*Palabras clave:* competencias matemáticas, valor agregado, desempeño.

\* Docente, Universitaria Agustiniiana. Correo electrónico: yeimmy.serrano@uniagustiniana.edu.co

\*\* Docente, Universitaria Agustiniiana. Correo electrónico: alberto.montalvo@uniagustiniana.edu.co

\*\*\* Vicerrector de Investigación, Universitaria Agustiniiana. Correo electrónico: vice.investigaciones@uniagustiniana.edu.co

♦ Docente, Universidad Santo Tomás. Correo electrónico: jonyromero@usantotomas.edu.co

♦♦ Docente, Universidad Santo Tomás. Correo electrónico: johnsoto@usantotomas.edu.co

## Added value in higher education institutions in Bogotá

### Abstract

The results achieved by the students in the Saber Pro test have led to the so-called ranking of universities, which causes tensions between them and within them, by showing differential advances in the results achieved in the generic and specific competencies examined. This study shows a descriptive analysis of the performance of the mathematical component in the tests Saber 11 (mathematics) and Saber Pro (quantitative reasoning) from 2012 to 2017. A total of 528,197 students from 178 institutions in Bogotá were reviewed. The variables studied include information on the individual (gender, employment status, socioeconomic status) and on the institution (official and unofficial). The results obtained show a positive correlation in the results of the two tests in different years, better performance in high socioeconomic conditions, similarity in results regarding their employment situation (whether they work or not) and higher results in the national official institutions.

*Keywords:* competencias matemáticas, valor agregado, desempeño.

### Introducción

A escala internacional, la evaluación de los desempeños alcanzados por los estudiantes permite identificar avances en la calidad del proceso de enseñanza. Es el caso de estudios adelantados por la Asociación internacional para la evaluación de la educación (International Association for the Evaluation of Education achievement, IEA) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), instituciones que orientan y desarrollan la aplicación de estudios como la PIRLS (Progress in International Reading Literacy Study), TIMMS (Trends in International Mathematics and Science Study) y PISA (Program for International Student Assessment).

Estas pruebas permiten identificar avances en las competencias de estudiantes de educación básica y media en las áreas de ciencias naturales, matemáticas, lectura y escritura. La prueba PIAAC (Programme for the International Assessment of

Adult Competencies) identifica el avance en las competencias genéricas y laborales de adultos ciudadanos de países de la OCDE.

El sistema de aseguramiento de la calidad en Colombia propone indicadores para estimar los avances en la calidad de la educación (Battauz, Bellio y Gori, 2011); por eso, el examen Saber cubre desde básica primaria hasta universitaria con Saber Pro, con el cual se evalúan los estudiantes que han cursado y aprobado más de un 75 % de los créditos académicos del programa en desarrollo, en cuanto a competencias genéricas y específicas.

Los resultados de la prueba Saber Pro facilitan clasificar las IES e identificar elementos favorables o desfavorables para cada una de ellas.

Esto se ha denunciado por las complicaciones que han generado, como en la conferencia de Ernesto San Martín (2012), “Clasificación de escuelas en la nueva institucionalidad educativa: contribución de modelos de valor agregado para una responsabilización justa”, en el Tercer seminario internacional de la calidad de la educación en Santiago de Chile, en la que se expone la coacción que ejercen estas clasificaciones sobre la selección de las universidades por parte de padres e hijos.

En lo expuesto se identifica cierta orientación que toman los resultados de los exámenes, la valoración de la calidad de la educación y el uso de la información para identificar el desempeño de las IES, pero no se considera la información como medio para determinar los aportes denominados valor agregado, como lo plantea Derek Briggs, jefe del Programa de investigación y metodologías de evaluación de la Universidad de Colorado en Boulder, Estados Unidos.

Se evidencia la importancia de evaluar los factores que inciden en la calidad de los procesos educativos de las IES, a partir del aporte o de la ganancia relativa de los estudiantes causado por el desarrollo académico, resultado de la gestión académica institucional.

A partir de esta propuesta, en el marco de la evaluación, instituciones gubernamentales promueven políticas relacionadas con el uso y el estudio del valor agregado para identificar los aportes de las instituciones educativas.

El valor agregado se refiere al conjunto de elementos que permiten dimensionar los avances en el rendimiento escolar, lo cual nace en la economía y se refiere a

los resultados causados por la incidencia de la tecnología en la que se apoya el proceso de formación.

Por tanto, el valor agregado es el aporte de la institución a la formación educativa: se dimensiona la formación del estudiante durante el tiempo que permanece en la institución.

Es una forma de dimensionar la construcción en el estudiante a partir de los niveles de formación o la posibilidad de medir el rendimiento del estudiante y contribuye a evaluar la calidad de la institución.

Se puede identificar el valor agregado como la valoración estadística que muestra los aportes de la institución a la formación del estudiante y facilita transformar las dificultades institucionales, fortalecer las bondades, determinar los grupos con necesidades de apoyo e identificar los elementos para promover estrategias de formación acordes con necesidades individuales o colectivas.

Evaluar, medir o analizar el desempeño escolar posibilita detectar sus alcances y sus factores exógenos, y su detallado seguimiento permite estimar el valor agregado.

Los factores externos se consideran causados por las nuevas tecnologías, recursos que tienen incidencia social, política, económica, cultural o de otro tipo e inducen transformaciones. De esto emergen posibles cuantificadores que caracterizan las condiciones de los estudiantes, los cuales permiten reconocer indicadores que aportan a las variables externas o dependientes.

Estudios han identificado que la educación aporta al desarrollo de la economía social, en la medida en que amplía las posibilidades laborales, incrementa la productividad y aumenta la producción investigativa y el avance de las condiciones sociales y técnicas. Además, promueve la generación de nuevo conocimiento (Aparicio y Rodríguez-Moneo, 2015).

Por lo expuesto, se requiere evaluar el proceso educativo en las instituciones educativas, con el fin de establecer estrategias orientadas al mejoramiento de la calidad, como lo expresan Aparicio y Rodríguez-Moneo (2015): “[...] la calidad de la educación es el mejor determinante para el crecimiento y desarrollo económico” (p. 42).

Martínez, Gaviria y Castro (2009) plantean que el valor agregado incide en el proceso educativo de la misma forma que las condiciones económicas, lo cual favorece el desarrollo del contexto social: “El nivel de logros educativos de un país suele considerarse como un indicador de sus reservas de ‘capital humano’ o disponibilidad de potenciales trabajadores con educación y destrezas suficientes” (p. 17).

Alonso, Gallo y Ulloa (2013) caracterizan el avance en el inglés e identifican variables que se vinculan con el desarrollo de la educación superior. Determinan la incidencia de variables demográficas, las instituciones y los programas. Con base en estos resultados proponen políticas públicas en las instituciones de educación superior tendientes a alcanzar un nivel intermedio de inglés.

Montoya (2013) identifica programas de instituciones de educación superior que trabajan para reducir la brecha de inequidad. Se utiliza la regresión multinivel para determinar que la variable “saber previo” dimensionada en resultados de la prueba Saber 11, explica variabilidad entre programas y dentro de los programas.

Calderón (2006) aplica el valor agregado a las áreas de gestión humana de las organizaciones de Colombia en la Universidad Nacional de Colombia, en un estudio descriptivo con el cual se determina un modelo que identifica la cantidad del aporte de las áreas de gestión a una empresa. Se concluye que las estrategias, los recursos y las capacidades que combinan recursos tecnológicos, de capital y humanos, con capacidades organizacionales, generan una fuerte ganancia competitiva para las empresas.

Montoya (2011) propone un estudio correlacional del examen Saber 11 entre desempeño académico y los exámenes de mitad de carrera (Ecamí) con estudiantes de la Universidad del Rosario para determinar los avances de los estudiantes, para lo cual propone un instrumento que mide los logros académicos.

San Martín (2012) identifica diferencias entre las escuelas de Chile evaluadas con “valor agregado” y aquellas evaluadas con Simce. Se verifica que el valor agregado cuantifica el efecto de la institución sobre el proceso de aprendizaje del estudiante, lo que permite establecer estrategias particulares y apropiadas para mejorar la calidad.

## Metodología

La investigación sigue una metodología cuantitativa. Se parte de la selección de los estudiantes que presentaron la prueba Saber Pro desde el año 2012 hasta el año 2017, de quienes se tiene registro de resultados de la prueba de matemáticas en Saber 11. Se toman como fuente de información las bases de datos del Icfes y los nuevos cruces ofrecidos por este. La organización de los datos incluye la depuración de los datos inconsistentes o faltantes y la selección de las variables significativas para el estudio.

Una vez establecidas las variables de estudio y consolidada la base de datos se hizo un análisis descriptivo para hacer una aproximación al comportamiento de las variables; en estudios posteriores se presentan los resultados del valor agregado aportado por las instituciones de educación superior a partir de los estudios de modelos jerárquicos lineales representados por la siguiente estructura:

$$y_{ij} = A_{ij}\beta + \mu_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

$y_{ij}$  es el resultado estandarizado de la prueba en matemáticas del estudiante  $i$ -ésimo que se encuentra en la universidad  $j$ -ésima.  $A_{ij}$  es la matriz de factores o covariables explicativas de un modelo lineal múltiple, entre las que se consideran las sociodemográficas (estrato socioeconómico, ingresos familiares, colegio de procedencia, nivel generacional, acceso y uso de las herramientas informáticas) y el resultado en la prueba de matemáticas en el examen Saber 11.  $\mu_j$  es la variable que permite ajustar el modelo lineal o valor agregado dado por la institución  $j$ -ésima.  $\epsilon_{ij}$  es el error del modelo, que se espera sea cero.

Los alcances de este artículo son completamente descriptivos. Se muestran relaciones y características principales de los estudiantes a partir de variables en dos ámbitos: uno, institución y dos, individuo. En cuanto a institución, se considera la variable carácter (oficial, no oficial, régimen especial) y respecto a variables de individuo se consideraron: género, puntaje en la prueba Saber Pro (razonamiento cuantitativo), puntaje en la prueba Saber 11 (matemáticas), trabajo (sí-no), NSE (nivel socioeconómico).

## Resultados

Para este estudio se presentan los avances del proyecto de investigación “Ganancia relativa de los estudiantes de instituciones de educación superior de Bogotá en las pruebas de componente matemático”. En un principio se muestran las características estadísticas de los desempeños en las pruebas de componente matemático en las pruebas Saber 11 y Saber Pro, así como la caracterización de la población estudiada.

La información da cuenta de los resultados de las pruebas en dos momentos: al presentar la prueba Saber 11 y, al finalizar los estudios de educación superior, la prueba Saber Pro, desde el año 2007 hasta el año 2012. La base de datos abarcó un total de 528.197 estudiantes de 178 instituciones de educación superior de Bogotá.

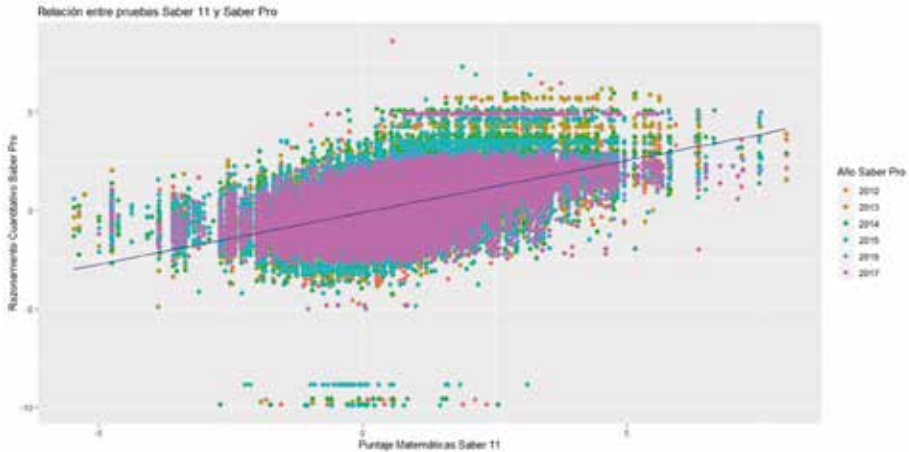
**Tabla 1**  
*Distribución porcentual para las variables estudiadas*

	Variable	Porcentaje
Carácter	No oficial	52 %
	Oficial	48 %
Género	F	56 %
	M	44 %
Trabajo	No	50 %
	Si	50 %

Fuente: elaboración propia.

En relación con los estudiantes, se observa mayor proporción de hombres, con un 56 % en comparación con mujeres, con 44 %; sin embargo, estas diferencias no son significativas. En cuanto al trabajo, de manera equitativa se distribuyen los estudiantes que trabajan y quienes no. Al evaluar las condiciones de la institución, la participación de estudiantes de instituciones no oficiales es mayor, con un 52 %, en comparación con las oficiales, con un 48 %, aunque al igual que en el género, las diferencias en proporción no son significativas.

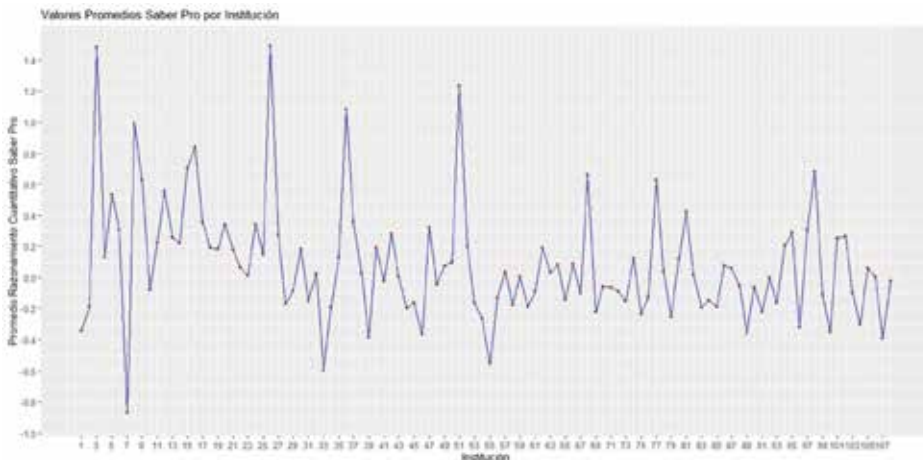
Figura 1.  
*Correlación de la prueba Saber 11 y la prueba Saber Pro por año*



Fuente: elaboración propia.

En relación con los puntajes de las pruebas de componente matemático de las pruebas Saber Pro y Saber 11, la Figura 1 muestra la correlación para cada año analizado. Se observa que las pruebas de razonamiento Cuantitativo (en la prueba Saber Pro) y matemáticas (en la prueba Saber 11) guardan una fuerte correlación positiva, lo que implica que mayores desempeños en la prueba Saber 11 conllevan mayores desempeños en la prueba Saber Pro.

Figura 2.  
*Valores promedios prueba Saber Pro por institución*

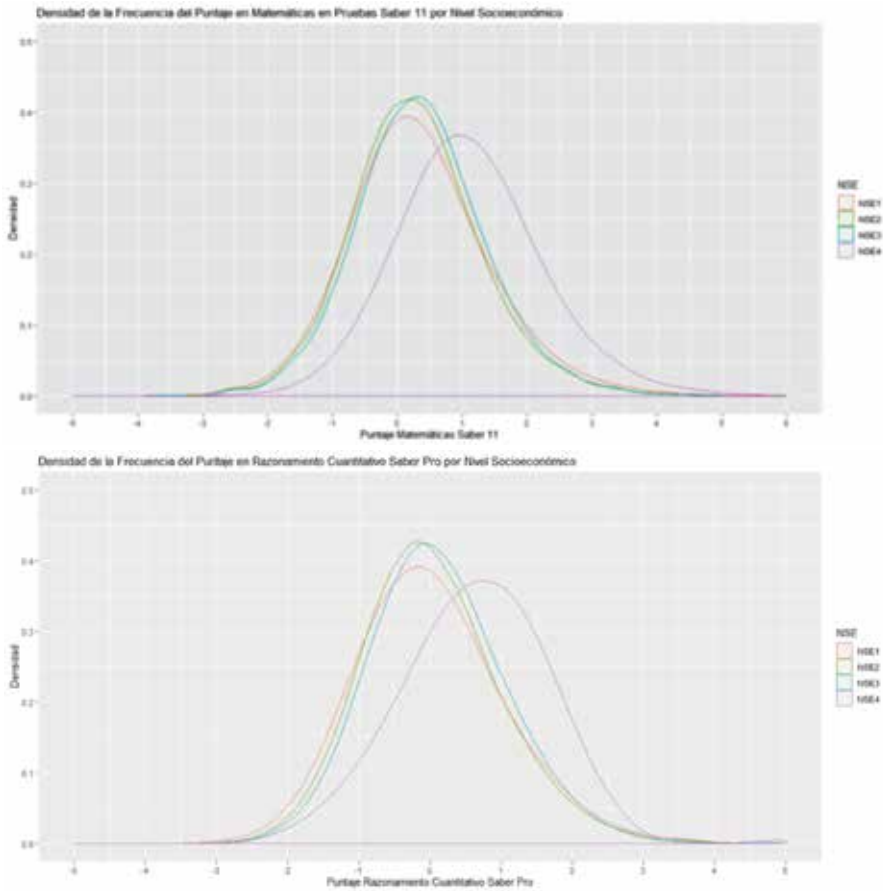


Fuente: elaboración propia.

En relación con los desempeños en la prueba Saber Pro, se observa en la Figura 2 una heterogeneidad en los resultados, con mayores desempeños significativos en cuatro instituciones, mientras que tan solo una de las universidades analizadas presenta una diferencia muy por debajo de su grupo. Los anteriores hallazgos serán discriminados teniendo en cuenta las variables de institución e individuo.

Figura 3.

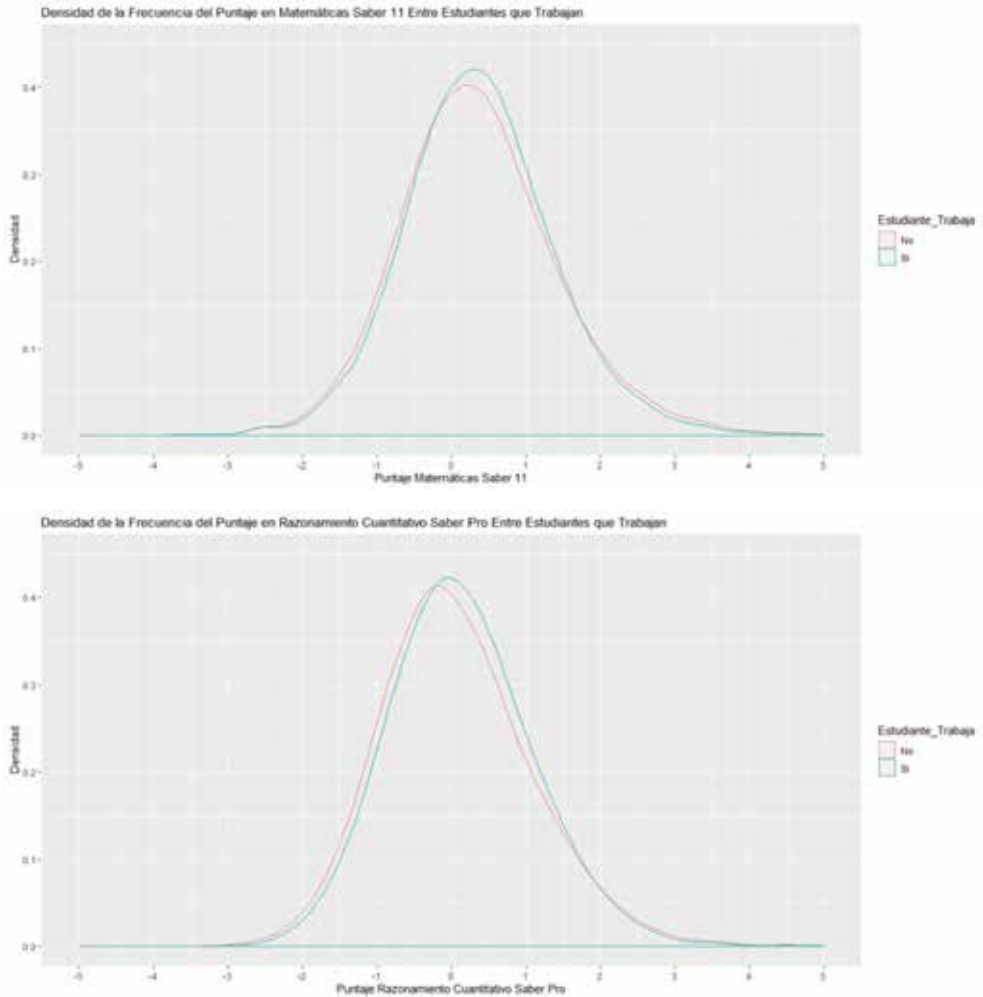
*Densidad de los puntajes de acuerdo con el nivel socioeconómico*



Fuente: elaboración propia.

En la Figura 3 se muestra la distribución de los puntajes en las dos pruebas según el nivel socioeconómico. Se pueden observar comportamientos similares en las dos pruebas. Se presenta menor dispersión en los niveles socioeconómicos 2 y 3, en tanto el nivel socioeconómico 4 muestra mejores desempeños medios en ambas pruebas.

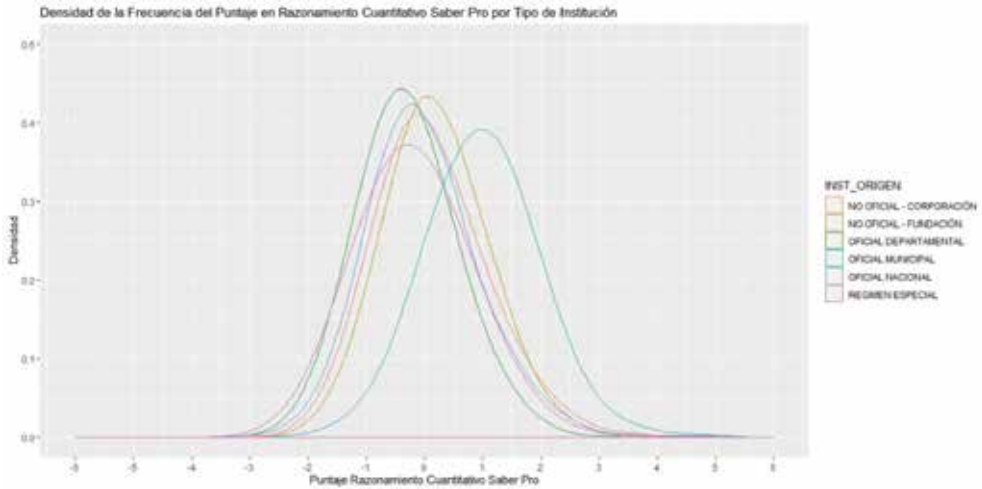
Figura 4.  
*Densidad de puntaje según si trabajan o no*



Fuente: elaboración propia

Se aprecian las distribuciones de los puntajes en las pruebas analizadas con referencia en si los estudiantes trabajan o no lo hacen. De la misma manera que la distribución por nivel socioeconómico, se observan similitudes en la distribución de los puntajes en ambas pruebas, con desempeños similares: quienes no trabajan tienen un leve incremento promedio y hay menor dispersión entre quienes laboran.

Figura 5.  
*Densidad de los puntajes en la prueba Saber Pro por tipo de institución*



Fuente: elaboración propia.

Por último, al analizar la densidad de los puntajes en la prueba Saber Pro por institución, se observa mejor desempeño promedio en los resultados entre quienes estudian en una institución oficial nacional. Por lo demás, las distribuciones para las instituciones oficiales tanto departamentales como municipales el puntaje promedio es menor que en las no oficiales.

## Conclusiones

La relación positiva de las pruebas analizadas implica que mayores desempeños en la prueba Saber 11 resultan en mayores desempeños en la prueba Saber Pro, por lo que es importante analizar cuál ha sido el aporte de la institución en el incremento de estos desempeños, pues se halló que un estudiante con buenos resultados en matemáticas en la educación básica y media puede obtener igualmente buenos resultados en su formación superior.

Las distribuciones de los puntajes para las pruebas de razonamiento cuantitativo y matemáticas muestran comportamientos similares en la distribución por niveles socioeconómicos, con menor dispersión entre los niveles 2 y 3 y mayores desempeños en el nivel 4. Esto quiere decir que cuanto mayor nivel socioeconómico, mejores resultados en las pruebas, lo que muestra una incidencia en el desempeño de los estudiantes de acuerdo con sus condiciones de vida.

No se halla evidencia de diferencias en los puntajes de las pruebas Saber Pro y Saber 11 según la condición laboral. Los desempeños en las dos pruebas son similares y no hay información que sustente que la condición de trabajo varíe los resultados.

## Referencias

- Alonso, J. C., Gallo, B. E. y Ulloa, G. (septiembre de 2013). *Aproximación para la construcción de ranking de programas en Colombia: una aplicación a los programas de ingenierías*. Conferencia presentada en el WEEF 2013, Cartagena, World Engineering Education Forum.
- Aparicio, J. y Rodríguez-Moneo, M. (2015). *El aprendizaje humano y la memoria. Una visión integrada y su correlato neurofisiológico*. Madrid: Pirámide.
- Battauz, M., Bellio, R. y Gori, E. (2011). Covariate Measurement Error Adjustment for Multilevel Models with Application to Educational Data. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 36(3):283-306. doi: 10.3102/1076998610366262
- Calderón, G. (2006). La gestión humana y sus aportes a las organizaciones colombianas. *Cuadernos de Administración*, 19(31). Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-35922006000100002](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-35922006000100002)
- Calderón, G. (2012). *Valor agregado por las áreas de gestión humana a las organizaciones colombianas*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Driessnack, M., Sousa, V. y Costa, I. (2007). Revisión de los diseños de investigación relevantes para la enfermería: parte 3: métodos mixtos y múltiples. *Revista Latinoamericana de Enfermagem*, 15(5). Recuperado de [http://www.scielo.br/pdf/rlae/v15n5/es\\_v15n5a24.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rlae/v15n5/es_v15n5a24.pdf)
- Icfes. (2016). *Módulo de pensamiento científico ciencias biológicas Saber Pro 2016-2*. Recuperado de <https://www.icfes.gov.co/documents/20143/494059/Guia%20de%20orientacion%20modulo%20de%20pensamiento%20cientifico%20ciencias%20biologicas%20saber%20pro%202015%202.pdf>
- Icfes. (2017). *Módulo de competencias genéricas 2016-2*. Recuperado de <https://www.uninorte.edu.co/documents/1489987/0/Guia+de+orientacion+modulos-de-competencias-genericas-saber-pro-2017.pdf.pdf/e4da6442-d8b1-4163-a97a-9db8948bfee5>
- Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación. (2017). *Guía de orientación Saber Pro competencias específicas. Módulos de pensamiento científico: ciencias biológicas, ciencias físicas, matemáticas y estadística, ciencias de la tierra y química 2017*. Recuperado de <https://www.icfes.gov.co/documents/20143/495243/Guia%20de%20>

orientacion%20competencias%20especificas%20modulo%20de%20pensamiento%20cientifico%20saber-pro-2017.pdf

- Martínez Arias, M., Gaviria Soto, J. L. y Castro Morera, M. (2009). Concepto y evolución de los modelos de valor añadido en educación. *Revista de educación*, 348, 15-46.
- Ministerio de Educación Nacional. (s. f.). *Propuesta de lineamientos para la formación por competencias en educación superior*. Recuperado de [http://www.mineducacion.gov.co/1621/articulos-261332\\_archivo\\_pdf\\_lineamientos.pdf](http://www.mineducacion.gov.co/1621/articulos-261332_archivo_pdf_lineamientos.pdf)
- Montoya, D. (2011). *Programa de evaluación de los logros curriculares alcanzados a mitad de carrera. Estudio correlacional del examen Saber 11, el desempeño académico y los exámenes de mitad de carrera Ecami de los estudiantes de la Universidad del Rosario en el período 2007-2009*. Bogotá: Universidad del Rosario.
- Montoya, D. (noviembre, 2013). *La contribución de la educación superior a la equidad de los resultados en Colombia*. En Icfes, *IV Seminario internacional sobre investigación en calidad de la educación, Icfes*. Conferencia llevada a cabo en el seminario del Icfes, Bogotá, Colombia.
- San Martín, E. (noviembre, 2012). Clasificación de escuelas en la nueva institucionalidad educativa: contribución de modelos de valor agregado para una responsabilización justa. En Icfes, *III Seminario del Icfes sobre investigación en calidad de la educación*. Conferencia llevada a cabo en el seminario del Icfes, Bogotá, Colombia.
- Van Bellegem, S. (noviembre, 2013). *Valor agregado de la educación terciaria de Colombia: uso e interpretación*. En Icfes, *IV Seminario internacional sobre investigación en calidad de la educación, Icfes*. Conferencia llevada a cabo en el seminario del Icfes, Bogotá, Colombia.

# Reflexiones pedagógicas sobre el contexto de enseñanza y aprendizaje en el Departamento de Ciencias Básicas de la Fundación Universitaria del Área Andina

Nelly Yolanda Céspedes Guevara\*, Javier Cortés Martín\*\*

## Resumen

Los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias básicas van ligados a la construcción de escenarios de conocimiento contextualizados. De acuerdo con Gibbons y otros autores (1997, citado en González, 2016), la producción de conocimiento se refiere a la forma de acercarse al saber, el cual debe propender por la aplicación de los entornos y la interacción entre ellos y los sujetos.

La presente reflexión busca dar cuenta de la experiencia que, como profesores de Física y Matemáticas, se ha tenido en la práctica docente en el Departamento de Ciencias Básicas de la Fundación Universitaria del Área Andina. Se reconocen elementos del hacer didáctico que garantizan aspectos fundamentales en la formación de los estudiantes que pasan por el Departamento en su etapa inicial; en este punto, la función de las ciencias básicas es de vital importancia en la apuesta formativa que posibilita el andamiaje y el recorrido que tendrá un futuro profesional.

Reflexionar acerca de qué se enseña lleva a preguntarse por las necesidades actuales de la sociedad desde el aspecto científico, lo que permite vislumbrar la oportunidad de vincular las disciplinas científicas en las actividades cotidianas de los sujetos; por eso, el Departamento de Ciencias Básicas fundamenta su proceso en la construcción del conocimiento científico, técnico, tecnológico y cultural.

La formación profesional que ofrece el Departamento de Ciencias Básicas se orienta a la resolución de problemas en contextos por medio de los escenarios de

---

\* Docente, Fundación Universitaria del Área Andina. Correo electrónico: ncespedes@areandina.edu.co

\*\* Docente, Fundación Universitaria del Área Andina. Correo electrónico: jcortes23@areandina.edu.co

la modelación, construir el pensamiento científico como un producto social de acercamiento a las ciencias.

*Palabras clave:* enseñanza, aprendizaje, contexto, conocimiento, interdisciplinariedad, ciencias.

## Pedagogical Reflections on the Context of Teaching and Learning in the Departments of Basic Sciences of Fundación Universitaria del Área Andina

### Abstract

The teaching and learning processes of the basic sciences are linked to the construction of contextualized knowledge scenarios, according to Gibbons and others (1997) cited by González (2016), the production of knowledge refers to the way of approaching knowledge, which should tend for the application of the environments and the interaction between them and the subjects.

The present reflection seeks to account for the experience that as physics and mathematics professors have had in teaching practice in the department of basic sciences of Fundación Universitaria del Área Andina, recognizing elements of didactic work that guarantee fundamental aspects in the formation of Students who pass through the department in their initial training and as future professionals, where the function of basic sciences is of vital importance in the training bet and is the maker of specific constructs that enable scaffolding and the path that a professional future will have .

Reflecting on what is taught, leads to asking about the current needs of society from the scientific aspect, which allows to glimpse the opportunity to link the scientific disciplines in the daily activities of the subjects, for this the department of basic sciences bases its process in the construction of scientific, technical, technological and cultural knowledge.

For this reason, the professional training offered by the Department of Basic Sciences is oriented to the resolution of problems in contexts through the

modeling scenarios, which allow to guide the construction of scientific thought as a social approach product the sciences.

*Keywords:* teaching, learning, context, knowledge, interdisciplinarity, science.

## Introducción

En la perspectiva de la educación en ciencias, el proceso educativo es un escenario de construcción de saberes que ha posibilitado establecer ambientes de producción de conocimiento. De acuerdo con Bautista (1998), “la actividad de conocer, es decir, se asume al conocimiento como una actividad y no como un simple producto” (p. 3) implica que el conocer se convierte en un espacio de acercamiento a la contextualización de los saberes.

En este sentido, la reflexión del conocer se configura como uno de los esquemas de construcción del objeto de conocimiento en general, hacia la búsqueda de la comprensión de los fenómenos que suceden en la naturaleza.

El escenario planteado desde la educación ha posibilitado al ser humano la oportunidad de preguntarse por el conocimiento del mundo y las ideas que subyacen de dichos cuestionamientos. Según Nussbaum (2010), la educación debe fomentar en el individuo el pensamiento crítico y la imaginación en el abordaje de cualquier tipo de contenidos.

Henao y Stipcich (2008) sostienen que la educación en ciencias presenta un panorama de conocimiento ligado a la comprensión de los procesos, así que, “en la tarea de comprender los procesos de aprendizaje en el aula y de dar fundamento teórico y metodológico a la investigación y a la innovación en la educación en ciencias” (p. 50), se presenta el espacio adecuado para contextualizar los fenómenos y su abordaje desde la comprensión y la producción de conocimiento.

En este sentido, el conocimiento se concibe como un proceso en el que un individuo genera aprendizajes a partir de las vivencias en el mundo. Para Ramírez (2009), “la teoría del conocimiento plantea tres grandes cuestiones: la posibilidad de conocer, la naturaleza del conocimiento y los medios para obtener conocimiento” (p. 219) con base en las relaciones entre las representaciones que se pueden hacer de la realidad de un fenómeno.

La teoría del conocimiento proporciona dos esquemas de interpretación: uno es el idealismo que brinda un reconocimiento de lo real como lo racional, lo que implica la interrelación del objeto con los esquemas que tiene el sujeto referente a su conocimiento; por otro lado, el realismo asume que el ser humano conoce cuando es capaz de reconocer el mundo en su realidad particular (Ramírez, 2009). Entonces, conocer se fundamenta en las relaciones que se establecen entre sujetos y objetos, evidenciadas en los escenarios de interpretación del mundo en las realidades de cada sujeto y su objeto de conocimiento.

La estructura de pensamiento brinda esquemas de interacción entre los sujetos, con el fin de abordar estructuras teóricas de forma dinámica y comprensible, aplicables a cualquier tipo de desarrollo científico, por medio de los esquemas de conocimiento que evidencian el posicionamiento del sujeto frente al objeto de conocimiento y su realidad.

A propósito, Rivadulla (2004) afirma:

La ciencia ha sido concebida a menudo como una empresa racional cuya meta es describir, explicar y predecir, aspectos de una supuesta realidad independiente, de la que se ocupa. Esta supuesta actitud de la ciencia implica un compromiso con el realismo científico (p. 18).

Allí se involucra la realidad como un modo de tratar, desde la ciencia, los hechos que se conocen. En este contexto, el conocimiento es un esquema dialógico en el cual los sujetos toman como referencia un objeto para caracterizarlo y dar cuenta de los hechos conocidos que suceden al interpretar las conexiones entre la comprensión del objeto de conocimiento y las experiencias del sujeto.

Entonces, conocer es un esquema procesual de acercamiento a hechos presentes en la realidad que contribuyen al reconocimiento de estructuras de saber entre los sujetos y sus esquemas de pensamiento de la realidad, que posibilita el desarrollo del conocimiento científico.

Garza (1999) cuestiona qué, cuánto y cómo se enseña en las ciencias básicas para atender los retos de la globalización, lo que coincide con las reflexiones que se hacen a lo largo de este escrito, en el cual se quiere mostrar la experiencia de las ciencias básicas en la Fundación Universitaria del Área Andina: pensar en el “qué” exige una reestructuración y actualización curricular en cada una de las asignaturas que se enseñan en el Departamento, para enfrentar los retos actuales

de la sociedad en la que se encuentran inmersos los profesionales en formación. Es necesario articularse con otras asignaturas e implementar currículos en los que las tecnologías de la información y el bilingüismo tomen protagonismo en la reestructuración y actualización de los escenarios académicos y formativos, que propendan por la educación de un profesional más competente y con mayor número de habilidades que le permitan responder asertivamente en su quehacer profesional.

De igual manera, Garza (1999) propone “impulsar permanentemente la revisión y la actualización curricular a fin de contar con planes de estudio flexibles, con troncos comunes, materias optativas y áreas de integración que permitan una enseñanza congruente con los avances de la época” (p. 56).

Por su parte, Bosch y otros autores (2011) afirman que la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias debe preocuparse por aspectos sociales y de relación con los otros:

La sociedad ha demostrado desde hace varias décadas su preocupación sobre la enseñanza de las ciencias y las matemáticas, ya que cada vez hay más abandono por parte de la juventud de estudiar carreras de ciencias e ingeniería. La falta de ingenieros en el mundo es alarmante, la falta de matemáticos que elaboren junto con grupos interdisciplinarios modelos complejos de situaciones de la vida real, también es preocupante (p. 133).

El Departamento de Ciencias Básicas ha cuestionado la forma como se acercan las ciencias a los estudiantes y ha diseñado una serie de estrategias como la implementación del enfoque STEM en asignaturas piloto de los programas ofertados por la Universidad. Este enfoque se presenta como un nuevo paradigma que desempeña un papel importante en la enseñanza de las matemáticas, las ciencias, la tecnología y la ingeniería. Otras experiencias se están adelantando en el mundo con respecto a este nuevo paradigma y entre ellas cabe resaltar el siguiente trabajo, el cual nutre las reflexiones de esta ponencia: “Nuevo paradigma pedagógico para enseñanza de ciencias y matemática”, de Bosch y otros autores (2011), investigadores de la Universidad Tecnológica Nacional (Argentina), Departamento de Ciencias Básicas. El objetivo de dicha investigación era reflexionar en torno al enfoque transdisciplinar, la constitución de redes y la utilización de recursos pedagógicos para docentes que trabajan en laboratorios y la forma como debe enseñarse física, química, biología y

matemática, con tecnología electrónica e informática, ofrecidas en forma abierta para profesores y alumnos de habla hispana.

Dado lo anterior, en el Departamento de Ciencias Básicas de Areandina, el desarrollo de actividades de experimentación que fundamentan la construcción teórica desde la interdisciplinariedad, la actualización constante del currículo de cada asignatura, la participación en investigación de docentes y estudiantes en proyectos de aula y asignaturas, y la proyección del conocimiento en campos específicos de la comunidad dan cuenta de que el desarrollo pedagógico y científico que se ofrece responde a las demandas educativas mundiales. Para ello, se utilizan simuladores en prácticas de laboratorio en las clases de Física, plataformas educativas y calculadores científicos (calculadora gráfica) para matemáticas, entre otros recursos.

En la conferencia de la Universidad de Colima (México), Garza (1999) expone la metodología de enseñanza para un aprendizaje significativo de las ciencias básicas y habla del uso de las técnicas didácticas activas, entre ellas, el uso de experimentos y de *software* educativo que refuerzan el concepto tratado de forma más interesante para el educando. El aprendizaje debe estar centrado en el estudiante y, por ende, las actividades deben estar pensadas en el desarrollo de habilidades y conocimientos propios de la formación profesional. Esto se ha convertido en una máxima del Departamento de Ciencias Básicas de Areandina, la cual apunta a mejorar procesos académicos por medio de técnicas y estrategias pedagógicas que fortalezcan dichos aprendizajes.

## Discusión

Desde el contexto de las competencias enmarcadas en los programas ofertados por la Universidad y el eje central del desarrollo curricular de las asignaturas, el componente pedagógico de las ciencias básicas en Areandina propone:

[...] que el ejercicio docente está ligado a la generación de ambientes propicios para que el conocimiento se construya alrededor de problemas actuales de la ciencia, la técnica, la tecnología y la cultura, de tal forma que se fortalezcan los valores humanos para un continuo mejoramiento de la calidad de vida (Departamento de Ciencias Básicas Areandina, 2014, p. 7).

En ello se fundamenta el “para qué se enseña” en el contexto de las ciencias básicas y la interdisciplinariedad.

La experiencia en la enseñanza de las ciencias básicas implica reconocer que los estudiantes presentan altas dificultades en sus procesos de aprendizaje, lo cual exige que el Departamento genere estrategias que garanticen la no deserción y disminuir los índices de reprobación. De ahí, el Departamento orienta su atención hacia estudiantes con altas dificultades y crea la estrategia de tutorías académicas en matemáticas, estadística, cálculos, físicas, biología, química, microbiología y morfología, entre otras; de igual manera, crea alianzas con organizaciones encargadas del manejo de plataformas virtuales que posibilitan el desarrollo del aprendizaje autónomo en matemáticas, para fortalecer conocimientos y habilidades que respondan a las necesidades del desarrollo curricular y garanticen los aprendizajes necesarios para continuar como estudiantes de ciencias básicas y no abandonen su formación.

Una reflexión muy importante como profesores de ciencias básicas, dados los índices de reprobación y las exigencias del contexto y del mundo globalizado en el que se encuentran los estudiantes, puede surgir de una de las conclusiones que Garza (1999) presentó en la conferencia de Colima y que se convierte en eje de la ponencia:

El uso de nuevas técnicas de enseñanza induce a que el maestro actúe en el proceso de Enseñanza-Aprendizaje como un facilitador, que en realidad es el aprendizaje y el desarrollo que trae consigo en el alumno lo que nos interesa, que este provee las habilidades que requiere para hacerle frente a la vida (p. 58).

El proceso tutorial es un espacio que ofrece una serie de herramientas pedagógicas para que los docentes acerquen el conocimiento a los estudiantes. En este sentido, una tutoría se puede asociar con un esquema de trabajo en torno a las reflexiones teóricas de una disciplina específica, como apoyo externo al método empleado en las estructuras cotidianas de clase.

La tutoría ofrece esquemas de producción de conocimiento en los que no solo se trabaja con las carencias o falencias de los estudiantes, sino que potencia los conocimientos traídos de sus escenarios laborales con miras al perfeccionamiento desde la formalidad de los espacios de clase.

De acuerdo con Lara (2002), la tutoría es un punto de partida en la construcción de escenarios de conocimiento y permite intervenir en las prácticas educativas de los docentes y en los procesos de aprendizaje de los estudiantes; esta relación se encuentra mediada por los propósitos y las intenciones que se busquen en el nivel formativo, es decir, en el nivel de formación universitaria se debe contemplar la necesidad de vincular la tutoría al desarrollo de habilidades de pensamiento como parte de la formación profesional.

El proceso tutorial es un reto y una oportunidad a la cual se enfrenta la universidad del siglo XXI. Una de las necesidades primordiales por las que surge el proyecto de investigación es dar alcance a los procesos educativos desde el acompañamiento de los docentes a los estudiantes en lo disciplinar, lo pedagógico y lo formativo.

En conclusión, el ciclo universitario es vital para el crecimiento personal individual y la universidad debe contribuir a mejorar su responsabilidad social con los estudiantes cuando inician su vida profesional; por eso, el paso por la universidad debe brindar conocimientos sólidos que le permitan innovar en su campo profesional, que le permitan atender las demandas de una sociedad que se encuentra en una era de revolución 4G y, a la vez, lo prepare para atender las demandas sociales de una modernidad líquida.

## Referencias

- Bautista, G. (noviembre, 1998). Sobre la formación del profesional de física. *Preimpresos. Postgrados del Departamento de Física*, (2), 15-20.
- Bosch, H., Di Blasi, M., Pelem, M., Bergero, M., Carvajal, L., y Geromini, N. (2011). Nuevo paradigma pedagógico para enseñanza de ciencias y matemática. *Avances en ciencias e ingeniería*, 2(3), 131-140.
- Departamento de Ciencias Básicas Areandina. (2014). *Estructura curricular*, Bogotá.
- Garza, R. (septiembre-diciembre, 1999). La enseñanza de las ciencias básicas en la formación de ingenieros. *Ingenierías*, 2(5), 55-58.
- Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Shchwartzman, S., Scott, P. y Trow, M. (1997). *La nueva producción del conocimiento. La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas*. Barcelona: Ediciones Pomares-Corredor.
- Henao, B. y Stipcich, S. (2008). Educación en ciencias y argumentación: la perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos

para la enseñanza de las ciencias experimentales. *Revista electrónica de la enseñanza de las ciencias*, 7(1). Recuperado de [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen7/ART3\\_Vol7\\_N1.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen7/ART3_Vol7_N1.pdf)

Lara, A. (2012). *La función tutorial. Un reto en la educación de hoy*. Granada: Grupo Editorial Universitario.

Ramírez, A. (2009). La teoría del conocimiento en investigación científica: una visión actual. *Anales Facultad de Medicina*, 70(3), 217-224.

Rivadulla, A. (2002). Prefacio. En C. Mataix y A. Rivadulla (eds.), *Física cuántica y realidad* (pp. 11-13). Madrid: Facultad de Filosofía, Universidad Complutense de Madrid.

# Evaluación de la responsabilidad social empresarial en un proceso licitatorio

Édgar Antonio Pinto Cruz\*

## Resumen

Toda empresa que esté interesada en licitar ante entidades del Gobierno nacional tiene que cumplir unos requisitos, de acuerdo con lo dispuesto en la Ley 80 de 1993. La ley no menciona los aspectos que debe cumplir un licitante en cuanto a la responsabilidad social empresarial. Estos aspectos son acciones concretas medibles que satisfagan los grupos de interés, que son: sus miembros, el Gobierno, la sociedad y la preservación del ambiente. El propósito de este trabajo es medir la RSE mediante una herramienta llamada DEA (data envelopment analysis o análisis envolvente de datos) que permite dar un valor numérico a cada uno de los componentes que conforman la RSE en las empresas que licitan ante una entidad del Gobierno colombiano; de esta forma, se podrá indicar cuál es la empresa que tiene mayor compromiso con la RSE, al comparar estos valores numéricos de una y otra. El método empleado es de tipo descriptivo. El objetivo es incentivar y apoyar a las empresas que licitan ante una entidad del Gobierno nacional colombiano para que comiencen o fortalezcan las actividades de RSE, así como la evaluación de indicadores de RSE.

*Palabras clave:* análisis envolvente de datos, licitación, responsabilidad social empresarial.

---

\* Docente, Universitaria Agustiniana. Correo electrónico: edgar.pinto@uniagustiniana.edu.co

# Evaluation of Corporate Social Responsibility in a Bidding

## Abstract

Any company interested in bidding to national government entities, must submit to conditions to be met in accordance with the provisions of Colombian law N° 80 of 1993. Among these requirements is the meet legal aspects, price and quality, however these requirements should be more stringent if they are required to these bidders who meet the criteria of corporate Social Responsibility, which is a permanent commitment of companies or organizations to increase their competitiveness by measurable concrete actions to satisfy the interest groups that are its members, the government, society and environmental preservation. The purpose of this work is to measure CSR using a tool called DEA (data envelopment analysis), which would give a numerical value to each of the components that make CSR into each of the companies that bid before an entity of the Colombian government, and thus may indicate which company has the greatest commitment to CSR, comparing these numerical values of a company against the other. The methodology in this study is descriptive, which aims to encourage and support companies that bid before an entity of the Colombian national government to begin or strengthen CSR activities, as well as evaluating CSR indicators.

*Keywords:* data envelopment analysis, bidding, corporate social responsibility.

## Introducción

La mayoría de las empresas que licitan ante entidades del Gobierno nacional aún no han asimilado con la suficiente seriedad el tema de responsabilidad social empresarial (en adelante, RSE), pues piensan que tiende a ir en contradicción con sus intereses, que son producir ganancia. Cuando una empresa asume una política de RSE y esta le genera gastos, suele tomarse la decisión de abandonar las actividades de RSE, si no se recupera la inversión.

Para evitarlo, se debe proponer a los empresarios que adquieran conciencia acerca de que la RSE es una inversión que produce retornos en utilidades a corto,

mediano o largo plazo, y que asuman un liderazgo positivo para el beneficio de la empresa y de la sociedad.

Es necesario que las entidades del Gobierno nacional implementen un sistema de medición de la RSE para empresas licitantes, con el cual no solo se evalúe el cumplimiento, el precio y la cantidad, sino actividades de RSE como: transparencia en ética y valores, empleados, sociedad de interés (clientes, proveedores y comunidad), ambiente, gobierno y sostenibilidad económica. De esta forma, se cumpliría uno de los objetivos del Gobierno nacional: seleccionar de una forma imparcial, clara y sin dudas a los proveedores y los elementos que las entidades nacionales requieran para cumplir con su misión. Actualmente, la selección de proveedores se hace de acuerdo con los requisitos de la Ley 80 del 28 de octubre de 1993.

El factor de medición de RSE sería otro parámetro que permitiría que todos los fabricantes, comercializadores o representantes que tengan la capacidad y calidad exigidas fueran partícipes de la selección de proveedores, sin tener que recurrir a recomendaciones por parte de altos funcionarios; solo deberían cumplir con ciertos requisitos básicos plasmados en las solicitudes de oferta o pliegos de condiciones.

## Evaluación de indicadores

Uno de los aspectos más importantes de la RSE para toda empresa es la medición para conocer el impacto que tiene respecto a otras empresas. Estas deben tener ventaja competitiva en RSE y para ello deben organizarse, gestionar y evaluar. Para que la cultura de RSE se consolide como una parte estratégica de la empresa es necesario identificar las empresas que no son socialmente responsables y premiar o reconocer a las que sí lo son. De esta forma, las empresas que no son socialmente responsablemente se verán motivadas a serlo para lograr una ventaja competitiva y las que sí lo son se verán comprometidas a hacerlo cada día mejor.

La única forma de saber si una empresa es socialmente responsable o no es evaluarla y medir sus actividades de responsabilidad social mediante indicadores, como se describe en la cartilla del Instituto Ethos (2007). Es necesario evaluar los indicadores con herramientas como medición paramétrica y mediciones no

paramétricas mediante el análisis envolvente de datos DEA (data envelopment analysis).

Las mediciones paramétricas son aquellas que se relacionan mediante una fórmula o ecuación matemática, mientras que las no paramétricas no requieren relación matemática, sino que se hacen por observaciones de eficiencia relativa, tal como lo describe el análisis envolvente de datos DEA.

La eficiencia es la relación que existe entre los medios empleados y los fines o las metas conseguidas; por consiguiente, la eficiencia se puede medir respecto a un procedimiento, a una persona, a una sección o un departamento de una organización o a un sistema de producción. Se examina si, dadas unas entradas (recursos físicos, humanos y financieros) es capaz de producir la máxima cantidad de salidas posibles (ventas, unidades producidas, solución a reclamos, etc.) o si, para alcanzar una determinada cantidad de salidas se utiliza la menor cantidad de entradas. La forma de medir la eficiencia se inició en 1978 mediante el DEA, el cual puede estimar la eficiencia de cualquier unidad productiva o de servicio sobre cualquier campo de aplicación (Cooper, Seiford y Tone, 1999). DEA es un modelo de medición de eficiencia apoyado en la programación lineal que tiene como objetivo evaluar la eficiencia relativa de las unidades productivas o de servicios.

### Análisis envolvente de datos (DEA)

El análisis envolvente de datos (DEA) aparece por primera vez en 1957 por Farrell (1957), quien proporcionó una medida satisfactoria de eficiencia productiva en la que tiene en cuenta un número determinado de entradas (recursos y empleados) para producir una única salida (un producto); el índice más alto de producción se consigue cuando hay una determinada tecnología de producción fija en las entradas. Para lograr un análisis efectivo por el método DEA es necesario hacerlo respecto a unidades de negocios que tienen características semejantes entre sí y que tienen objetivos y funciones similares. La metodología utiliza técnicas de programación lineal y análisis de frontera, con múltiples entradas y salidas, para identificar la unidad de negocio más eficiente. Es importante definir los tipos de eficiencia que se deben tener en cuenta para el análisis DEA.

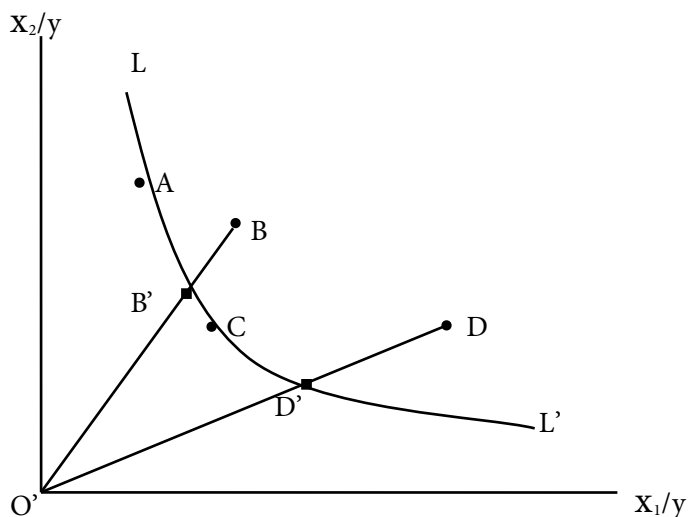
### *Eficiencia técnica*

Consideremos cuatro unidades de negocios DMU A, B, C y D que tiene las siguientes entradas ( $x_1$  y  $x_2$ ) y una única salida ( $y$ ) (Charnes, 1978). La gráfica de  $x_1/y$  vs  $x_2/y$  se muestra en la Figura 1.

La eficiencia técnica es la capacidad que tiene una unidad para dar la mayor cantidad de salidas a partir de un conjunto de entradas; en este caso vemos que la unidad más eficiente técnicamente es la C. Las otras unidades se comparan con la curva L-L', que es la línea frontera de producción.

Al observar la Figura 1 notamos que las unidades B y D son ineficientes, puesto que para lograr ser eficientes tienen que reducir el número de entradas para producir una unidad de salida; mientras tanto, las unidades A y C son técnicamente eficientes, ya que el cociente  $x/y$  es menor que el de las otras unidades y es el referente para trazar la línea de frontera L-L'.

Figura 1.  
*Eficiencia técnica*



Fuente: Charnes, A. (noviembre, 1978). Measuring the Efficiency of Decision-Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), p. 436.

Se puede calcular la eficiencia de cada una de las unidades ineficientes mediante la siguiente relación:

$$\text{Eficiencia Técnica de B} = ET_B = \frac{OB'}{OB} \quad (1)$$

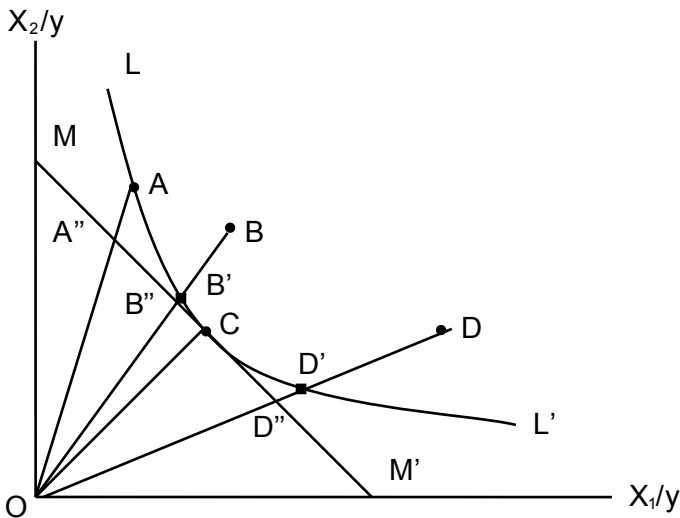
Notemos que esta relación está entre 0 y 1, donde la mayor eficiencia es uno y la menor es cero. De igual forma, se puede calcular la eficiencia técnica de la unidad D.

*Eficiencia asignativa o de precio*

La eficiencia asignativa o de precio es aquella que se consigue cuando conocemos los costos de las entradas de todos los procesos productivos y, como la tecnología de producción puede cambiar, se pueden combinar las entradas al menor costo posible, para alcanzar el mayor nivel de producción.

En nuestro ejemplo de las unidades A, B, C y D, se refiere a la capacidad de la unidad para usar las entradas en proporciones óptimas, dados sus precios relativos. Para ello tomamos la Figura 1 y trazamos la recta tangente a la curva L-L', la cual nos genera la recta M-M' (Figura 2). La pendiente de esta recta nos muestra la relación de los precios de las entradas  $x_1$  y  $x_2$ .

**Figura 2.**  
*Eficiencia asignativa o de precio*



Fuente: Charnes, A. (noviembre, 1978). Measuring the Efficiency of Decision-Making Units. European Journal of Operational Research, 2(6), p. 436.

Notemos que la unidad A y C son técnicamente eficientes; sin embargo, la unidad A no es eficiente en precio, mientras que la unidad C, sí lo es. Para lograr que la unidad A sea eficiente en precio tiene que reducir la distancia AA' con respecto a la distancia OA, es decir, para que esta unidad sea eficiente en precio debe cumplir con la siguiente relación:

$$\text{Eficiencia de la unidad A en precio} = EP_A = \frac{OA''}{OA} \quad (2)$$

Para la unidad D, la eficiencia en precio viene dada por la siguiente relación:

$$\text{Eficiencia de la unidad D en precio} = EP_D = \frac{OD''}{OD'} \quad (3)$$

Esta relación tiene valores comprendidos entre 0 y 1; para un valor igual a 1, la unidad es técnicamente eficiente en precio y un valor menor que 1 es ineficiente en precio.

#### *Eficiencia global o económica*

Según nuestro ejemplo, para la unidad D, la eficiencia global o técnica viene dada por la siguiente relación:

$$\text{Eficiencia global de la unidad D} = EG_D = \frac{OD''}{OD'} \quad (4)$$

Notemos que esta eficiencia global se puede descomponer en:

$$EG_D = \frac{OD''}{OD} = \frac{OD'' \cdot OD'}{OD \cdot OD'} \quad (5)$$

Es decir, la eficiencia global es el producto entre la eficiencia técnica y la eficiencia asignativa o en precio. La eficiencia relativa se calcula mediante los cocientes de las entradas y salidas, así:

$$\text{Eficiencia de la Unidad} = \frac{\text{suma ponderada de las salidas}}{\text{suma ponderada de las entradas}} \quad (6)$$

Al igual que en las anteriores relaciones, esta eficiencia varía entre 0 y 1; el valor 1 tiene mayor eficiencia global. La unidad C es la única unidad de este ejemplo que es eficiente globalmente, ya que es eficiente técnicamente y en precio.

Las eficiencias aquí mencionadas son muy sencillas de calcular cuando se tienen pocas entradas y salidas, pero para unidades de negocios que tienen múltiples entradas y salidas, se requiere el análisis envolvente de datos.

La idea básica del DEA es analizar cocientes para múltiples entradas y salidas de varias unidades de negocio similares para examinar la eficiencia de una unidad de negocios en particular. La unidad es eficiente siempre y cuando sea capaz de producir el mismo nivel de salidas a partir del menor nivel de entradas que las demás unidades. De esta forma, se podrán distinguir aquellas unidades que son más eficientes que otras. Las unidades más eficientes son las llamadas unidades de frontera, y serán el parámetro de aquellas que no son eficientes.

Mediante diversos modelos de programación lineal, el DEA permite calcular los índices de eficiencia técnica a partir de los datos de entradas y salidas de las unidades a evaluar. El objetivo principal de este análisis DEA es obtener un escalador que permita reducir las entradas sin que se afecte la cantidad de salidas.

### Modelo DEA en forma fraccional

El modelo utilizado para unidades con múltiples entradas y salidas será el siguiente:

$$\text{Maximizar}_{u,v} h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (7)$$

Sujeto a la siguiente desigualdad:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad (8)$$

O, de otra forma:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad (9)$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon$$

Donde:

$n$  = número de unidades de negocios a evaluar ( $j = 1, 2, 3, \dots, n$ ), cada una de las cuales utiliza las mismas entradas para obtener las mismas salidas (en diferentes cantidades).

$x_{ij}$  = cantidad de entradas  $i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, m$ ) consumidas por la  $j$ -ésima unidad, donde  $x_{ij} \geq 0$ .

$y_{rj}$  = cantidad de salidas  $r$  ( $r = 1, 2, 3, \dots, s$ ) consumidas por la  $j$ -ésima unidad, donde  $y_{rj} \geq 0$ .

$u_r$  = pesos o multiplicadores de las salidas ( $r = 1, 2, 3, \dots, s$ ).

$v_i$  = pesos o multiplicadores de las entradas ( $i = 1, 2, 3, \dots, m$ ).

$\varepsilon$  = número muy pequeño que equivale a  $0,000001(1 \times 10^{-6})$ . El motivo de este valor es evitar que algún peso o multiplicador dé resultado 0.

Sin embargo, este modelo no es muy efectivo (Charnes, 1978). Por consiguiente, el modelo que muestra las ecuaciones 7 a 9 se puede linealizar de la siguiente forma:

*Modelo DEA en forma multiplicativa*

$$\text{Maximizar}_{u,v} h_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \quad (10)$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \quad (11)$$

Y a las siguientes desigualdades:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad (12)$$

La simbología es la misma que en el modelo anterior.

Con estos dos modelos, las entidades del Gobierno nacional evaluarán a los proveedores para saber cuál es el más eficiente relativamente en RSE, frente al precio del artículo y a la calificación técnica.

### *Descripción del modelo en la evaluación de la RSE*

Para conocer la calificación de la RSE se tomará el modelo en forma multiplicativa. Para ello se escogió un proceso licitatorio para la compra de un elemento de una entidad del Gobierno nacional. En este proceso se presentaron cuatro oferentes y se les hizo una encuesta en la que se preguntó sobre aspectos de RSE como: transparencia en ética y valores, empleados, sociedad de interés (clientes, proveedores y comunidad), ambiente, gobierno y sostenibilidad económica.

Para los datos de salida (los *outputs*) se consideraron dos variables: el recíproco del precio unitario en pesos colombianos del bien y el puntaje técnico que le asigna el comité técnico en la calidad del elemento. Este puntaje se asigna de acuerdo con las condiciones que se contemplen en el pliego de condiciones o los términos de referencia. Los valores van de 0 hasta 100.

En los datos de entrada (los *inputs*) se consideran los puntajes que cada oferente plasmó en la encuesta con referencia en los componentes de la RSE. Estos valores van de 1, que es la calificación mayor, hasta 10, que es la calificación más baja.

En la Tabla 1 se muestran los valores de las entradas (*inputs*) y salidas (*outputs*). La forma para evaluar la eficiencia por el método DEA es aplicar las ecuaciones 7 a 12 descritas en el presente artículo mediante el aplicativo de la herramienta Solver, de Excel.

Tabla 1  
Valores de entrada y salida en el análisis DEA para evaluar la RSE

	Salidas ( <i>outputs</i> )		Entradas ( <i>inputs</i> )					
	$y_1$	$y_2$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$
Oferentes	Recíproco del precio en \$	Puntaje técnico	Transparencia en ética y valores	Empleados	Sociedad de interés (clientes, proveedores y comunidad)	Ambiente	Gobierno	Sostenibilidad económica
A	1/42500	95	2	4	6	9	8	8
B	1/43000	70	3	2	5	9	8	3
C	1/41320	70	1	4	4	5	9	2
D	1/45000	82	3	6	7	9	5	4
E	1/44000	71	3	7	5	8	9	6
F	1/41220	90	3	9	6	9	8	7
G	1/48720	75	2	2	5	3	1	2

*Nota:* las entradas son los aspectos de la responsabilidad social empresarial.

Fuente: elaboración propia.

## Resultados

Tras utilizar el modelo DEA en forma fraccional y el aplicativo de Solver, de Excel, los resultados se muestran en la Tabla 2.

Notemos que el mayor puntaje corresponde al oferente D, es decir, es el oferente más responsable respecto a los demás; esto significa que el precio y el puntaje técnico no son determinantes en el momento de tomar una decisión frente a una compra cuando se involucran variables de RSE.

**Tabla 2**  
*Calificación de oferentes por medio del modelo DEA en forma fraccional*

		Oferentes			
		A	B	C	D
Pesos	Eficiencia. Función objetivo (ho)	0.58642	0.66666	1.29032	1.41379
Salidas	$u_1$	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
	$u_2$	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Entradas	$v_1$	0,000036	0,000036	0,000036	0,000036
	$v_2$	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
	$v_3$	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
	$v_4$	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
	$v_5$	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
	$v_6$	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001

*Nota:* los valores de las salidas y entradas los arroja la tabla de Excel en el momento de utilizar la herramienta Solver.

Fuente: elaboración propia.

Las empresas que obtuvieron menor puntaje tienen que mejorar sus actividades en RSE (inclusive el oferente D), especialmente en aspectos como ambiente y gobierno.

El resultado final de la eficiencia relativa de RSE de acuerdo con el modelo DEA en forma multiplicativa y el aplicativo de Solver, de Excel, se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3**  
**Calificación de oferentes por medio del modelo DEA en forma multiplicativa**

		Oferentes			
		A	B	C	D
Pesos	Eficiencia función objetivo (ho)	1	0,93336	1	1
Salidas	$u_1$	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
	$u_2$	0,010526	0,010370	0,012500	0,012195
Entradas	$v_1$	0,094146	0,185125	0,111798	0,109071
	$v_2$	0,000001	0,155115	0,000001	0,000001
	$v_3$	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
	$v_4$	0,083144	0,000001	0,098735	0,096326
	$v_5$	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
	$v_6$	0,020696	0,044791	0,024578	0,023978

*Nota:* los valores de las salidas y entradas los arroja la tabla de Excel en el momento de utilizar la herramienta Solver.

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los resultados, son eficientes en RSE los oferentes A, C y D, y el menos eficiente es el oferente B. Nótese que los valores de la RSE para este oferente no valen 1, lo que hace que quede en desventaja ante los demás oferentes.

Esto no quiere decir que estos oferentes sean ciento por ciento eficientes en RSE: recordemos que es un comparativo entre ellos mismos; por supuesto, tienen que mejorar en cuanto a ambiente y gobierno y otros aspectos para llegar a ser realmente eficientes en RSE.

## Conclusiones

El Gobierno nacional, en su afán de promover la RSE en todas las empresas que contratan con entidades del Estado, tiene que exigirles a todas ellas programas de sensibilización en su interior, así como estrategias para mitigar todos los problemas sociales que afronta el pueblo colombiano.

La RSE se define como el compromiso que debe tener cada empresario con el país para combatir la pobreza y las desigualdades sociales.

La gran mayoría de los empresarios entrevistados no articula los tres componentes de la RSE, que son trabajadores, comunidad y ambiente. No mencionan una estrategia que involucre trabajadores, comunidad y ambiente que, con el tiempo, preserve la integridad de estos tres factores.

La gran mayoría de las empresas se limita a donar dinero para campañas o causas sociales, muchas veces con el afán de mejorar su imagen corporativa y aprovechar el mercadeo y la publicidad. En términos generales, estas donaciones se hacen en forma aislada y no corresponden a una estrategia y visión de largo plazo. Algunas empresas dicen que, si la RSE no es dar dinero para obras sociales, no están haciendo RSE.

Los incentivos que los empresarios ofrecen a sus empleados deben ser motivados desde actividades de responsabilidad social empresarial.

En su compromiso con la RSE, los empresarios deben proponer un conjunto de estrategias que impliquen la participación de todos los trabajadores en beneficio de la comunidad, así como prácticas del cuidado del ambiente.

Algunas empresas toman la RSE como una actividad que no debe involucrar a ningún grupo de interés (trabajadores, clientes o proveedores), pues la consideran como una donación obligatoria a una causa social específica.

El beneficio económico que las empresas pueden percibir por actividades de RSE es la inversión social en proyectos de desarrollo sostenible, si se utiliza la capacidad tecnológica y el capital humano mediante voluntariado para estimular capacidades en las personas e instituciones que trabajan para el bienestar social.

## Referencias

- Charnes, A. (noviembre, 1978). Measuring the Efficiency of Decision-Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.
- Cooper, W., Seiford, L. y Tone, K. (1999). *Data Envelopment Analysis a Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver-Software*. Boston: Kluwer Nijhoff Publishing.
- Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 120(3), 253-290.

Instituto Ethos. (2007). *Indicadores Ethos-Sebrae de responsabilidad social empresarial para micro y pequeñas empresas 2007*. Recuperado de <https://www.ethos.org.br/cedoc/indicadores-ethos-sebrae-de-responsabilidad-social-empresarial-para-micro-y-pequeñas-empresas-2007/>

# Desarrollo de competencias científicas en cursos de Química

Margarita Rendón Fernández\*, Vanessa Gómez\*\*

## Resumen

Enseñar química en los primeros años de educación universitaria es clave en la formación de futuros profesionales, puesto que, además de proveer los conocimientos que aportan las ciencias básicas, contribuye al desarrollo de competencias científicas para que el estudiante resuelva problemas reales, a partir de la búsqueda adecuada de información en fuentes confiables y su lectura, con el propósito de desarrollar habilidades analíticas, críticas y creativas. Es por esto que, como estrategia de innovación pedagógica, el Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad de La Salle ha venido implementando desde el año 2016 la formulación de un proyecto de investigación en los cursos de química. En el marco de esta estrategia, desde el II-2018 las autoras se abocaron a la reflexión e implementación de la estrategia didáctica que propende por el desarrollo de competencias científicas en los cursos de Química General, Química Orgánica y Bioquímica desde tareas, investigación y aprendizaje de problemáticas vigentes en Colombia y en el mundo.

*Palabras clave:* competencias científicas, proyecto de investigación, enseñanza, aprendizaje, química.

---

\* Profesora asistente, Departamento de Ciencias Básicas, Universidad de La Salle. Correo electrónico: mrendon@unisalle.edu.co

\*\* Profesora asociada, Departamento de Ciencias Básicas, Universidad de La Salle Correo electrónico: mvgomez@unisalle.edu.co

# Development of Scientific Competences in Chemistry Courses

## Abstract

Teaching chemistry in the first years of university education is key in the training of future professionals since, in addition to providing the knowledge of the basic sciences, it contributes to the development of scientific skills that lead to the student to solve real problems, starting from the appropriate search of information in reliable sources and its reading with the purpose of developing analytical, critical and creative skills. Therefore, as a pedagogical innovation strategy, the formulation of a research project in chemistry courses has been implemented since 2016 by the Department of Basic Sciences of the Universidad de La Salle. Within the framework of this strategy, from II-2018 the authors focused on the reflection and implementation of the didactic strategy that depends on the development of scientific competences in the courses of General Chemistry, Organic Chemistry and Biochemistry from tasks, research and learning of current problems in Colombia or in the world.

*Keywords:* Scientific competences, research project, teaching, learning, chemistry.

## Introducción

En los espacios académicos de ciencias básicas, como la química para universitarios, se espera que se tengan presentes las metas de la educación científica, puesto que contribuyen a una sociedad más competente y a una vida mejor para todas las personas. Otro elemento para tener en cuenta es la definición de competencia científica planteada por García y Ladino (2008), quienes exponen que estas se deben adquirir y manifestar al plantear problemas en el contexto en el que nos desenvolvemos y proponer posibles soluciones a partir de conocimientos y actitudes que se concretan en productos como esquemas, ensayos o proyectos.

Esto muestra la importancia de este plan de innovación didáctica para enseñar química, en la que los estudiantes escogen una problemática real del país o del entorno para que hagan búsquedas pertinentes y encuentren las contribuciones científicas que se han publicado al respecto y la forma en que esas investigaciones aportan o no a la sociedad, es decir, se busca que la educación científica

tenga relevancia en la formación de profesionales y así se formule un proyecto de investigación.

Varios investigadores se han preocupado por indagar sobre las formas de aprender de los estudiantes desde enfoques constructivistas de enseñanza-aprendizaje y el de investigación (Gil, 1993; 1994), que propenden por cambios conceptuales, metodológicos y actitudinales. Por su parte, el trabajo de Amnestoy (1999) muestra que la enseñanza basada en procesos consiste en aplicar una metodología para estimular el aprendizaje con base en habilidades intelectuales y la participación de los dos actores: estudiante (con los productos de su pensamiento) y profesor (como mediador del proceso enseñanza-aprendizaje).

En esta línea, Sánchez y Valcárcel (1993) trabajaron sobre los dos indicadores de la capacidad cognitiva del estudiante, para determinar lo que es capaz de hacer y aprender, a partir de los conocimientos previos y el desarrollo operatorio en que se encuentran en relación con las habilidades intelectuales necesarias para comprender el problema y sus implicaciones, como factor decisivo. Por otro lado, se debe tener presente que los desarrollos en nuevas tecnologías impactan la cultura, las dinámicas sociales y, por tanto, los procesos educativos. Cabe retomar el planteamiento de Rendón y Cifuentes (2016):

La función que tiene la docencia universitaria dentro del mundo globalizado demanda tanto de profesionales que desarrollen prácticas ligadas a conocimientos disciplinares específicos, como de personas inquietas, que estén en permanente construcción, que gestionen e investiguen en contexto y que piensen en la calidad de la educación. En este sentido, es válido resaltar que en el proceso de enseñanza-aprendizaje es tan importante el conocimiento profesional del docente como las relaciones y reflexiones en las que pone en juego todas aquellas experiencias de vida, lo que en conjunto le permite transformar al otro. La didáctica como proceso, tiene finalidad y contexto, demanda conocer el campo y saber cómo se enseña. No se puede aislar el saber científico de la vida, se requiere que el docente pueda relacionar conocimientos, sus aplicaciones e implicaciones en otras áreas favoreciendo la atribución de sentido y la apropiación de conocimiento (p. 160).

Lo anterior permite entender que en los espacios de química del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad de La Salle se tenga como objetivo principal potenciar ocho habilidades en los estudiantes para contribuir al desarrollo del pensamiento crítico y analítico desde el método científico, para afianzar las

capacidades de observar, comprender, analizar y experimentar sobre situaciones reales o abstractas que permiten la adquisición de un pensamiento científico.

La propuesta comienza con la participación consciente de los estudiantes, al conocer los propósitos del espacio académico de química y motivarlos a escribir un proyecto de investigación, para involucrarlos activamente desde el comienzo en la selección de consultas en revistas, artículos y libros sobre investigaciones y descubrimientos científicos actuales y analizarlos desde su propuesta teórica que tiene la investigación como marco orientador no solo por la conexión entre los temas del curso, sino porque debe ser una práctica habitual que promueva el acercamiento a la metodología científica. Esto, con el fin de conocer un poco más a fondo la historia del programa, lo que persigue y las relaciones entre los contenidos de estos cursos de química, para socializar los avances construidos en todo el semestre y, al finalizar el curso, exponer estrategias de presentación de forma oral, escrita, afiches, conversatorios, etc.

## Desarrollo de competencias científicas

Se han identificado varias habilidades relacionadas con las competencias científicas, como el pensamiento crítico, el manejo de la información, el trabajo en equipo, la resolución de problemas y la investigación, las cuales se han incorporado en los currículos de muchos países, pero requieren mayor atención en el salón de clase (Lupión-Cobos, López-Castilla y Blanco-López, 2017). Asimismo, el proceso de enseñanza-aprendizaje de la química apoyado en el modelo de aprendizaje por investigación facilita a estudiantes y docentes acercarse al conocimiento de la misma manera que lo hacen los científicos. La metodología que se diseñe debe permitir plantear objetivos y metas más claras y factibles que faciliten el desarrollo de competencias científicas (García y Ladino, 2008).

Desde este paradigma de las competencias se promueve abordar problemas como la contaminación producida por la industria, el recurso agua potable y la destrucción de reservas biológicas y energéticas del planeta, los cuales demandan reflexiones académicas y la generación de conciencia para la conservación, la protección y el mejoramiento del ambiente. Lo anterior es relevante en el ámbito educativo porque son problemas que inciden directamente en la sociedad y están relacionados con el conocimiento de la química. Adicionalmente, el desarrollo de “competencias científicas” exigen rigurosidad para generar conocimiento y dar respuesta a situaciones problema que requieren la construcción

de representaciones en las que el trabajo en equipo, mediante la comunicación asertiva y la autorregulación, aporta a los procesos.

El lenguaje de las ciencias exige coherencia, precisión, claridad y rigor, con el objetivo de construir una forma de pensar universal y consistente, que tenga en cuenta la distancia entre el lenguaje científico y el que se usa en la vida cotidiana, porque puede ser causante de la dificultad que presentan algunos estudiantes para aprender ciencias.

## La didáctica del proyecto de investigación

Uno de los problemas fundamentales del aprendizaje en ciencias básicas es el proceso llamado “transferencia”, que implica aplicar conceptos previamente adquiridos para dar solución a un problema (Kulasegaram et al., 2015). Esta es una dificultad generalizada para varias profesiones, pues los estudiantes aprueban las asignaturas básicas, pero fallan cuando las van a aplicar en las asignaturas profesionalizantes. Con base en este hecho, el maestro debe procurar que los alumnos reconozcan que el conocimiento de las ciencias básicas puede ser usado para entender lo que aprenderán más adelante en su pregrado y que deben ser capaces de asociar conocimientos anteriores para entender una situación problemática avanzada y específica. Por ello, la didáctica del proyecto de investigación estimula las competencias científicas y la manera como se aborda la problemática puede ser extrapolada a cualquier asignatura de una carrera profesional.

El método de proyectos no es nuevo; sin embargo, son pocas las universidades que lo usan y su asociación con la adquisición de competencias científicas en química es lo que lo hace novedoso. Para el manejo de esta didáctica se tuvo en cuenta lo planteado por Tobón (2010) y algunos elementos de la mediación, así: 1) el objetivo del proyecto no es memorizar información, sino la posibilidad de aplicarla en posibles soluciones a problemas reales desde diferentes programas académicos; 2) los estudiantes buscan información científica para encontrar soluciones a situaciones; 3) el aprendizaje mediado debe llevarse a un entorno real en el que se involucre y acompañe directamente al estudiante.

En relación con el docente, su acompañamiento en la elaboración del proyecto es fundamental; por ello, se sugiere dividirlo en fases, así: 1) se establecen los criterios que se deben tener en cuenta en el proyecto que orienta al estudiante respecto a la valoración que se dará en cada paso; 2) los estudiantes definen,

junto con el docente, un proyecto que concuerde con la asignatura y su programa de formación; 3) los estudiantes formulan la propuesta de investigación y acuerdan las fechas de los avances; 4) entrega de proyecto escrito que refleje la retroalimentación hecha a los avances, y 5) establecer el impacto que tuvo la investigación por medio de la socialización.

## Metodología

### Tipo de investigación

En este se realizó una investigación cualitativa de tipo explicativa y cuantitativa en cuanto a los instrumentos de recolección de información para estimar los logros alcanzados en términos de aprendizaje, en las sesiones de clase de Química General, Química Orgánica y Bioquímica. En las sesiones de clase se formularon propuestas, presentaciones, aclaraciones y explicaciones para afianzar las competencias científicas investigativas, desde los instrumentos elaborados por las docentes investigadoras y los proporcionados por la Vicerrectoría Académica de la Universidad de La Salle con la metodología de la mediación.

### Población

La investigación abarcó cuatro cursos de Química General de primer semestre, un curso de Química Orgánica de segundo semestre y un curso de Bioquímica general de tercer semestre, con estudiantes entre 16 y 21 años en una muestra de 120 jóvenes. La didáctica se trabajó en grupos de dos o tres personas.

### Etapas de la propuesta

Con el proyecto teórico se propendió por los siguientes desempeños de competencias científicas investigativas:

- Proponer posibles explicaciones.
- Utilizar selectivamente la información para interpretar e interactuar en forma adecuada.
- Presentar la información de forma oral y escrita.
- Argumentar con base en lecturas, con lenguaje científico.

Los estudiantes enfrentados a estas situaciones tienen que tomar decisiones de forma individual o en grupo para escoger qué problema quieren abordar, es decir, definir e identificar lo que se quiere profundizar de ese problema, que tenga un componente científico y que pueda ponerlo a dialogar con los temas del curso de Química y con su futura profesión.

**Tabla 1**  
*Esquema de la estrategia. Primer avance*

<p>1. Los estudiantes escogen un problema que tenga que ver con el programa en el que se están formando, con la química y con el país:</p> <p>Presentan el título del tema a trabajar y las palabras clave</p> <p>Ejemplos de problemas reales que está afrontando Colombia.</p> <p>a. Reciclaje de basuras.</p> <p>b. Paneles solares.</p> <p>c. Lombricultura.</p>	<p>Recolección de información</p>
<p>2. Buscan en fuentes de información (libros, revistas, bases de datos). La información debe estar en español y en inglés. Los artículos deben ser recientes y de revistas científicas.</p>	
<p>3. Construyen un objetivo general y dos específicos.</p>	

*Nota:* elaboración propia.

**Tabla 2**  
*Esquema de la estrategia. Segundo avance*

<p>1. Lectura de la información consultada y justificación del problema: ¿por qué estudiar este tema?</p>	<p>Escritura del ejercicio</p>
<p>2. Introducción: conceptos fundamentales del tema de trabajo.</p>	
<p>3. Planteamiento del problema: formulación de pregunta de investigación.</p>	
<p>4. Justificación e interpretación de los artículos consultados: ¿por qué se seleccionaron esos artículos? (en otras palabras, ¿qué conexión tienen con el tema de trabajo?)</p>	

*Nota:* elaboración propia.

Tabla 3  
*Esquema de la estrategia. Tercer avance*

1. Presentación de todos los ítems anteriores y del estado del arte: ¿qué se ha reportado recientemente sobre este tema? En el curso de Química Orgánica se pide la metodología: de todas las metodologías consultadas para resolver el problema, ¿cuál es la más apropiada?	Elaboración documento con normas Icontec
2. Análisis de la situación actual: discusión breve de la bibliografía consultada y conexión de la temática con su plan de estudios y con el curso de Química General. Confrontación de las ideas de los estudiantes y lo reportado en el campo científico.	
3. Referenciación de las fuentes de información (libros, revistas, bases de datos).	
4. Socialización del proyecto.	Presentación del proyecto: diapositivas o afiche

*Nota:* elaboración propia.

### *Instrumento de recolección de información*

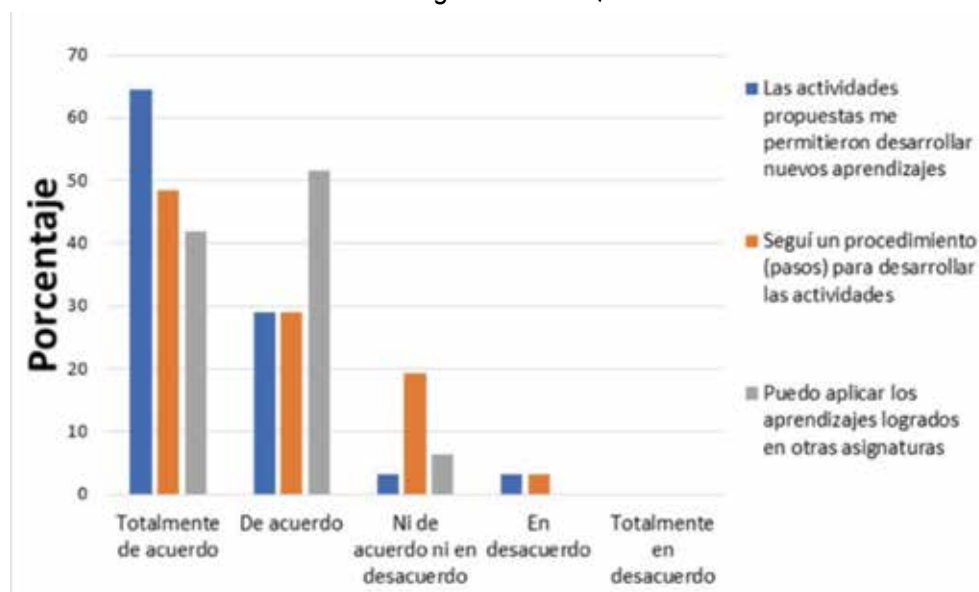
Al finalizar el curso se encuestó a los estudiantes con respecto a la didáctica planteada en la que respondieron preguntas como: ¿Las actividades propuestas me permitieron desarrollar nuevos aprendizajes? ¿Seguí un procedimiento (pasos) para desarrollar las actividades?, ¿Puedo aplicar los aprendizajes logrados en otras asignaturas? Además, se indagó por los aprendizajes más importantes, desde su perspectiva, y si se podían aplicar a otras asignaturas. Por último, se preguntó la satisfacción frente a la didáctica planteada.

## Resultados y discusión de resultados

Como se observa en la Figura 1, para las asignaturas de Química y Bioquímica se encontró que un 64,5 % de los estudiantes respondió estar totalmente de acuerdo y un 29,0 % de acuerdo con que las actividades desarrolladas en la didáctica les permitieron desarrollar nuevos aprendizajes; esto es, un 93,5 %, que corresponde a la mayoría. Respecto a cuáles fueron los aprendizajes logrados, los estudiantes manifestaron: “Aprender a manejar una estructura para

proyectos”, “Conocer nuevos avances en la ciencia y la innovación de nuevos organismos”, “Conocer acerca de un tema tan importante como el de tratar de aprender la solución de una enfermedad”, “La importancia de aprender a buscar en bases de datos para futuros trabajos”, “Aprender a investigar y analizar” y “El proceso de creación del proyecto”. Por tanto, los estudiantes reconocen el valor de aprender a investigar y la importancia de saber estructurar un proyecto.

**Figura 1.**  
*Resultados de la encuesta formulada a los estudiantes en las asignaturas de Química*



Fuente: elaboración propia.

Respecto a la pregunta ¿Seguí un procedimiento (pasos) para desarrollar las actividades?, un 48,4 % mencionó estar totalmente de acuerdo y un 29,0 % de acuerdo, lo que da una sumatoria de 77,4 %, mientras que solo un 3,2 % dijo estar en desacuerdo (Figura 1). Esto indica que el hecho de trabajar el proyecto a lo largo del semestre mediante entregas parciales hizo que los estudiantes siguieran, en su mayoría, un paso a paso que es necesario para formular una investigación, pues hace que la construcción mental sea organizada y coherente. Sin embargo, a pesar de ser guiados y llevar a cabo el proceso a lo largo del semestre, se presentaron dificultades, dos de ellas relacionadas con la definición del tema a investigar y la búsqueda de información. Esto se evidencia en comentarios como: “Elegir la problemática en cuanto al proyecto y su importancia” y “Buscar

la información requerida en el proyecto”. Por tanto, se recomienda, en futuros cursos, proponer a los estudiantes las temáticas generales de investigación, incluidas varias opciones por carrera. También se recomienda dedicar al menos una clase a explicar cómo comenzar la búsqueda de información, cuáles bases de datos son recomendadas, cómo reconocer si un artículo es de investigación o de divulgación. Se sugiere incentivar a los estudiantes a participar en los talleres que ofrece la biblioteca de la Universidad de La Salle sobre la búsqueda en bases de datos en los primeros semestres para que, cuando lleguen a las asignaturas de semestres avanzados, sepan cómo hacerla.

Por último, a la pregunta ¿Puedo aplicar los aprendizajes logrados en otras asignaturas?, los estudiantes respondieron en su mayoría estar de acuerdo o totalmente de acuerdo, con un 93,5 % (Figura 1). Esto muestra que no solo el conocimiento relacionado con la asignatura en sí es el propósito de los cursos de ciencias básicas, sino que el desarrollo de pensamiento, la búsqueda de información, los criterios en la resolución de problemas y el método científico son componentes esenciales de la formación de todo profesional, porque de hecho los estudiantes reconocen su uso en asignaturas diferentes. Así mismo, un 93,5 % de los estudiantes mencionó estar satisfecho con los aprendizajes logrados en la asignatura y solo un 6,5 % no se encontró satisfecho, lo cual muestra aceptación y gusto por la estrategia didáctica sobre la formulación de un proyecto de investigación para el desarrollo de competencias científicas.

Aunque no todos los estudiantes aprobaron la asignatura, respecto a la pregunta del instrumento “¿Puedo aplicar los aprendizajes logrados en otras asignaturas?”, los estudiantes de los cursos de Química General y Orgánica respondieron estar de acuerdo o totalmente de acuerdo, con un 81,4 %, mientras que solo 5,1 % respondió estar en desacuerdo; el porcentaje restante no está de acuerdo ni en desacuerdo. Un 89,8 % de estos estudiantes afirmó estar satisfecho con los aprendizajes logrados en la asignatura y solo un 5,1 % no se encontró satisfecho.

Los estudiantes hicieron comentarios como: “Son temas nuevos y llamativos los cuales tienen amplio campo investigativo”, “Porque es un tema afín con mi carrera y por lo tanto es chévere aprender de ello”, “Debido a que fue un proyecto que nos lleva a indagar acerca de diferentes temas” y “Al principio no sabía qué hacer, luego al investigar me interesó y después quise conocer más”. Esto muestra que a los estudiantes les gusta investigar y más si es un tema que les llame la atención y está relacionado con su carrera.

## Conclusiones

Propuestas de innovación didáctica como está, para el desarrollo de competencias científicas desde la mediación, requieren un trabajo constante, autónomo y prolongado, ya que es un proceso que no se logra solo con una serie de actividades en un lapso corto. Sin embargo, la reflexión de los docentes permite que los estudiantes aprendan y desarrollen competencias científicas, lo que propicia mejores procesos en el aula y mayor compromiso de su parte.

Algunos de los estudiantes no son conscientes de lo que están logrando (competencias individuales y grupales con pares y con expertos) con esta propuesta, debido a que, desde su perspectiva, simplemente están elaborando una tarea más del espacio académico; no obstante, varios reconocen el valor de lo aprendido y su uso en otras asignaturas.

## Referencias

- Amnestoy, M. (1999). *Desarrollo de habilidades de pensamiento. Procesos directivos, ejecutivos y de adquisición de conocimiento*. Ciudad de México: Trillas.
- García, G. A. y Ladino, Y. (2008). Desarrollo de competencias científicas a través de una estrategia de enseñanza y aprendizaje por investigación. *Studiositas*, 3(3), 7-16.
- Gil, D. (1993). Psicología educativa y didáctica de las ciencias. Los procesos de enseñanza/aprendizaje como lugar de encuentro. *Infancia y Aprendizaje* (62-63), 171-186.
- Gil, D. (1994). El currículo de ciencias en la educación obligatoria: ¿Área o disciplinas? ¡Ni lo uno ni lo otro! *Infancia y Aprendizaje* (65), 19-29.
- Kulasegaram, K., Min, C., Howey, E., Neville, A., Woods, N., Dore, K. y Norman, G. (2015). The Mediating Effect of Context Variation in Mixed Practice for Transfer of Basic Science. *Advances in Health Sciences Education*, 20(4), 953-968. doi: <https://doi.org/10.1007/s10459-014-9574-9>
- Lupión-Cobos, T., López-Castilla, R. y Blanco-López, Á. (mayo, 2017). What do Science Teachers Think about Developing Scientific Competences through Context-Based Teaching? A Case Study. *International Journal of Science Education*, 39(7), 937-963. doi: <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1310412>
- Rendón, M. y Cifuentes, R. (2016). Constelaciones didácticas en educación superior: claves para una comprensión crítica. En R. Cifuentes (ed.) *Didácticas en la universidad. Perspectivas desde la docencia* (pp. 308-340). Bogotá: Unisalle.

Sánchez, G. y Valcárcel, M. V. (1993). Diseño de unidades didácticas en el área de Ciencias Experimentales. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 11(1), 33-44.

Tobón, S. (2010). *Formación integral y competencias: pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación* (3ra. ed.). Bogotá: Ecoe Ediciones.

# Desempeño en la prueba específica de Pensamiento Científico: componente de Física, pruebas Saber Pro 2017

Katherine Serrano León\*, Alberto Montalvo Castro\*\*, Julio César León\*\*\*

Jairo Coral Campaña\*, José Martínez Saavedra\*

## Resumen

Se expone un análisis descriptivo inicial sobre los factores que determinan el desempeño en la prueba de pensamiento científico, componente de física, a partir de los resultados de 15.882 estudiantes que presentaron las pruebas Saber Pro en 2017. Se consideran variables relacionadas con características del estudiante y de la institución, como género, edad, capacitación previa, nivel socioeconómico (NSE), tipo de institución y modalidad de estudio, entre otras. Se verifica una relación entre los desempeños en la prueba de pensamiento científico y en la prueba de razonamiento cuantitativo. Se encuentra que los hombres tienen mejor desempeño que las mujeres en pruebas con componente de física. Aunque hay una gran diferencia porcentual en la participación de los programas, el desempeño de los estudiantes de Ciencias Exactas es mejor que el de los de Ingeniería.

*Palabras clave:* desempeño, pensamiento científico, física, Saber Pro.

---

\* Docente, Universitaria Agustiniiana. Correo electrónico: yeimmy.serrano@uniagustiniana.edu.co

\*\* Docente, Universitaria Agustiniiana. Correo electrónico: alberto.montalvo@uniagustiniana.edu.co

\*\*\* Vicerrector de Investigación, Universitaria Agustiniiana. Correo electrónico: vice.investigaciones@uniagustiniana.edu.co

♦ Docente, Universidad Santo Tomás. Correo electrónico: jairocoral@usantoto.edu.co

♦♦ Docente, Universidad Santo Tomás. Correo electrónico: josemartinez@usantoto.edu.co

## Performance on the Specific Scientific Thinking Test: Physics Component, Saber Pro 2017 Tests

### Abstract

An initial descriptive analysis is presented on the factors that determine performance in the scientific thinking test, a physics component, based on the results of 15.882 students who took the Saber Pro tests in 2017. Variables related to student characteristics and characteristics of the institution, such as gender, age, previous training, socioeconomic level (SES), type of institution and study modality, among others. A relationship is verified between the performances in the scientific thinking test and in the quantitative reasoning test. It is found that men perform better than women in tests with a physics component. Although there is a large percentage difference in the participation of the programs, the performance of Exact Sciences students is better than that of Engineering.

*Keywords:* performance, scientific thinking, physics, Saber Pro.

### Introducción

La educación, como función social, tiene por objetivo estimular capacidades en el ser humano, situación que exige formar en el contexto social, personal y laboral (De la Ossa y De la Ossa-Lacayo, 2010) y las matemáticas aportan al desarrollo del pensamiento humano, porque dotan de herramientas apropiadas para la comprensión; esto permite transformar su entorno y reconocer acciones para abordar situaciones propias del pensamiento científico que están incluidas en componentes de física o en pruebas como las Saber.

Para comprender esta reflexión, se emplean como sustentos teóricos la prueba Saber Pro y los elementos que constituyen el modelo jerárquico lineal, para identificar los factores que inciden en los alcances de los estudiantes. Se organizan los datos y la información para estructurar un modelo de dos niveles: el primero es el individual, que tiene en cuenta el nivel socioeconómico, el grupo de referencia y el desempeño en razonamiento cuantitativo; el segundo es el institucional, que se compone de método (modalidad presencial u otra), origen (público o privado)

y carácter (universidad u otra), con lo cual se cuantifica la contribución de cada variable.

## Prueba Saber Pro

La Ley 1324 de 2009 le asigna al Instituto Colombiano para Evaluación de la Educación (Icfes) la competencia de hacer seguimiento y control por medio de pruebas externas a la formación desarrollada en las instituciones de educación. Para tal fin, el Icfes avanza en la alineación del Sistema nacional de evaluación externa estandarizada (SNEE), con el propósito de comparar los resultados alcanzados por sus participantes en diversos niveles educativos, con exámenes que evalúan las mismas competencias desde diferentes áreas que constituyen las competencias genéricas.

De acuerdo con el Decreto 3963 de 2009, el examen tiene por finalidad revisar el desarrollo de las competencias en los estudiantes, aportar elementos para identificar el valor agregado y aportar información para construir indicadores de evaluación de la calidad de los programas ofertados y de las instituciones de educación superior (IES); además, con la Ley 1324 de 2009 se instituye la obligatoriedad de la presentación del examen de Estado en la educación superior para obtener el título de pregrado (Ministerio de Educación Nacional, 2020).

Para la presentación de este examen, el estudiante tiene que haber aprobado al menos un 75 % de los créditos del programa universitario de formación profesional; como plantea la ley, con este se identifica el incremento de las competencias genéricas, sin importar el área de estudio, así como las competencias específicas asociadas a los saberes propios del programa.

Las competencias genéricas se conforman de los módulos de lectura crítica, razonamiento cuantitativo, competencias ciudadanas, comunicación escrita e inglés, en tanto las competencias específicas son organizadas en cuarenta módulos, entre los cuales está el de pensamiento científico, con el que se busca examinar la capacidad para “comprender, analizar y afrontar situaciones reales o abstractas con rigor científico” (Icfes, 2017, p. 14).

Los módulos de pensamiento científico son: ciencias biológicas; ciencias de la Tierra; ciencias físicas; matemáticas y estadística, y química.

Nuestro interés es examinar el módulo de pensamiento científico-ciencias físicas, dirigido a los programas de Astronomía, Ingeniería Física, Física, Oceanografía Física y programas afines. Para obtener un equivalente numérico de los alcances de los estudiantes en los módulos se proponen los niveles de desempeño que se describen en la Tabla 1.

**Tabla 1**  
*Descripciones de los niveles de desempeño*

<b>Nivel</b>	<b>Descriptor general</b>	<b>Descriptores específicos</b>
1 Puntaje en el módulo de 0 a 127	El estudiante que se ubica en este nivel podría reconocer y extraer información que aparece explícitamente con contextos relacionados con problemas científicos.	El estudiante que se ubica en este nivel podría: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reconocer formatos adecuados para la representación de información relacionada con un contexto científico.</li> <li>- Extraer información relevante de un contexto científico para resolver un problema.</li> </ul>
2 Puntaje en el módulo de 128 a 155	Además de lo descrito en el nivel anterior, el estudiante que se ubica en este nivel interpreta y analiza información que aparece en contexto científico.	Además de lo descrito en el nivel anterior, el estudiante que se ubica en este nivel: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Define preguntas de investigación adecuadas para un problema a resolver</li> <li>- Identifica objetivos adecuados para preguntas de investigación.</li> <li>- Define el modelo adecuado para un fenómeno a estudiar.</li> <li>- Interpreta modelos gráficos, matemáticos o información contenida en tablas para resolver problemas.</li> <li>- Deduce conclusiones a partir de resultados representados de forma gráfica o tabular.</li> <li>- Aplica conceptos estadísticos básicos en el análisis de situaciones de investigación (medidas de tendencia central y dispersión).</li> </ul>
3 Puntaje en el módulo de 156 a 200	Además de lo descrito en el nivel anterior, el estudiante que se ubica en este nivel evalúa el planteamiento inicial de una investigación y utiliza modelos científicos para resolver un problema.	Además de lo descrito en el nivel anterior, el estudiante que se ubica en este nivel: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evalúa una hipótesis a partir de resultados experimentales.</li> <li>- Propone preguntas adecuadas a partir de los resultados de una investigación.</li> <li>- Valora posibles modelos para resolver una pregunta de investigación.</li> <li>- Aplica conceptos estadísticos que den cuenta de la correlación entre variables.</li> <li>- Justifica una conclusión basándose en un modelo científico.</li> </ul>

Nivel	Descriptor general	Descriptores específicos
4 Puntaje en el módulo de 201 a 300	Además de lo descrito en el nivel anterior, el estudiante que se ubica en este nivel evalúa una investigación a escala general, el planteamiento del problema, sus estrategias, modelos, metodologías y conclusiones, y examina que exista coherencia interna.	Además de lo descrito en el nivel anterior, el estudiante que se ubica en este nivel: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Valora una estrategia de investigación por medio de los conceptos del diseño experimental.</li> <li>- Evalúa modelos aplicables a una situación específica y verifica el cumplimiento de supuestos y la coherencia con información presentada en un contexto científico.</li> <li>- Valida la consistencia entre los resultados de investigaciones, los procedimientos utilizados y el alcance de las conclusiones.</li> </ul>

Fuente: Icfes. (2017). *Guía de orientación Saber Pro. Competencias específicas. Módulos de pensamiento científico: ciencias biológicas, ciencias físicas, matemáticas y estadística, ciencias de la Tierra y química*. Recuperado de <http://www.icfes.gov.co/documents/20143/495243/Guia%20de%20orientacion%20competencias%20especificas%20modulo%20de%20pensamiento%20cientifico%20saber-pro-2017.pdf>, p. 17.

## Metodología

Para el estudio se tuvo en cuenta información de 15.882 estudiantes de los programas pertenecientes a los grupos de referencia de Ciencias Exactas e Ingeniería que presentaron la prueba de pensamiento científico en 2017. Las variables para analizar son: resultados de la prueba específica de pensamiento científico en el componente de física, resultados la prueba genérica de razonamiento cuantitativo y variables relacionadas con características del estudiante y de la institución.

Tabla 2  
*Variables estudiadas*

Variabes de individuo	Variabes de institución	Variable respuesta
Género	Método	Pensamiento científico
Edad	Carácter	
Capacitación prueba Saber Pro	Origen	
Razonamiento cuantitativo		
NSE Grupo de referencia		

Fuente: elaboración propia

En relación con las variables de individuo: el género es un variable cualitativa dicotómica con valor 0 para mujer y 1 para hombre; la variable capacitación en la prueba es cualitativa dicotómica que responde a si el estudiante tomó algún curso de formación previo a la prueba; la variable Grupo de Referencia responde a los programas de formación de Ingeniería o Ciencias Exactas. Las variables edad, razonamiento cuantitativo y NSE son cuantitativas; el razonamiento cuantitativo corresponde al puntaje en la prueba genérica y el NSE es el nivel económico de cada estudiante, calculado por el Icfes.

Las variables de institución son variables cualitativas dicotómicas: el método (presencial o a distancia); carácter (universidad u otras instituciones); origen (oficial y privado). La variable respuesta pensamiento científico es cuantitativa y da cuenta del puntaje obtenido por el estudiante en la prueba específica.

La fuente principal de información son las bases de datos públicas del Icfes para la prueba Saber Pro del año 2017, específicamente la prueba de pensamiento científico y las variables de contexto.

## Resultados

Los resultados que se presentan a continuación corresponden a los análisis de los puntajes de 15.882 estudiantes, con un promedio de edad de 24 años, de los programas que pertenecen a Ingeniería o Ciencias Exactas en 113 instituciones de educación superior en todos los departamentos en Colombia. El promedio en el puntaje de la prueba de razonamiento cuantitativo es de 171,9 mientras que para la prueba de pensamiento científico-física es de 150.

**Tabla 3**  
*Distribución de promedio por grupos analizados*

Variable	Grupo	Individuos		Promedio
		Número	% total	
Género	Masculino	12.332	77,6	151,16
	Femenino	3.550	22,4	145,97
Capacitación prueba Saber Pro	Sí recibió	11.748	74,0	147,53
	No recibió	4.134	26,0	157,58
Grupo de referencia	Ingeniería	15.544	97,9	149,38
	Ciencias Exactas	338	2,1	178,2

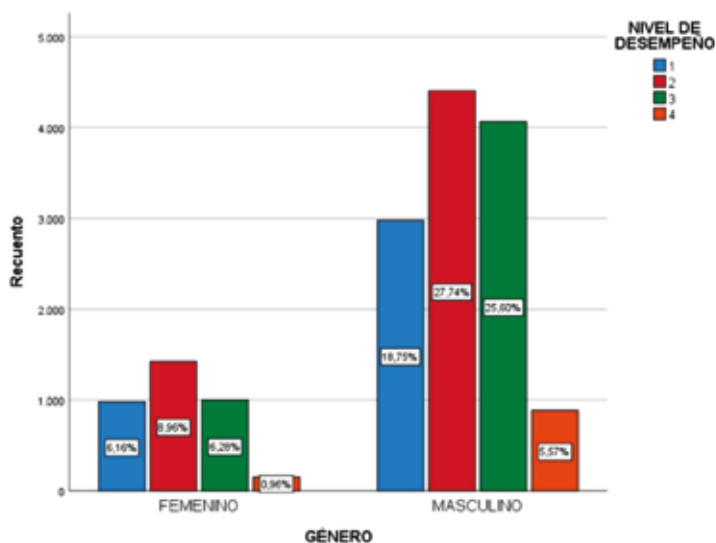
Variable	Grupo	Individuos		Promedio
		Número	% total	
Método	A distancia	751	4,7	135,17
	Presencial	15.131	95,3	150,73
Carácter	Universidad	12.489	78,6	152,69
	Otra institución	3.393	21,4	140,08
Origen	Oficial	6.689	42,1	154,51
	Privado	9.193	57,9	146,1
	Total	15.882	100,0	

Fuente: elaboración propia

Los descriptivos nos muestran que la proporción de hombres es de 77,6 % y la de mujeres, de 22,4 %, con resultados promedio más altos para hombres (151,16) que para mujeres (146, 97); los primeros están por encima de la media general y las mujeres, por debajo. En relación con la capacitación, tan solo un 26 % asegura no haber tomado ningún tipo de preparación previa al examen, mientras un 74 % sí lo hizo. Los desempeños para esta variable se muestran a favor de quienes no se capacitaron (157,58) frente a quienes sí se prepararon (147,53). La gran mayoría de los estudiantes que presentaron la prueba cursan programas de Ingeniería con un 97,9 % y tan solo un 2,1 % forma parte de los programas de Ciencias Exactas. A pesar de la notable diferencia porcentual en la participación de los programas, el mayor desempeño en la prueba corresponde al grupo de referencia de Ciencias Exactas (178,2) respecto a los de Ingeniería (149,38).

En relación con las variables de institución, se observa que casi la totalidad de los estudiantes cursa la carrera en modalidad presencial (95,3 %) y no a distancia (4,7 %); un 42,1 % proviene de universidad privada, mientras que un 57,9 %, de universidad pública. El promedio de puntajes de los estudiantes de universidades públicas es de 154,51 y el de privadas, de 146,1, en tanto que para universidad es de 152,69 y para otro tipo de institución, de 140,08. A su vez, las instituciones con modalidad presencial tienen un promedio de puntaje 150,73 y las de modalidad a distancia, de 135,17.

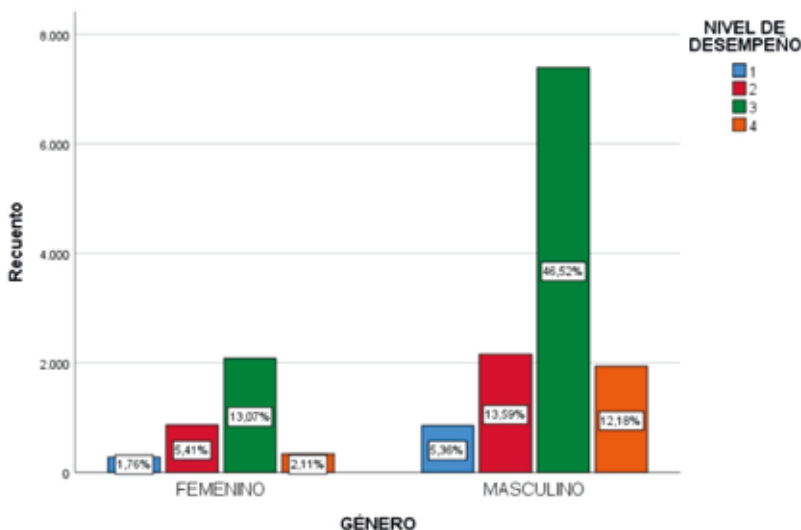
Figura 1.  
*Desempeño en la prueba de pensamiento científico por género.*



Fuente: elaboración propia

El análisis por género en cuanto a los desempeños en la prueba de pensamiento científico muestra comportamientos similares en hombre y mujeres. La gran mayoría de hombres y mujeres se ubican en el nivel 2, con un 8,96 % para mujeres y un 27,74 % para hombres. En seguida, se encuentra una mayor proporción de hombres en el nivel 3 (25,60 %) que en el nivel 1 (18,75 %), mientras que, para el caso de las mujeres, la proporción es muy cercana entre el nivel 1 (6,16 %) y el 3 (6,28 %). Finalmente, una minoría de hombres y mujeres se ubica en el nivel 4 (5,57 % y 0,96 % respectivamente).

Figura 2.  
Desempeño en la prueba de razonamiento cuantitativo por género



Fuente: elaboración propia.

En el caso de la prueba específica de razonamiento cuantitativo, se observa la gran mayoría de hombres (46,52 %) y mujeres (13,07 %) en el nivel 3, seguido de un 13,59 % de hombres y 5,41 % en nivel 2. Finalmente, se halla mayor proporción de hombres en nivel 4 (12,18 %) que en nivel 1 (5,36 %), mientras que la proporción de mujeres en estos dos niveles es casi equitativa (2,11 % en nivel 4 y 1,76 % en nivel 1).

Pruebas estadísticas confirman que existe relación entre el género y el nivel de desempeño en las pruebas de pensamiento científico y razonamiento cuantitativo. Un sig de  $0,000 < 0,05$  rechaza la hipótesis de independencia y se confirma que existe relación entre el género y el nivel en cada una de las pruebas de componente matemático.

Por otro lado, en cuanto a las variables cuantitativas razonamiento cuantitativo y pensamiento científico, el coeficiente de Spearman confirma con un sig  $0,000 < 0,05$  significancia estadística positiva (0,58), es decir, cuanto mayor puntaje en la prueba de razonamiento cuantitativo, mayores puntajes en la prueba de pensamiento científico.

**Tabla 4**  
*Prueba estadística U-Mann-Whitney para la diferencia de medias*

	<b>Result_Puntaje</b>	<b>Mod_Razona_Quantitat_Punt</b>
U de Mann-Whitney	19860470,000	18656194,500
W de Wilcoxon	26163495,000	24959219,500
Z	-8,429	-13,432
Sig. Asintótica (bilateral)	0,000	0,000
a. Variable de agrupación: género		

Fuente: elaboración propia

Por último, en línea con el análisis de género, se estudian las diferencias en los puntajes promedio en la prueba de pensamiento científico en hombres y mujeres. Con una significancia de  $0,000 < 0,05$  existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis de igualdad de medias, por lo que se puede concluir que para las dos pruebas de componente matemático existe diferencia promedio en los desempeños a favor de los hombres.

## Conclusiones

Se identifica mayor cantidad de estudiantes de género masculino que de género femenino en los programas vinculados a ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas (STEM). Es posible que la preferencia por ciertas áreas del conocimiento esté relacionada con el gusto por las actividades que se desarrollarán en la vida laboral.

A partir del análisis, en los resultados alcanzados por los estudiantes y por la relación entre estos se identifica una asociación entre los niveles de desempeño de los estudiantes en la prueba en el componente de física y el género. Se hallaron diferencias de género en los resultados promedio en la prueba de pensamiento científico a favor de los hombres. Esto quiere decir que en las pruebas de componente de física obtienen mayores puntajes los hombres que las mujeres.

Se corrobora la asociación positiva entre las pruebas de razonamiento cuantitativo y pensamiento científico; además, se puede conjeturar la posible relación y asociación, por condición de transitividad, entre el género y cualquier prueba de componente de física.

el estudio permite identificar que hay mejor desempeño en la prueba genérica de razonamiento cuantitativo que en la prueba específica de pensamiento científico, pues se aumenta la proporción de estudiantes en el nivel de desempeño 3 en la primera, en tanto en la segunda, la gran mayoría se ubica en el nivel de desempeño 2.

## Referencias

De la Ossa, V. y De la Ossa-Lacayo, A. (2010). *Relación entre la enseñanza de las matemáticas y las ciencias biológicas*. *Revista Colombiana de Ciencia Animal RECLA*, 2(1), 163-175. <https://doi.org/10.24188/recia.v2.n1.2010.340>

Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación [Icfes]. (2017). *Saber Pro. Competencias específicas. Módulos de pensamiento científico: ciencias biológicas, ciencias físicas, matemáticas y estadística, ciencias de la Tierra y química*. Recuperado de <http://www.icfes.gov.co/documents/20143/495243/Guia%20de%20orientacion%20competencias%20especificas%20modulo%20de%20pensamiento%20cientifico%20saber-pro-2017.pdf>

Ministerio de Educación Nacional. (2020). *Guía de orientación Saber Pro 2020. Módulos de competencias genéricas*. Recuperado de <https://www2.icfes.gov.co/documents/20143/1891934/Guia+de+orientacion+de+Modulos+genericos+Saber+Pro+2020.pdf/c9957a62-9932-c7b7-3a4f-08e16f33a70f?t=1591024915462>

# Variaciones de aprendizaje en línea: una experiencia integradora de arte y geometría

Catalina del Pilar Murcia Flórez\*

## Resumen

El presente artículo da a conocer una experiencia pedagógica *e-learning* con la que se buscó, por medio de la integración del arte y la geometría, identificar y categorizar los sistemas de comunicación que contribuyen a la construcción de conocimiento. Se examinó la interacción de diez estudiantes de educación básica y media pertenecientes a tres instituciones educativas de carácter público de Bogotá. El espacio de formación se basa en el modelo de diseño instruccional Addie, mediante la plataforma Edmodo, donde se presentan actividades y foros con el fin de explorar dichos sistemas de comunicación. Para analizarlos se tuvieron en cuenta tres elementos básicos que son abordados como presencias: cognitivo, social y docente. En esta experiencia se hizo énfasis en la presencia social, con algunas categorías y subcategorías que sirvieron como herramienta para examinar la comunicación. Cabe aclarar que se tuvieron en cuenta las dos presencias restantes, pero de manera implícita. Con la categorización de las expresiones e intervenciones de los estudiantes se evidenció, entre muchas otras cosas, que los entornos *e-learning* para el aprendizaje en comunidad tienen grandes posibilidades y ventajas, pero es necesario crear más conciencia de su uso en los jóvenes desde temprana edad y considerar experiencias que fortalezcan la comunicación abierta, la cohesión y el intercambio de información académica entre pares. Desarrollar actividades que permitan la construcción de conocimiento mediante sistemas de comunicación que favorezcan el aprendizaje, sin que haya un reconocimiento de la capacidad y las herramientas y recursos de los medios virtuales, interrumpe los procesos de enseñanza y de aprendizaje y no facilita construir redes conceptuales y nociones básicas e incluso hace que se pierda sentido e importancia de la idea de la educación bajo una modalidad *e-learning*. Así mismo, se observó un distanciamiento entre la educación formal presencial y los entornos en línea. Los estudiantes consideran que algunas prácticas *e-learning* no propician

---

\* Docente de matemáticas, Secretaría de Educación de Bogotá. Correo electrónico: [cdmurcia@educacionbogota.edu.co](mailto:cdmurcia@educacionbogota.edu.co)

el autoaprendizaje y ven el uso del computador como un recurso desligado de la academia, lo que demuestra un apego a las metodologías presenciales.

*Palabras clave:* Edmodo, *e-learning*, Addie, comunicación, social.

## Variations of Online Learning: An Integrating Experience of Art and Geometry

### Abstract

This article presents an e-learning pedagogical experience that aims, through the integration of Art and Geometry, to identify and categorize the communication systems that contribute to the construction of knowledge, on the relationship and interaction of 10 elementary and middle school students belonging to three public educational institutions in Bogotá. The learning space is based on the Addie instructional design model, using the Edmodo platform, where activities and forums that were raised in order to explore different communication systems are presented. To perform the analysis of these systems, three basic elements of a research community are used that are addressed as presences: cognitive, social and teaching. In this experience, emphasis was placed on social presence, taking some categories and indicators (or subcategories), which served as a tool for communication analysis. It should be clarified that the two remaining presences were taken into account, but implicitly. From the categorization of the different expressions and interventions of the students it became clear, among many other things, that e-learning environments for community learning have great possibilities and advantages in education, but it is necessary to create more awareness of their Use in young people from an early age, considering experiences that strengthen open communication, cohesion and the exchange of academic information between peers. In this way, trying to develop activities that allow the construction of knowledge through communication systems that favor learning, without there being a recognition of the capacity and tools and resources of virtual media as online learning media, interrupts the processes both teaching as learning and does not allow the construction of conceptual networks, basic notions of other concepts and even makes sense and importance of the idea of education lost under an e-learning modality. Likewise, it was possible to show a distance from formal face-to-face education with online environments, students consider that some e-learning practices do not allow self-learning, they see the

use of the computer as an unrelated resource of the academy, then observing a attachment to face-to-face methodologies.

*Keywords:* Edmodo, *e-learning*, Addie model, geometry, art.

## Introducción

Mediante la sistematización de la experiencia de aula se reconocen y analizan los sistemas de comunicación que contribuyen a la construcción de conocimiento matemático y artístico en la interacción de diez estudiantes de educación básica y media pertenecientes a tres instituciones ubicadas en las localidades de Ciudad Bolívar y Usaquén, distribuidos de la siguiente manera: tres estudiantes de grado undécimo del colegio Ciudad Bolívar Argentina, dos estudiantes de grado noveno y un estudiante de grado décimo del colegio María Mercedes Carranza y cuatro estudiantes de grado undécimo del colegio Nuevo Horizonte.

La necesidad de analizar los procesos de comunicación surge debido a que la población objetivo, en su mayoría, presenta desmotivación a la hora de interactuar con una plataforma virtual, falta de interés por el trabajo y ausencia en la conformación de sistemas de comunicación que contribuyan a la construcción de conocimiento que no solo será útil en sus prácticas diarias de aprendizaje, sino también en sus futuros espacios de educación superior.

En este sentido, se utilizan subcategorías (presencias) que permiten analizar el desarrollo de las habilidades motrices e intelectuales, representadas en la manipulación de los objetos y conceptos en la plataforma, las estrategias de los estudiantes y la capacidad de relacionar la geometría y el arte.

Para iniciar la consolidación de la experiencia se observaron algunos trabajos existentes, que conforman los antecedentes, entre los que se destacan: “Las emociones en el aprendizaje online” (Rebollo, García, Barragán, Buzón y Vega, 2008); “La comunidad de práctica ‘online’” (Valdivia, 2009); “Modelo interactivo en red para el aprendizaje” (Silva-Quiroz, Fernández y Astudillo, 2016), y “Aprendizaje colaborativo online: indagación de las estrategias de funcionamiento” (Cenich y Santos, 2006). Estos trabajos permitieron reconocer algunos elementos teóricos, pedagógicos y metodológicos que eran importantes no solo para la planeación del espacio de aprendizaje, sino también para su desarrollo y manipulación por parte de los estudiantes.

Se toma como referente a Garrison y Anderson (2005) para abordar el aprendizaje en línea y la metodología *e-learning*, desde tres tipos de presencias: social, cognitiva y docente, vistas como relaciones bidireccionales entre los sujetos que intervienen en la práctica educativa. Se delimita el estudio con énfasis en la presencia social, de la cual emergen tres categorías: comunicación abierta, cohesión e intercambio de información académica. De cada una se identifican subcategorías que permiten organizar la información recolectada de la plataforma.

En la información categorizada se observó que la construcción de conocimiento es interrumpida por la falta de elementos indispensables en la cohesión y el intercambio de información académica, producto de factores culturales permeados por la educación presencial y por sus núcleos familiares. La falta de cultura tecnológica hace que los resultados en la educación en línea no sean los esperados, que la motivación y el interés disminuyan, que no haya una construcción sólida de conceptos, que la autodisciplina y el trabajo autónomos no sean factores relevantes en el aprendizaje y que nuevas formas de aprender y enseñar, donde las TIC son el eje, no tengan cabida en la educación formal en los niveles de básica y media.

## Metodología

Para hablar de metodología *e-learning* es necesario abordar el concepto de tecnologías educativas como “aquellas herramientas empleadas en la práctica docente formal con el objetivo de difundir, ilustrar, comunicar o introducir a estudiantes y profesores en actividades expresamente diseñadas para introducir al aprendizaje” (Garrison y Anderson, 2005, p. 55).

Estas herramientas fueron fundamentales en la metodología *e-learning* en tanto configuraron la estrategia a seguir. Además, se deben tener en cuenta los siguientes factores: “La educación como proceso constructivo a lo largo de la vida; la tecnología a partir de la utilidad comunicativa e informática creando espacios de interacción; la organización del constructo humano que configura el proceso de enseñanza-aprendizaje” (Mondéjar, Mondéjar y Vargas, 2006, p. 20). Estos aspectos hacen ver la educación *e-learning* como estrategia integradora del contexto, que busca formalizar los saberes por medio de la significación de conceptos en un ambiente cotidiano y real para el aprendiz mediante las tecnologías de la información.

## Categorías

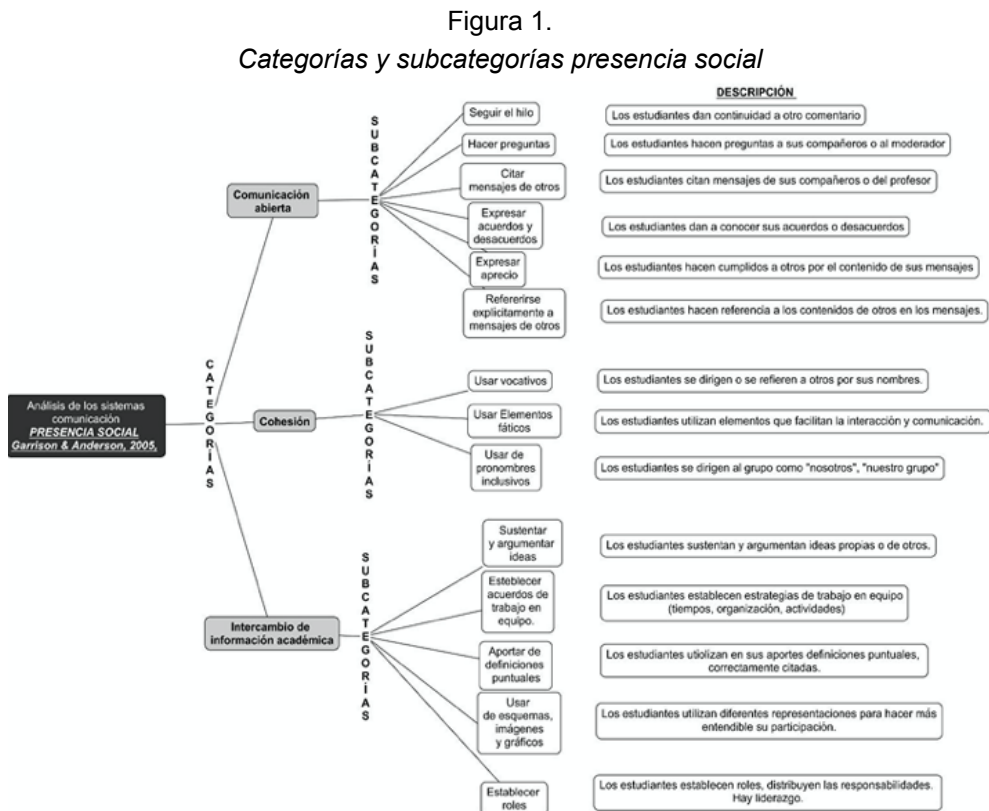
El proceso de aprendizaje del que se habla debe darse por la interacción y la relación entre estudiantes, saber y docente. Aquí fue fundamental observar de qué manera opera cada uno de los agentes intervinientes en el proceso. Garrison y Anderson (2005) proponen tres tipos de presencias: cognitiva, docente y social. La presencia cognitiva pone en evidencia algunos aspectos relacionados con el tratamiento que se le da al saber en la implementación del diseño instruccional; la presencia docente explora los roles docentes en el aprendizaje *e-learning*, y la presencia social estudia los rasgos de comunicación afectiva, de comunicación abierta y de comunicación cohesiva del estudiante, en alusión a las formas de comunicación de los estudiantes a la hora de interactuar con el material brindado. Todas las presencias utilizan categorías, subcategorías y definiciones para determinar y analizar los rasgos de cada una de ellas. Para este estudio se tiene en cuenta la presencia social, de la que se escogieron las categorías de comunicación abierta, cohesión e intercambio de información académica.

La comunicación abierta es “recíproca y respetuosa [...] posee una calidad afectiva que se refleja en un clima de confianza y aceptación [...] se construye mediante un proceso de reconocimiento y apreciación de las aportaciones de otro, promoviendo la participación e interacción” (Garrison y Anderson, 2005, p. 79). La comunicación abierta pretende abrir un espacio donde los estudiantes den respuestas constructivas a opiniones, dudas o aportes de los demás.

Por su lado, la cohesión es fundamental para mantener el compromiso y cumplir con las metas de la comunidad de aprendizaje *e-learning*. La cohesión propicia la “construcción de significado y confirmación de la comprensión [...] haciendo que los estudiantes se perciban como parte de una comunidad de investigación, optimizando el discurso, la puesta en común de los significados construidos y la calidad de los resultados” (Garrison y Anderson, 2005, p. 81). El buen trato, el llamar por el nombre propio e incluso utilizar un lenguaje llamativo y pertinente para cada situación hace que la cohesión forme parte de una estrategia *e-learning*.

La tercera variable, denominada intercambio de información académica, fue construcción propia y hace referencia al uso de imágenes, argumentos, definiciones y problemas que los estudiantes manifiestan a la hora de desarrollar las actividades propuestas.

La Figura 1 relaciona la variable con una serie de subcategorías que fueron el punto de partida para analizar lo realizado por los estudiantes:



Fuente: Garrison, D. y Anderson, T. (2005). *El e-learning en el siglo XXI*. Barcelona: Ediciones Octaedro, p. 52.

### Plataforma para el desarrollo de actividades

Una de las aplicaciones que facilita la comunicación entre profesores y alumnos, según Garrido (2013), es Edmodo. Con un servicio de redes sociales basado en el *microblogging* proporciona al docente espacios virtuales privados y públicos por medio de los cuales se pueden compartir mensajes, archivos y enlaces, con la posibilidad de establecer fechas específicas de presentación y organizar las actividades en un calendario de aula; de esta manera se propusieron y se gestionaron tareas específicas.

## Diseño instruccional del ambiente de aprendizaje

Existen diferentes definiciones del diseño instruccional. Entre las más recientes se encuentra la dada por Richey, Fields y Foson (2001, citados por Belloch, 2013) quienes indican que el diseño instruccional “supone una planificación instruccional sistemática que incluye la valoración de necesidades, el desarrollo, la evaluación, la implementación y el mantenimiento de materiales y programas” (p. 13). Así, el diseño instruccional consiste en determinar el proceso de enseñanza-aprendizaje: análisis, planeación, implementación y evaluación, que son componentes básicos en cualquier aula escolar. También hay diversos modelos de diseño instruccional (Belloch, 2013): modelo de Gagné y Brigg, modelo ASSURE de Heinich y otros autores, modelo de Dick y Carey, modelo de Jonassen y modelo Addie, en el cual se hará especial énfasis por ser el que se tomó para esta experiencia.

El modelo Addie, de acuerdo con Belloch (2013), se basa en un proceso interactivo que contiene una evaluación formativa en cada fase, lo que hace que se pueda regresar a cualquiera de las etapas previas; esto quiere decir que el producto final de una fase es el inicio de la siguiente. Las cinco etapas de este modelo son: análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación. Para entenderlas, los resultados se expondrán a la luz de cada una de ellas.

## Resultados

Como se mencionó, los resultados se muestran en relación con las fases del modelo Instruccional Addie (Tabla 1). En cada una se indica lo hallado tanto en la plataforma como en la interacción con los estudiantes, desde la planeación y la implementación hasta la evaluación.

**Tabla 1**  
*Resultados desde el modelo Addie y las categorías de análisis*

Fase	<b>Relación del modelo Addie con las categorías de la presencia social</b>
Análisis	<p>Previo al diseño del medio y de las actividades, se hizo un diagnóstico del manejo de la plataforma y de preconceptos importantes. Se notó falta de habilidad técnica en el uso de Edmodo por parte de algunos de los participantes, a pesar de que el entorno virtual es similar al de ciertas redes sociales, así como temor en la manipulación de los recursos y la comunicación entre pares. Aunque algunos estudiantes aseguran manejar o tener experiencia en plataformas en línea y recursos informáticos, muestran limitaciones a la hora de hacer un trabajo académico. Por eso se vio la necesidad de introducirlos en la plataforma, familiarizarlos con ella y establecer espacios para la interacción informal.</p> <p>Se indagó acerca de la motivación que tenían respecto al ejercicio y se encontraron aspectos relacionados con la interacción con otros, el aprendizaje de cada disciplina (matemáticas y artes) y las relaciones que encontraron entre estas. Les pareció interesante conocer puntos de vista de estudiantes de otras instituciones educativas.</p>
Diseño	<p>Se propusieron realizar tres actividades: la primera, de consulta de teselado, en la que se evidenció el rigor a la hora de hacer un escrito académico; la segunda, de elaboración de un teselado libre, con el fin de observar la comprensión del concepto de teselado; la tercera, de integración de artes y matemáticas mediante la elaboración de teselados, así como el trabajo en equipo.</p>
Desarrollo	<p>Se exponen los procesos y las expresiones de los estudiantes. Se hará mayor énfasis en esta fase, puesto que se resalta la presencia social. Para describir lo realizado por los estudiantes, se utilizan las categorías y subcategorías de la presencia seleccionada.</p>
Implementación	<p>Se observa un buen desarrollo de comunicación abierta, puesto que los estudiantes siguen el hilo de las conversaciones en los foros, citan los mensajes de otros a la hora de referirse a un comentario específico, hacen preguntas acerca de las dudas que genera la interacción o el desarrollo de las actividades, expresan aprecio y hacen buen uso de netiqueta. Adicionalmente, se detecta dificultad en los tiempos de respuesta, pues los estudiantes tardan muchos días en contestar a un comentario o publicación y en ocasiones se pierde el hilo de discusión y de trabajo.</p>

Fase	Relación del modelo Addie con las categorías de la presencia social
	<p>Existe una adecuada cohesión; usan vocativos pertinentes con su género y su rol (profesor o estudiante) en el espacio de aprendizaje. Utilizan lenguaje fático, de saludo, de despedida y de aclaración de ideas del comentario que hicieron, lo que facilita la interacción entre emisor y receptor.</p> <p>Uno de los aspectos en los que se presenta dificultad es el intercambio de información académica. Se identifica ausencia en el uso de esquemas, gráficas o representaciones a la hora de intervenir en los foros, lo que hace que las participaciones se vuelvan monótonas, planas y, en ocasiones, confusas. Los estudiantes consultaron acerca de los teselados, pero no citaban adecuadamente los autores y en ocasiones no escribían la fuente, a pesar de hacerles esta recomendación. También hay uso incorrecto de normas de citación, bien sea Icontec o APA; los estudiantes manifiestan no tener conocimiento al respecto.</p> <p>Respondían a foros; sin embargo, se quedaban cortos en argumentación de ideas o para defender su postura frente a un tema particular. Se les dificultó la comunicación para la construcción colectiva de los teselados, así como ponerse de acuerdo para elaborar un trabajo en equipo en línea.</p>
Evaluación	<p>Fue tomada en cuenta durante todo el proceso de la implementación. Se corrigieron algunas actividades como parte de una evaluación formativa. Se detectó la necesidad de hacer más cambios o refuerzos didácticos que propiciaran la interacción y la comunicación.</p>

Fuente: elaboración propia.

## Limitaciones del estudio

Debido a que la implementación se realizó en jornadas extracurriculares, a la hora de plantear y elaborar las actividades se tuvo presente que quizá los estudiantes no contarán con el servicio de Internet o acceso a un computador en sus casas, lo que dificultaría la práctica. Asimismo, se pensó que podrían existir dificultades en la búsqueda efectiva de información en Internet, hacer uso inadecuado de protocolos de etiqueta en redes sociales o contar con exceso de carga académica en las asignaturas propias del colegio.

Se llegó a pensar que la plataforma Edmodo, con la cual se trabajó, no ofrecería mayor inconveniente, debido a que su entorno visual es muy similar al de Facebook, red social que constantemente se maneja; sin embargo, como se mencionó, esto no fue así.

## Conclusiones

Los entornos *e-learning* requieren un proceso de identificación, acomodación y acoplamiento por parte de estudiantes y profesores, que se deben manipular y entender desde los primeros grados de escolaridad para alcanzar, al final del proceso educativo, un resultado que demuestre cohesión, intercambio de información y comunicación abierta.

No se puede trabajar con un sistema de comunicación que favorezca el aprendizaje cuando los implicados no reconocen la capacidad, las herramientas y los recursos de los medios virtuales como elementos fundamentales para el aprendizaje en línea. Estas actitudes están directamente relacionadas con la cultura en la que se desarrolla el niño tanto en el colegio como en su hogar. Ligado a esto van el desarrollo de la autodisciplina y la regulación del tiempo, pues la ausencia del estudiante en las actividades por un período prolongado conduce a que la motivación y el hilo de las conversaciones se pierdan; así, los estudiantes terminan participando más por compromiso que por interés.

El uso correcto de la información es fundamental en cualquier espacio de formación. La ausencia de normas de citación o de derechos de autor hace que el trabajo realizado no sea riguroso y no le permite al lector ahondar en el texto consultado o su lista de fuentes bibliográficas. Esto hace que el estudiante no tenga respeto ni valore la producción académica de otros y, por tanto, no se motive a hacer sus propios escritos. Es fundamental, entonces, que desde diferentes escenarios de formación (presencial y virtual) se haga hincapié en dichos elementos y sean parte esencial de sus procesos académicos.

La integración de dos áreas de conocimiento en un espacio de aprendizaje virtual permite que los estudiantes se motiven a desarrollar las actividades, que tengan mayor interés y que la expectativa se mantenga antes y durante el curso. La integración de las matemáticas con el arte posibilitó la apropiación de conocimientos de las matemáticas, en particular del pensamiento geométrico, al identificar propiedades de polígonos en la elaboración de muestras artísticas tanto individuales como grupales. Cabe aclarar que la intención del trabajo no era observar las relaciones directas entre las dos asignaturas, sino usar este vínculo como una estrategia de motivación y una excusa para ejecutar actividades en un espacio virtual.

Respecto a este último aspecto, se aprecia dificultad en el desarrollo de trabajo colaborativo en línea. La educación presencial ha hecho que la toma de decisiones frente a una actividad en equipo no sea tan efectiva y los resultados esperados por los estudiantes no sean obtenidos. Por lo anterior, se considera necesario que desde la educación presencial se abran espacios para la comunicación mediante diferentes canales que estimulen habilidades de creatividad, liderazgo, argumentación y solución de problemas, útiles para desenvolverse en futuros escenarios académicos y laborales.

## Referencias

- Belloch, C. (2013). *Diseño instruccional*. Valencia: Universidad de Valencia.
- Cenich, G. y Santos, G. (2006). Aprendizaje colaborativo online: indagación de las estrategias de funcionamiento. *TE & ET: Revista iberoamericana de tecnología en educación y educación en tecnología*, 1(1). Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/14158>
- Garrido, A. (2013). *Edmodo*. Recuperado de <http://edmodo.antoniogarrido.es/index.html>
- Garrison, D. y Anderson, T. (2005). *El e-learning en el siglo XXI*. Barcelona: Ediciones Octaedro.
- Mondéjar, J., Mondéjar, J. A. y Vargas, M. (2006). Implantación de la metodología e-learning en la docencia universitaria: una experiencia a través del proyecto campus virtual. *Revista latinoamericana de tecnología educativa*, 5(1). Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2229170>
- Rebollo, Á., García, R., Barragán, R., Buzón, O. y Vega, L. (mayo, 2008). Las emociones en el aprendizaje online. *Revista electrónica de investigación y evaluación educativa*, 14(1). Recuperado de [https://www.uv.es/RELIEVE/v14n1/RELIEVEv14n1\\_2.htm](https://www.uv.es/RELIEVE/v14n1/RELIEVEv14n1_2.htm)
- Silva-Quiroz, J., Fernández, E. y Astudillo, A. (2016). Modelo interactivo en red para el aprendizaje. *Píxel-Bit. Revista de medios y educación* (49). Recuperado de <https://recyt.fecyt.es/index.php/pixel/article/view/61725>
- Valdivia, J. (2009). *La comunidad de práctica online: conocimiento y aprendizaje*. (Tesis doctoral inédita). Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, España.

# Influencia de las comunidades de práctica en el aprendizaje social de aula

Elvia Ramos-Delgado\*, Emilbus A. Uribe\*\*

Gabriel Fernando Acevedo-Amaya\*\*\*

## Resumen

En esta propuesta de investigación presentamos una iniciativa novedosa sobre la conformación de comunidades de práctica en el aula de clase en las que se incluyen tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Con esta metodología no solo apoyamos la labor docente y potenciamos el aprendizaje, sino que adicionalmente los estudiantes logran una mejor comprensión e interpretación de los conceptos, con lo que la brecha entre la teoría y la práctica de las asignaturas de ciencias se reduce. También evidenciamos que los alumnos alcanzan un diálogo fluido y argumentativo de leyes, conceptos, ecuaciones, etc.

*Palabras clave:* comunidades de práctica, problemas abiertos, experiencias pedagógicas, modelos pedagógicos, trabajo colaborativo.

---

\* Docente del Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Santo Tomás. Correo electrónico: elviaramos@usantotomas.edu.co

\*\* Docente del Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Santo Tomás. Correo electrónico: emilbusuribe@usantotomas.edu.co

\*\*\* Docente del Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Santo Tomás. Correo electrónico: gabriellacevedo@usantotomas.edu.co

# Influence of the Practice Communities in the Classroom Social Learning Process

## Abstract

In this research proposal we present a novel and face-to-face initiative about the conformation of practice communities in the classroom, within there are included information and communication technologies (TIC). With this methodology, we not only manage to support the teaching and potential work of student learning, but also the students achieve a better understanding and interpretation of the concepts, this allows that the gap between theory and the practice of the physics, reduces. Also, it is demonstrated that students achieve a fluid and argumentative dialogue of laws, concepts, equations, etc.

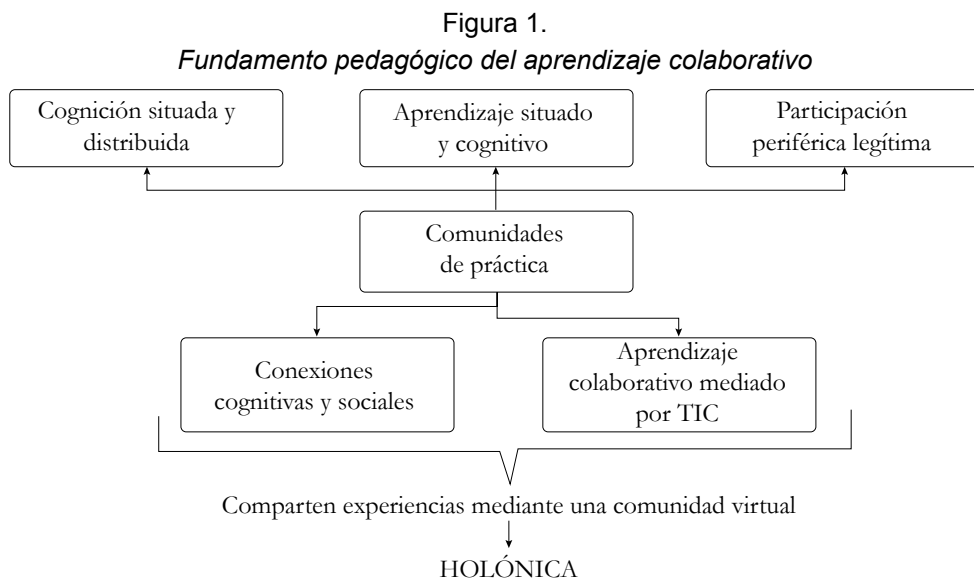
*Keywords:* community of practice, open problems, pedagogical experiences, pedagogical models, collaborative work.

## Introducción

Desde siempre, el ser humano ha aprendido de su contexto, ha pertenecido a grupos sociales escogidos con alguna afinidad a él y ha utilizado espacios para dar a conocer y aprender de sus experiencias que, en algunos casos, han sido marcadas por la autoridad y la obediencia. Conscientes de que esto no propicia un aprendizaje significativo, con un sentido para las dos partes (el que ordena y el que hace) consideramos que es necesario agrupar aprendizajes, experiencias e identidades, que bien podrían ser consideradas como “un conjunto de redes interpersonales productoras de sentido y generadoras de conocimiento” (Wenger, 1998, p. 45), también llamadas comunidades de práctica (Giraldo y Atehortúa, 2010; Rodríguez, 2008) o sistema de aprendizaje social, en el que surge una construcción colectiva con relaciones interpersonales organizadas y límites dinámicos, donde se consideran otras dimensiones del aprendizaje como las biológicas, psicológicas y cognitivas y el sentido social (Wenger, 1998).

Interesados en mitigar las dificultades presentadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje en los cursos de Física Mecánica y Física Eléctrica de la Universidad Santo Tomás, hemos desarrollado un proyecto en el que trabajamos el aprendizaje basado en resolución de problemas con una aproximación

a las comunidades de práctica. Los propósitos son apoyar la labor del docente, compartir prácticas, reflexionar sobre experiencias pedagógicas y potenciar el aprendizaje significativo y colaborativo en los estudiantes, que asegure la construcción de conocimiento (López, 2005) y en el que los docentes retroalimenten a los estudiantes sobre sus fortalezas, progresos e interacciones con el entorno (Figura 1).



Fuente: Ramos, E. (2012). *Diseño de una estrategia didáctica que favorezca el proceso enseñanza-aprendizaje de la física básica en educación superior*. (Tesis de maestría). Fundación Universidad Autónoma de Colombia, Bogotá, Colombia, p. 49.

La población estuvo conformada por un grupo de estudiantes inscritos en los cursos de Física Mecánica y Física Eléctrica, y otro de docentes del Departamento de Ciencias Básicas, quienes detectaron que, además de tener que afrontar factores culturales, sociales y económicos, así como el cambio en responsabilidades educativas por pasar de ser alumno de colegio a universitario (Pérez-Pulido, 2016), los estudiantes tenían que asumir y afrontar que, en muchas ocasiones, no tenían una disciplina y un método adecuado de estudio, por lo que eran poco participativos y repetidores de fórmulas, sin brindar un argumento al concepto o a la ley asociado a las fórmulas. Para cambiar esta realidad hicimos uso de las comunidades de práctica: el éxito de esta experiencia depende en un alto porcentaje de los participantes, de su colaboración voluntaria y autodeterminación. Nuestro

eje de investigación fue: ¿Cómo conformar comunidades de práctica en el aula para que sus integrantes construyan conocimiento y fortalezcan su aprendizaje?

## Metodología

### Caracterización

Una caracterización de procesos pedagógicos de los docentes de la Universidad Santo Tomás, mediante el diseño y la aplicación de la encuesta Likert de 22 ítems para conocer el grado de aceptación de los modelos pedagógicos tradicional, constructivista y social, calificado así: totalmente de acuerdo (TA), de acuerdo (A), indeciso (I), en desacuerdo (D), totalmente en desacuerdo (TD). La encuesta se hizo mediante la plataforma virtual de la Universidad Santo Tomás y las personas que las respondieron fueron solo docentes del Departamento de Ciencias Básicas.

- Los diez ítems asociados al modelo pedagógico tradicional fueron:
  1. El docente es un especialista que domina la materia.
  2. El docente es un intelectual que transmite el conocimiento a sus estudiantes, de modo que ellos lo aprenden.
  3. El conocimiento que adquiere el estudiante proviene del saber y de la experiencia del docente.
  4. El docente convierte al estudiante en un ser competente para que se desempeñe óptimamente en su profesión.
  5. El docente es un ejemplo para sus estudiantes.
  6. El respeto por el docente se fortalece en el trabajo de aula.
  7. La teoría estudiada se comprueba planteando ejercicios de aplicación.
  8. En ciencias, el docente debe indicar procesos y metodologías para la solución de los problemas.
  9. Cuando el docente planea cuidadosamente la clase, el buen estudiante aprende sin dificultad.
  10. La evaluación debe indicar el punto del conocimiento del estudiante.
  
- Los siete ítems del modelo constructivista fueron:
  1. El docente no debe regular todas las actividades del aula.
  2. La planeación tanto del programa como de las actividades parte de los intereses de los estudiantes.

3. Para indagar sobre el aprendizaje del estudiante es necesario observar el inicio y el final del proceso educativo.
  4. El conocimiento se construye según lo que ya sabe el estudiante y es un proceso individual.
  5. La resolución de problemas de lápiz y papel no ofrecen al estudiante la oportunidad de aprender cuándo aplicarlos.
  6. El docente presenta diversos materiales y orienta el descubrimiento libre del conocimiento por parte del estudiante.
  7. El docente debe cambiar su rol de transmisor de conocimientos para convertirse en un dinamizador y orientador del proceso de aprendizaje de sus estudiantes.
- Los cinco ítems del modelo social fueron:
    1. La actividad intelectual social potencia el aprendizaje. Aprenden unos de otros por medio de las experiencias que comparten.
    2. Grupos de personas que trabajan en común de una manera no necesariamente formal están haciendo relaciones más profundas, duraderas y fuertes.
    3. Crear sistemas de aprendizaje por medio de las organizaciones ayuda a mejorar la educación y el aprendizaje permanente.
    4. El aprendizaje depende principalmente de las interacciones entre personas y de la construcción conjunta de significados.
    5. La identidad social se mejora con la participación en la comunidad o al convertirse en miembro de algún grupo de interés para compartir ideas.

## Construcción de la comunidad de práctica

Iniciamos el proceso de conformación de las comunidades de práctica: comunidades con docentes, comunidades con docentes (expertos)-alumnos (aprendices), y comunidades alumno líder-alumnos. Se abrió una convocatoria para docentes interesados en compartir sus experiencias como docentes y formar una comunidad de práctica.

### Activación de la comunidad de docentes

Se conforma la comunidad de práctica de los docentes y se invita a que compartan sus experiencias en el aula. Se discutirán propuestas de trabajo en clase y la creación de herramientas de evaluación.

## Activación de la comunidad de práctica de docentes-alumnos

En esta comunidad el docente del curso presenta a los estudiantes un problema a resolver, seleccionado de las experiencias aportadas en la comunidad docente. Se propone formación de equipos de trabajo con un alumno líder.

## Evaluación y retroalimentación

La solución de problemas abiertos y los informes de laboratorio nos permitieron evaluar el aprendizaje de los alumnos al trabajar en grupo. Los resultados fueron compartidos con la comunidad de docentes.

## Resultados

### Caracterización de procesos pedagógicos, diseño y aplicación de la encuesta Likert

Con la metodología antes explicada, se aplicó la encuesta a los docentes participantes en la comunidad de práctica. En ella se evidencian los modelos pedagógicos presentes en nuestra institución.

Instrumento: encuesta escala Likert.

Aplicación: encuesta abierta en la plataforma Moodle.

Fecha de aplicación: 2016 y 2017.

Población: en 2016 respondieron la encuesta veinticinco docentes y veintiún docentes en 2017.

Objetivo: caracterizar los procesos de los docentes de la Universidad Santo Tomás enmarcados en los modelos pedagógicos.

### *Modelo pedagógico tradicional*

En la Figura 2 se muestran los porcentajes de aceptación de los docentes respecto a los diez ítems de la encuesta relacionados con el modelo tradicional. De acuerdo con los resultados, es posible afirmar que la universidad privilegia el

modelo tradicional de enseñanza. Los porcentajes más altos de respuesta fueron para la opción Totalmente de acuerdo (TA) en los años 2016 y 2017. Aquí, el docente es el que sabe la disciplina, es el ejemplo y tiene la facultad de transmitir el conocimiento al que no sabe. Además, es el responsable de escoger los temas que se imparten en el aula, enseña mediante problemas de lápiz y papel y evalúa para determinar si el estudiante es competente y se puede desempeñar satisfactoriamente en su profesión.

Figura 2.

*Resultados de la encuesta Likert aplicada en los años 2016 y 2017 para las preguntas del modelo pedagógico tradicional*



Fuente: elaboración propia.

Los números encerrados entre cuadros o círculos corresponden a porcentaje de respuesta y en el eje abscisas se encuentra el número de la pregunta a la que se hace referencia.

### *Modelo pedagógico constructivista*

En los resultados de la encuesta se aprecia que no se desconoce el modelo constructivista (Tabla 1). Aunque prevalece la clase magistral, también se busca que el estudiante construya su conocimiento sobre la base de su saber previo, que regule su aprendizaje y que, con un poco de participación, pueda determinar actividades de aula; la evaluación no puede ser esporádica, sino que debe estar presente en toda actividad pedagógica. Es de resaltar la importancia que el docente está dando al cambio de su rol de transmisor de conocimientos para convertirse en un dinamizador y orientador del proceso de aprendizaje de sus estudiantes.

Tabla 1

*Resultados de encuesta Likert en porcentaje. Caracterización de los modelos pedagógicos en la Universidad Santo Tomás. Modelo constructivista*

Porcentajes 2016-2017	Pregunta	TA-A		I		D		TD	
		2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
	11	52	53	20	33	16	0	12	14
12	44	52	20	29	32	14	4	5	
13	76	76	8	5	4	0	12	19	
14	76	52	16	29	0	14	8	5	
16	12	10	36	28	28	43	24	19	
17	76	81	8	19	12	0	4	0	
18	80	90	4	5	8	5	8	0	

Fuente: elaboración propia.

### *Modelo pedagógico social*

Aunque el docente cree que la actividad intelectual social no potencia el aprendizaje y no aprenden unos de otros mediante las experiencias que comparten, sí le apuesta a un aprendizaje social orientado desde la institución. Cada participante aporta sus saberes y capacidades y recibe de otros, lo que genera un intercambio de saberes, culturas y habilidades y crea las comunidades de práctica, objetivo de nuestra investigación.

Tabla 2

*Resultados de encuesta Likert en porcentaje. Caracterización de los modelos pedagógicos en la Universidad Santo Tomás Colombia. Modelo social*

Porcentajes 2016-2017	Pregunta	TA-A		I		D		TD	
		2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
	15	12	76	36	24	28	0	28	0
19	60	43	20	52	12	5	8	0	
20	72	67	16	33	4	0	8	0	
21	64	67	16	24	8	9	12	9	
22	76	81	8	19	4	0	12	0	

Fuente: elaboración propia.

### *Comunidades de práctica*

La convocatoria fue atendida por docentes de las áreas de matemáticas, física y química del Departamento de Ciencias Básicas. Hubo un experto (docente líder) entre los expertos (docentes). Además de organizar, planear y dar orden a

la sesión, el docente líder expuso sobre la importancia del trabajo colaborativo y la participación de los alumnos en su aprendizaje. Se cuestionó a los docentes acerca de las estrategias y herramientas tecnológicas que usarían para la creación de una comunidad de práctica.

Durante las sesiones de trabajo de la comunidad, los docentes compartieron experiencias de su quehacer pedagógico, así como las herramientas tecnológicas que se utilizaban en el aula para hacer más dinámica su labor docente. Wolfram Mathematica, Prezi, YouTube y Google Classroom, entre otras, son de uso común para los docentes de la comunidad. También se identificó y aprobó la temática que se trabajaría en las comunidades de práctica docentes-alumnos y alumno líder-alumno. Para este caso específico se trabajó la temática “Resistencias y corriente eléctrica”, cuyo objetivo principal es el análisis básico de circuitos electrónicos. Se construyen, de manera conjunta, las herramientas de evaluación, una serie de talleres basados en solución de problemas abiertos para trabajar en clase y una guía de laboratorio para la clase práctica.

La temática de circuitos eléctricos permitió que los alumnos asumieran roles de liderazgo, de acuerdo con sus afinidades y conocimientos. Las comunidades alumno líder-alumnos se hicieron en los espacios de clase práctica (laboratorios) y teórica. En esta comunidad, el docente del curso presentó a los estudiantes un problema a resolver relacionado con la temática elegida y propició que los alumnos asumieran los roles de acuerdo con sus afinidades y conocimientos. También convocó la formación de grupos de trabajo en los que el número de equipos coincidiera con el número de alumnos líderes. Así las cosas, contó con cinco grupos de trabajo de cinco estudiantes de diferentes carreras (ingenierías civil, electrónica, mecánica y de telecomunicaciones). Los alumnos líderes pertenecen a las facultades de Ingeniería Electrónica o de Telecomunicaciones, dada la afinidad de esta temática con sus áreas, gustos y conocimientos del tema. Los grupos y alumnos líderes se mantendrán en las clases teóricas y prácticas.

En las clases, además, se hace uso de herramientas de simulación de circuitos eléctricos, conocidos por los alumnos de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones.

Las comunidades de práctica alumno líder-alumno tuvieron un desarrollo favorable en el laboratorio. Los líderes explicaron a sus compañeros el funcionamiento de los equipos y el montaje requerido para la práctica, como las resistencias y el cableado. Los estudiantes que trabajaron en cada grupo hicieron sus preguntas

al estudiante líder y, de no obtener una respuesta concreta y concisa, recurrían al docente del curso. En todos los casos se hizo un registro de las comunidades de práctica con videos o reflexiones y conclusiones escritas.

Catalogamos esta experiencia como exitosa. Los estudiantes líderes que actuaban como guías mostraron mucha disposición para colaborar con el aprendizaje de sus compañeros y los estudiantes novatos se observaron más inclinados a preguntar e interesados en lo enseñado por sus compañeros. Los resultados de la práctica pueden ser cuantificados de acuerdo con los informes presentados por los grupos y los talleres trabajados en clase. Según el docente del área, hay una mejora significativa en dos aspectos:

- Mejor uso de los implementos de laboratorio, lo que evita el deterioro por mal uso.
- La calificación del informe de laboratorio fue más alta, comparada con semestres anteriores, gracias a un mejor manejo de los equipos y de los cálculos.

Para la actividad realizada en el aula de clase se hizo un seguimiento por video a las clases teóricas. Se pretende aplicar conceptos físicos para buscar procedimientos que den respuestas a la situación problémica. El trabajo en equipo se dificultó un poco, porque hay tendencia a repartirse las tareas. El uso de herramientas tecnológicas contribuye a una mayor comprensión del funcionamiento de circuitos eléctricos y reafirma la confianza de los alumnos en que los hallazgos obtenidos son correctos. Los resultados, en términos de calificación, fueron aprobatorios. Catalogamos esta experiencia como positiva.

La propuesta de las comunidades de práctica llevada a la clase de teoría tuvo una buena acogida: hubo motivación, interés y disposición para realizar la actividad; sin embargo, el liderazgo no fue categórico, pues se nota más dificultad para ponerse de acuerdo en las soluciones de la situación problémica y se pierden en los procesos para resolver problemas de lápiz y papel. Si se compara teoría con práctica, por los espacios, es más favorable el laboratorio.

La información obtenida fue socializada con los docentes de la comunidad y se inició el estudio de futuras estrategias para la creación de comunidades de práctica en otros espacios académicos.

## Proyección

La experiencia fue exitosa. En próximas prácticas se pretende identificar los alumnos con mayor capacidad de liderazgo y que puedan contribuir al proceso de aprendizaje en aula de sus compañeros.

Esta investigación, al igual que todas la que se hacen en educación, debe seguir, ojalá, con los mismos grupos que se inicia, para ver qué aspectos se han de mejorar, ya sea en la metodología o en el tipo de investigación. Se da comienzo al proyecto de conformación de comunidades de práctica en las aulas y se espera que esta propuesta didáctica aliente a otros docentes a unirse al proyecto, con el propósito de compartir experiencias y estrategias pedagógicas utilizadas en su labor docente.

## Conclusiones

Los resultados de la encuesta mostraron que el modelo pedagógico del Departamento de Ciencias Básicas es el tradicional, es decir, la mayoría de docentes ve su labor como la transmisión de conocimiento a sus alumnos. En general, piensan que los alumnos deben ser partícipes de su proceso de enseñanza y aprendizaje, pero no conocen estrategias para lograrlo. Las comunidades de práctica docente surgen como iniciativa para que los docentes puedan compartir sus experiencias de aula y aprender nuevas estrategias y herramientas que les permitan cambiar su rol de transmisores de conocimiento a dinamizadores del proceso de aprendizaje de los estudiantes.

La formación de grupos de trabajos de alumnos, a manera de comunidad de práctica, en la cual algunos de ellos puedan liderar el proceso de aprendizaje, aparece como una estrategia válida en una universidad en donde los alumnos de ingeniería tienen el mismo núcleo básico de ciencias básicas. Con la resolución de problemas abiertos trabajados, discutidos y analizados en grupo se logró que los estudiantes tuvieran otra percepción del aprendizaje de las ciencias, más allá de un conjunto de fórmulas en las que se sustituyen valores y da un resultado: se requiere aprender y comprender los conceptos y buscar relación entre ellos; no es solo memorizar leyes, sino saber aplicarlas. Por esto fue importante el apoyo de los alumnos líderes en nuestro ejercicio, pues muestran la aplicación de los conceptos del curso en otras ramas de la ingeniería; además, se benefician porque adquieren confianza, demuestran y refuerzan el conocimiento adquirido en otros espacios académicos y tienen oportunidad de ser útiles para su comunidad.

Como resultado positivo, el trabajo en grupo liderado por un alumno motivó a los estudiantes a colaborar en equipo, para conseguir un aprendizaje efectivo. El uso de simulaciones facilitó la comprensión, ya que, al ser una herramienta llamativa, los alumnos tienen una mayor inclinación a trabajar en grupo.

Resolver un problema abierto desde la práctica es un recurso que potencia el aprendizaje profesional y práctico (Ministerio de Educación y Ciencia, 2006).

Si un estudiante explica un tema a otro, afianza los conceptos y estrecha relaciones con sus compañeros: hay beneficio para el que explica y al que se le explica. Vygotsky (1979) supone el espacio de aula como un lugar de superposición de zonas de desarrollo próximas. La explicación mutua potencia la apropiación de herramientas tanto digitales como análogas y es un facilitador importante ante el uso de mediaciones tecnológicas cuya interfaz o manejo puede conllevar dificultades.

## Referencias

- Giraldo, L. y Atehortúa, L. (2010). Comunidades de práctica, una estrategia para la democratización del conocimiento en las organizaciones, una reflexión. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 9(16), 141-150.
- López, J. (2005). *Planificar la formación con calidad*. Barcelona: CissPraxis.
- Ministerio de Educación y Ciencia. (2006). *Propuestas para la renovación de las metodologías educativas en la universidad*. Madrid: Autor.
- Pérez-Pulido, I. (2016). *El proceso de adaptación de los estudiantes a la universidad en el Centro Universitario de Los Altos de la Universidad de Guadalajara*. (Tesis doctoral inédita). Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente, Tlaquepaque, Jalisco, México.
- Ramos, E. (2012). *Diseño de una estrategia didáctica que favorezca el proceso enseñanza-aprendizaje de la física básica en educación superior*. (Tesis de maestría inédita). Fundación Universidad Autónoma de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Rodríguez, J. (2008). *Comunidades virtuales de práctica y de aprendizaje*. Barcelona: Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona.
- Vygotsky, L. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Grijalbo.
- Wenger, E. (1998). *Communities of Practice: Learning, Meaning, and Identity*. Cambridge: Cambridge University Press.

# Evaluación por competencias en física mecánica

Alejandro Ferrero Botero\*, Carlos Andrés Flórez\*\*

## Resumen

El Departamento de Física de la Universidad de los Andes está creando una propuesta pedagógica para facilitar la enseñanza y el aprendizaje de los cursos Física 1 y Física 2. Esta herramienta introducirá estrategias adicionales a los ya conocidos e implementados bancos de problemas, como: a) empleo de videos que mostrarán la solución de ejercicios clave por parte de algunos docentes de planta del mencionado Departamento; b) clasificación de ejercicios por objetivos, competencias y grados de dificultad, para que tanto estudiantes como docentes puedan enfocarse en áreas específicas que quieran profundizar, y c) visualización de experimentos demostrativos. La herramienta será de gran ayuda en el proceso evaluativo, ya que se pretende recopilar información estadística sobre la cantidad de ejercicios intentados, los que fueron respondidos de manera correcta o incorrecta, y los que fueron usados en períodos anteriores como parte de exámenes virtuales. Su implementación no solo obedece a la necesidad de crear espacios de aprendizaje autónomos para los estudiantes, aprovechar el uso de las TIC para innovar en los procesos de enseñanza y aprendizaje, y optimizar el uso de recursos y del tiempo, sino también para encontrar soluciones a los retos que conllevan situaciones de cuarentena que obligan a implementar métodos virtuales de enseñanza.

*Palabras clave:* competencias, física mecánica, evaluación, virtualidad.

\* Docente de tiempo completo del Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Católica de Colombia. Correo electrónico: aferrero@ucatolica.edu.co

\*\* Profesor de planta del Departamento de Física, Universidad de los Andes. Correo electrónico: ca.florez@uniandes.edu.co

# Competency-based Evaluation in Mechanical Physics

## Abstract

The Department of Physics at Universidad de Los Andes is currently creating a pedagogical tool in order to ease the teaching and learning processes in the courses of Physics 1 and Physics 2. This tool will introduce new strategies, in addition to the well-known and already implemented repositories of exercises, such as: a) the use of videos, in which some of the faculty members at the above mentioned institution will solve some key exercises, b) the classification of exercises by competences, objectives, and difficulty level, so allowing both professors and students to focus in the areas they want to delve into, and c) the visualization of demonstrative experiments. Additionally, this tool will be very helpful in the evaluation processes, as it will collect statistical information about the amount of exercises analyzed by the students, the accuracy in the responses that users provide, and real time information that indicates when the exercises were used in previous virtual exams. Not only does the implementation of this kind of strategies obey to the necessity of creating autonomous learning spaces for students, taking advantage of technology to innovate in the teaching and learning processes, optimizing time and resources, but also finding solutions to the challenges that arise from quarantine conditions that demand the use of virtual teaching methods.

*Keywords:* competences, mechanical physics, evaluation, virtual classes.

## Introducción

Los cambios de paradigmas en los sistemas políticos, económicos y sociales también se han reflejado en la academia, lo que hace necesario replantear la forma como se está enseñando no solo un curso de Física, sino cualquier otro. Esto exige encontrar alternativas de enseñanza que incluyan el desarrollo de TIC (Fernández, 2014; Parra, 2012; Falco, 2017), la posibilidad de trabajar y evaluar de manera virtual (Henaó, 2002; Maenza, 2016), y permitir la autonomía e independencia de los estudiantes para que puedan ser responsables de su proceso de aprendizaje. Además, a partir de finales del siglo XX, las reformas educativas de muchos países se han enfocado en una enseñanza basada en competencias.

El concepto de competencias ha reformulado la forma como se evalúa a los estudiantes (Estrada y Boude, 2015; Moreno, 2012) e incluido perspectivas socioconstructivistas (Perrenaud, 2010), algunas de ellas basadas en hipótesis epistemológicas (Jonnaert, 2001).

La introducción de la tecnología ha llevado a muchas universidades a dictar cursos no presenciales y ofrecer carreras virtuales que obedecen a las demandas del mercado. De hecho, de acuerdo con un artículo reciente: “El número de matrículas de educación superior, modalidad virtual, ha evidenciado una tasa de crecimiento desde el 2011 (13,6 %) hasta el 2014 (90 %). Aunque en 2015 la tasa de crecimiento de las matrículas se moderó, en 2016 volvió a repuntar hasta llegar a 98,9 %” (Díaz, 2018). Este y muchos otros hechos han convertido la generación de estrategias de enseñanza virtual en un objetivo primordial en las instituciones educativas.

El objetivo principal de este documento es analizar cómo una herramienta como la que está implementando el Departamento de Física de la Universidad de los Andes puede ser usada para hacer frente a estos retos. Esta revisión se basa en el estudio de los ejercicios y sus competencias asociadas, así como en las experiencias propias al coordinar la creación de esta estrategia. Se expondrán algunas conclusiones sobre la forma como se están evaluando los cursos de Física en nuestras instituciones, en qué competencias se está o no formando a los estudiantes y cómo el uso de TIC puede contribuir en este ámbito.

## Metodología

### Antecedentes

El Departamento de Física de la Universidad de los Andes ha ido consolidando un banco de preguntas sobre los cursos de Física 1 y Física 2: el primer curso cubre los temas de física mecánica y el segundo, los de termodinámica y electromagnetismo. Este banco ha sido alimentado por los profesores de planta de la institución.

En el año 2019, el Consejo del Departamento aprobó un documento que enumera las competencias que deben ser priorizadas en el curso de Física 1. Aunque estas no se están evaluando de manera directa, es el propósito de algunos docentes hacer énfasis en ellas, con el objetivo de hacer una transición gradual hacia

los nuevos estándares educativos y de evaluación promovidos por las entidades reguladoras. Mientras que la Oficina Internacional de Educación de la Unesco (2016) ha elaborado documentos que analizan un marco conceptual para la evaluación por competencias, el Gobierno de Colombia firmó el Decreto 1290 de abril 16 de 2009, que les da autonomía a las instituciones de educación básica y media para definir sus propios sistemas de evaluación (*Dinero*, 2018 Colombia, Presidencia de la República, 2009).

Con el fin de formar a los estudiantes que toman cursos de Física en la Universidad de los Andes en competencias, el doctor Carlos Andrés Flórez, profesor de tiempo completo, tomó la iniciativa de crear herramientas para ello. A partir de agosto de 2019 se nombró un equipo de trabajo encabezado por el doctor Alejandro Ferrero, en colaboración con un grupo de estudiantes de Física y otras dependencias de la Universidad.

## Dinámica

Inicialmente se hizo una depuración del banco de problemas existente mediante la plataforma virtual *Overleaf*, donde los ejercicios son revisados y escritos con el editor de texto *LaTeX*; las figuras se elaboran en formato vectorial y se cargan como archivos de extensión \*.eps. Los ejercicios se clasifican por objetivos, competencias y dificultad; esta información se consolida en un reporte estadístico. Con base en este análisis estadístico se determinan las competencias que están siendo subevaluadas, con el fin de proponer ejercicios adicionales para evaluarlas. Una vez validados los ejercicios se cargan a la plataforma *Moodle*, donde se implementará la herramienta.

## Estado actual y perspectivas

Al día de hoy se cuentan con 755 ejercicios de Física Mecánica, distribuidos en las siguientes categorías: 1) análisis dimensional; 2) vectores; 3) cinemática en una dimensión; 4) cinemática en dos dimensiones; 5) movimiento circular uniforme; 6) movimiento relativo; 7) dinámica; 8) trabajo y energía; 9) conservación de energía; 10) momento lineal; 11) cinemática rotacional; 12) dinámica rotacional; 13) estática; 14) momento angular; 15) gravitación, y 16) oscilaciones.

Para comienzos del segundo semestre de 2020 se pretende contar con aproximadamente 868 ejercicios. Además, se espera contar con videos virtuales sobre explicaciones de conceptos fundamentales, solución de ejercicios y experimentos

demostrativos asociados con los siguientes temas: 1) cinemática en una dimensión; 2) cazador y mico; 3) gravitrón; 4) cerbatana; 5) colisiones en una dimensión; 6) carrera de objetos; 7) giroscopio, y 8) péndulo simple. También se podría contar con algunas opciones adicionales, como la de permitir discusiones, chats y foros entre los estudiantes, así como la formulación de preguntas abiertas que otros miembros de la comunidad podrían resolver.

## Análisis y resultados

A continuación, trataremos de resolver algunas preguntas importantes.

### ¿Cómo se están evaluando las competencias?

Una vez depurados los problemas y clasificados por objetivos, se pueden deducir situaciones interesantes respecto a la forma como se viene evaluando a los estudiantes que toman un curso de Física 1. Primero que todo, se muestra un alto desbalance en las competencias que se están examinando, lo que obliga a crear nuevos ejercicios paso a paso, progresivos y guiados. Analicemos en detalle algunos ejemplos:

1. En el tema de vectores, las competencias a) “usar vectores para ubicar y representar las fuerzas que actúan sobre un cuerpo” y b) “usar vectores gráfica y matemáticamente para realizar balance de fuerzas en problemas sencillos de estática” no cuentan con ejercicios asociados.

De este hecho se podría inferir que los estudiantes no están siendo introducidos al tema de vectores a partir de ejercicios que usarán más adelante. Esto podría crear un vacío entre los temas de vectores y dinámica. Un acercamiento a ejercicios de vectores aplicados a fuerzas desde semestres tempranos ayuda a usar apropiadamente cantidades vectoriales. Es retador aprender a sumar cantidades vectoriales; incluso, en semestres avanzados, muchos estudiantes presentan problemas para descomponer vectores y encontrar magnitudes y direcciones.

2. La competencia “usar la información para realizar gráficas de movimiento”, asociada al tema de cinemática en dos dimensiones, es muy poco evaluada.

Esto puede deberse a la dificultad de examinar ejercicios de preguntas abiertas de manera virtual, pues la evaluación de competencias en la que los estudiantes deban graficar o hacer esquemas de situaciones reales se torna muy complicada. No obstante, se deben encontrar mecanismos como crear preguntas de apareamiento entre situaciones físicas y sus posibles gráficas representativas.

3. Las competencias “establecer si un marco de referencia es inercial o no inercial” e “interpretar la solución de un problema de dinámica mirando las implicaciones al variar los parámetros correspondientes”, asociadas al área de dinámica y leyes de Newton, también presentan una gran falencia en su evaluación. Si bien es cierto que la primera competencia es más importante para estudiantes de ciencias exactas, el desarrollo de la segunda es de bastante utilidad para estudiantes de todas las carreras, pues permite desarrollar capacidades analíticas e intuitivas. Saber lo que sucede físicamente cuando los parámetros relevantes son modificados puede ayudar a determinar la viabilidad de una respuesta, su sentido físico y el comportamiento en casos extremos, como cuando la masa de un objeto tiende a ser insignificante o muy grande. Para crear este tipo de problemas, sin embargo, se deben formular ejercicios que usen variables abstractas en vez de valores numéricos.
4. El uso de diagramas de energía es prácticamente desechado en un proceso de evaluación en el tema de conservación de energía. Con diagramas de energía se entienden gráficas de energía potencial en función de la distancia o gráficas que muestran el comportamiento de fuerzas disipativas. Se puede inferir que el desarrollo de esta competencia es de bastante utilidad para entender íntegramente los conceptos de energía mecánica y expresarse en las propias palabras del estudiante.
5. En el tema de momento de lineal hay un gran énfasis en los problemas que implican su conservación en colisiones. Sin embargo, dos competencias que carecen de ejercicios apropiados para su valoración son “la explicación de las leyes de Newton a través del cambio del momento lineal”, y el “cálculo del impulso a través de gráficas”. La escasez de ejercicios en la segunda ratifica lo dicho en casos anteriores. Respecto a la primera, cabe preguntarse si los estudiantes aprenden el concepto de que una fuerza es generada por el cambio de movimiento de una partícula. Los ejercicios de este tipo deben ser del ámbito conceptual, donde se limite el uso de ecuaciones lo máximo posible, por ejemplo, ejercicios donde se pregunte cualitativamente cómo la

lluvia afecta el movimiento de un carro, ya que el leve aumento de la masa del carro debido a un agente externo (el agua) genera una fuerza externa que cambia su momento lineal.

6. Sin duda, uno de los temas de mecánica que más trabajo les cuesta a los estudiantes es el de dinámica rotacional. La poca insistencia en el concepto de momento de inercia y de centro de masa contribuye a estas falencias.

Es necesario preguntarse: ¿Los estudiantes realmente entienden estos conceptos? Quizá no; aun su explicación puede tornarse difícil para el docente. Algunos docentes tienden a ilustrarlo por medio de ecuaciones, pero la idea intuitiva detrás de él puede quedar rezagada a un segundo plano. Es necesario diseñar ejercicios que mejoren el entendimiento de estas nociones.

¿Cuál es el grado de dificultad en las evaluaciones? La gran mayoría de los ejercicios propuestos eran de dificultad media (53 %), mientras que los de baja están alrededor de un 40 % y los de alta, 7 %. Esto obedece a que los ejercicios se han usado en las evaluaciones finales, que constan de alrededor de veinticinco ejercicios, con un promedio de cinco minutos para resolver cada uno. Las evaluaciones finales han mostrado que a los estudiantes estos ejercicios les cuesta trabajo. Como los ejercicios conceptuales y procedimentales se distribuyen casi equitativamente, podríamos preguntarnos: ¿estamos enfocándonos en que los estudiantes entiendan los conceptos? Quizá debemos puntualizar más en ellos, al fin y al cabo, son los que soportan la parte procedimental y permiten al estudiante entender los temas tratados. A partir de la coordinación de este trabajo es posible indagar sobre las falencias y fortalezas de los estudiantes de pregrado de Física: evidencian un gran dominio de las matemáticas y la capacidad de resolver ejercicios procedimentales; sin embargo, se quedan muy cortos en la parte conceptual, tal como los estudiantes de otras carreras. De hecho, muchos ejercicios conceptuales de dificultad baja son respondidos de manera incorrecta por los colaboradores del equipo del banco. Esto también refleja que los actuales estudiantes de Física parecen percibir la evaluación como la resolución de ejercicios, mas no como la verificación y el uso de conceptos básicos. Esto es respaldado por el hecho de que la gran mayoría de ejercicios que proponen los estudiantes de Física son de carácter procedimental.

## ¿Cómo podría ayudar esta herramienta en la virtualidad?

A pesar de que esta no ha sido implementada aún (se pretende estrenar durante el segundo semestre de 2020), vale la pena discutir el impacto que podría tener en los estudiantes. La iniciativa de poseer bancos de problemas no es nueva; de hecho, el Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Católica de Colombia posee bancos de problemas destinados a las evaluaciones virtuales. Sin embargo, estos bancos tienen una cantidad limitada de ejercicios y solamente son usados por los docentes de planta de esta institución; estos repositorios no son una herramienta que los estudiantes pueden usar para complementar su aprendizaje. Si bien es cierto que las aulas virtuales de aprendizaje (AVA) asociadas a cursos de ciencias básicas poseen enlaces a videos explicativos, estos videos no son creados por profesores de la institución. Algunas posibles ventajas de contar con videos propios de la institución, además de los derechos de autor, podrían ser la conexión que se genera entre los docentes y estudiantes y el énfasis en el grado de exigencia y en contenidos propios de la institución. Una iniciativa importante es la producción de videos sobre experimentos demostrativos, cuyo uso ya ha sido implementado y su incidencia en estudiantes de secundaria ha sido bien estudiado (Bellot et al, 2007). Por otro lado, los currículos de varias universidades contemplan su uso extensivamente. La grabación de estos videos posibilita verlos en cualquier momento y se espera que sean de gran ayuda para resolver ejercicios teóricos comprendidos en el repositorio.

Aunque opciones básicas como el acceso a los videos explicativos y de experimentos demostrativos pueden ser ofertados de manera libre, algunas opciones avanzadas como el acceso a problemas con soluciones, guía de ayudas, análisis estadísticos que muestren las fortalezas y falencias de los usuarios, así como la formación de grupos de ayuda pueden ser habilitadas con el pago de una membresía con el fin de generar recursos para los departamentos. Esta última opción marcaría una gran diferencia con un AVA, cuyo objetivo es el complemento a los procesos de enseñanza mediante una plataforma virtual de uso libre.

Sin duda, la herramienta descrita es muy útil en los espacios de virtualidad, que pueden surgir en situaciones extraordinarias como la actual epidemia. Encuestas realizadas en la Universidad de los Andes muestran algunas ventajas y desventajas sobre la impartición de clases virtuales, por ejemplo: 1) poder revisar las grabaciones de las clases; mostrar videos con solución de problemas por parte de los profesores fortalece este punto; 2) mejor administración del tiempo; la posibilidad de usar la herramienta en cualquier momento permitirá a los estudiantes

hacer un mejor uso de su tiempo; 3) mayor tiempo de descanso, y 4) disminución del estrés; se puede suponer que una reducción del estrés es consecuencia de los puntos anteriores.

Algunos aspectos positivos reportados por los estudiantes son: 1) la importancia de la comunicación entre docentes y estudiantes, y 2) amplia variedad de buenas prácticas identificadas. Mientras la flexibilidad de la plataforma aborda el segundo punto, el primero puede ser tratado mediante herramientas como foros, preguntas abiertas a otros miembros de la comunidad o chats.

Ciertas oportunidades de mejora que pueden ser consideradas son: 1) mayor participación de los estudiantes; esta herramienta los hará partícipes directos de su proceso de aprendizaje; 2) alta carga académica; aunque no de manera directa, esta plataforma presentará la información de una forma más organizada y estructurada, lo que hace más eficiente el manejo del tiempo, y 3) difundir el uso de herramientas virtuales adicionales; pese a que no pretende sustituir las clases, esta estrategia sirve como complemento. Muchos cambios y mejoras se incorporarán gradualmente, con el fin de adaptarse a las nuevas dinámicas y exigencias de los estudiantes.

En el campo docente, algunas ventajas son: 1) la oportunidad de planear evaluaciones; 2) envío de refuerzos mediante videos; 3) seguimiento de la evolución de los estudiantes por medio de los informes estadísticos que la plataforma pretende introducir; 4) son la supervisión de las opciones de comunicación entre los estudiantes, retroalimentar los temas que muestran fortalezas y debilidades, y 5) mayor orden de los materiales y contenidos de clase.

## Conclusiones

La evaluación por competencias propone un gran reto en la enseñanza y evaluación de cualquier curso. Tras el análisis de un conjunto de ejercicios se evidencia un desbalance significativo en las competencias que son evaluadas, que es necesario equilibrar.

Se deben plantear nuevas actividades para potenciar el aprendizaje de los conceptos básicos, ya que los estudiantes muestran falencias en estos. Al parecer, los alumnos que se están formando en física ven el proceso de evaluación como algo procedimental y algorítmico, situación que debe revisarse.

Aunque no se cuenta con datos que muestran cómo responden los estudiantes a una evaluación más orientada hacia las competencias mediante una herramienta virtual, su implementación puede ayudar a resolver varias preguntas pendientes, por ejemplo: a) ¿Es mejor evaluar cada competencia de manera individual o tener ejercicios que examinen la mayor cantidad de competencias posibles? b) ¿Incluir más ejercicios de dificultad alta ayudará a un mejor entendimiento de los conceptos de física? c) ¿Darle un mayor énfasis al aprendizaje de los conceptos propicia una mejora en la capacidad matemática y de desarrollo procedimental de los estudiantes? d) ¿Hay competencias más relevantes que otras o todas tienen igual importancia? e) ¿La construcción de ejercicios por pasos y detallados mejora las habilidades de los estudiantes en la resolución de problemas? f) ¿Cuán conveniente es crear ejercicios que los estudiantes deban resolver desde cero, con el mínimo de ayuda?

## Referencias

- Bellot, D., Cantero, A., Losada, J. y Menéndez, A. (julio-diciembre, 2007). El experimento demostrativo en las clases de ciencias naturales de secundaria básica: una variante metodológica para su desarrollo y perfeccionamiento. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 9(2), 290-304.
- Colombia, Presidencia de la República. (2009). *Decreto 1290 de 2009*, “Por el cual se reglamenta la evaluación del aprendizaje y promoción de los estudiantes de los niveles de educación básica y media”. Bogotá: *Diario Oficial* núm. 47322, 16 de abril de 2009.
- Díaz, M. (enero 29, 2018). Una educación cada vez menos física. *El Espectador*. Recuperado de <https://www.elespectador.com/noticias/educacion/una-educacion-cada-vez-menos-fisica-articulo-735695>
- Dinero*. (noviembre, 2018). ¿Entiende usted cómo los colegios evalúan a sus hijos? Recuperado de <https://www.dinero.com/edicion-impresa/caratula/articulo/como-evaluan-los-colegios-a-sus-estudiantes-en-colombia/264387>
- Estrada, E. y Boude, O. R. (2015). Hacia una propuesta para evaluar ambientes virtuales de aprendizaje en educación superior. *Academia y virtualidad*, 8(2), 14-23.
- Falco, M. (2017). Reconsiderando las prácticas educativas: TICs en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Tendencias pedagógicas*, 29, 59-76.
- Fernández, J. (diciembre, 2014). eLearning, TIC and the New Teaching. *La Pensée*, 76(12), 51-56.

- Henao, O. (2002). *La enseñanza virtual en la educación superior*. Bogotá: Instituto colombiano para el fomento de la educación superior.
- Jonnaert, P. (diciembre, 2001). *Competencias y socioconstructivismo. Nuevas referencias para los programas de estudios*. Ponencia presentada en la Segunda conferencia anual de inspectores de la enseñanza media, Bobo Dioulasso, Burkina Faso.
- Maenza, R. (2016). *Indicadores de evaluación para plataformas virtuales empleadas en educación*. doi: 10.13140/RG.2.1.3545.8804
- Moreno, T. (julio-diciembre, 2012). La evaluación de competencias en educación. *Sinéctica* (39), 1-20.
- Oficina Internacional de Educación de la Unesco. (2016). *Marco conceptual para la evaluación de competencias. Reflexiones en curso N° 4: sobre cuestiones fundamentales y actuales del currículo y el aprendizaje*. Recuperado de [http://www.ibe.unesco.org/sites/default/files/resources/ipr4-roegiers-competenciesassessment\\_spa.pdf](http://www.ibe.unesco.org/sites/default/files/resources/ipr4-roegiers-competenciesassessment_spa.pdf)
- Parra, C. (abril, 2012). TIC, conocimiento, educación y competencias tecnológicas en la formación de maestros. *Nómadas* (36), 145-159.
- Perrenaud, P. (2010). *Construir competencias desde la escuela*. Santiago: J. C. Sáez editor.

# Características de la enseñanza del concepto de razón de cambio en las áreas de Física y Cálculo de la Universidad de La Salle y la Universidad Católica de Colombia

Francisco Niño Rojas\*, Wilson Pico Sánchez\*\*

Marco Aurelio Barrero Cubillos\*\*\*

## Resumen

El concepto de razón de cambio es uno de los más relevantes del cálculo, ya que explica fenómenos propios de las ciencias básicas y de diferentes áreas del saber, como el aumento y la disminución de la temperatura conforme varía el tiempo, el crecimiento de una planta con el paso de los días, el área de figuras geométricas al variar alguno de sus lados o el cambio de posición con respecto al tiempo, entre otros. En este trabajo se contrasta el criterio de profesores de física y matemáticas sobre el estado actual de la enseñanza del concepto de razón de cambio en las Universidades de La Salle y Católica de Colombia. Para conocer las características que priman en la enseñanza del concepto de razón de cambio, se encuestó a veintitrés profesores de las dos áreas del saber (seis profesores de la Católica y diecisiete de La Salle), las cuales fueron aplicadas durante las primeras semanas del segundo semestre de 2019. Se tuvieron en cuenta: el tiempo de experiencia en la enseñanza del concepto, la formación académica, el nivel de formación, la categoría docente, el área de trabajo y los años de experiencia en el área. Se observó que los profesores participantes tienen los conocimientos para la enseñanza del concepto, ya que la gran mayoría cuenta con más de diez años de experiencia en su área, con un mínimo de cinco años en la orientación de alguna de las asignaturas. Si bien la gran mayoría de los profesores hace uso de situaciones contextualizadas como recurso para la enseñanza, muchas veces estas

\* Docente, Universidad de La Salle. Correo electrónico: fnino@unisalle.edu.co

\*\* Docente, Universidad de La Salle. Correo electrónico: wilpico@unisalle.edu.co

\*\*\* Docente, Universidad Católica de Colombia. Correo electrónico: mabarrero@ucatolica.edu.co

no son procesadas por los estudiantes, puesto que se puntualiza en los procedimientos y algoritmos y no en la comprensión del concepto y la habilidad para resolver problemas. En consecuencia, a pesar de que se cuenta con fortalezas en la enseñanza del concepto de razón de cambio, se identificaron limitaciones que la alejan de las estrategias privilegiadas por las dos instituciones.

*Palabras clave:* caracterización, razón de cambio, enseñanza de las ciencias, enseñanza del cálculo.

## Characteristics of the Teaching of the Concept of Rate of Change in the Areas of Physics and Calculus at the Universidad de La Salle and the Universidad Católica de Colombia

### Abstract

The concept of rate of change is one of the most relevant in the calculus, since it explains phenomena typical of basic sciences and different areas of knowledge, such as the increase and decrease in temperature as time varies, the growth of a plant with the passing of the days, the area of geometric figures will vary some of its sides or the change of position with respect to time, among others. This paper contrasts the criteria of physics and mathematics teachers on the current state of teaching the concept of the rate of change in the Universities of La Salle and Católica de Colombia. To know the characteristics that prevail in the teaching of the concept of the rate of change, twenty-three professors from the two areas of knowledge were surveyed (six professors from the Universidad Católica de Colombia and seventeen from La Salle), which were applied during the first weeks of the second 2019 semester. The following were taken into account: the time of experience in teaching the concept, the academic training, the level of training, the teaching category, the work area and the years of experience in the area. It was observed that the participating teachers have the knowledge to teach the concept, since the vast majority have more than ten years of experience in their area, with a minimum of five years in the guidance of any of the subjects. Although the vast majority of teachers make use of contextualized situations as a teaching resource, many times these are not processed by students, since it is specified in the procedures and algorithms and not in the understanding of the concept and the ability to solve problems. Consequently,

despite the fact that there are strengths in teaching the concept of the rate of change, limitations were identified that distance it from the strategies favored by the two institutions.

*Keywords:* Characterization, rate of change, science teaching, calculus teaching.

## Introducción

Para la enseñanza del concepto de razón de cambio, los profesores usan diversos enfoques y estrategias didácticas de enseñanza; entre las más comunes tenemos la resolución de problemas, entendida como el proceso que sigue un estudiante desde la lectura, la decodificación, la interpretación, la representación y la planeación hasta la solución, basadas en la metacognición y buscan que los estudiantes conceptualicen. Sin embargo, a pesar de contar con múltiples maneras para desarrollar la clase, aún se observa que en el ámbito educativo universitario priman los procedimientos y los algoritmos, los cuales traen problemas para los estudiantes, pues no les ayudan a desarrollar las habilidades que se requieren para resolver problemas en su campo disciplinar (Artigue, 1995).

Para dar respuesta a esta problemática y dado que en la universidad se deben buscar estrategias alternativas de enseñanza que integren el conocimiento, presentamos este trabajo como parte de la primera fase de una propuesta interinstitucional del proyecto de investigación “Didácticas alternativas para el aprendizaje de conceptos afines entre la física y el cálculo”, en la que se presentan los resultados de las características sobre las didácticas que usan los docentes de física y matemáticas de la Universidad de La Salle y la Universidad Católica de Colombia en la enseñanza del concepto de razón de cambio y sus aplicaciones en la física.

En este trabajo se muestran los enfoques metodológicos y las didácticas, entendidos como la forma de abordar el desarrollo de un tema, que pueden ser: conductismo, constructivismo, aprendizaje significativo o una mezcla de varios enfoques, a lo que algunos llaman eclécticos. A partir de estos enfoques, los docentes diseñan una serie de actividades en torno a la enseñanza del concepto de razón de cambio, con situaciones contextualizadas presentes en el cálculo diferencial y la física mecánica. La razón de cambio es un tema afín entre las dos áreas y, para su comprensión, se requiere fundamentación matemática: lenguaje

algebraico, representaciones gráficas, análisis de tablas, operaciones y geometría en el plano.

También se revisaron, en las dos universidades, las estrategias de enseñanza de los docentes cuando se aborda el concepto, las actividades que se están realizando como ayuda, el acompañamiento del docente y los objetivos de enseñanza, entre otros.

A partir de los resultados y las teorías didácticas en la enseñanza de la matemática, la física y la solución de problemas con el uso de tecnologías, guías estructuradas y afines, se presenta una alternativa metodológica que permita desarrollar el tema de manera articulada que involucre material didáctico apoyado en tecnologías y la estrategia de aula invertida, con el fin de buscar un aprendizaje situado, contextualizado, aplicado y significativo.

## Marco teórico

### Aprendizaje basado en problemas

La enseñanza de ejercicios, conceptos y aplicaciones propios de la matemática han ayudado a la estructuración y el perfeccionamiento de muchas disciplinas, técnicas y ciencias. Numerosas investigaciones evidencian que la enseñanza de la matemática mediante la solución de problemas facilita el proceso de aprendizaje de los estudiantes, siempre y cuando conste de una formulación e instrucción asertiva que propicie en ellos la capacidad de interpretación, análisis de resultados y generación de conclusiones (Zabala, 2010).

En concordancia con Morales y Landa (2004), el aprendizaje basado en problemas (ABP) se caracteriza por ser una didáctica que se enfoca en el aprendizaje centrado en el estudiante y promueve el desarrollo de habilidades y competencias fundamentales para el ejercicio profesional. Además, en gran parte se lleva a cabo en grupos e incentiva el trabajo colaborativo y autodirigido de los estudiantes.

Recientemente, los docentes han optado por didácticas que abran escenarios confortables y favorecedores de los aprendizajes. La solución de problemas es fundamental, debido a que a diario nos enfrentamos a ellos y es importante darle solución (Herrera, Carrasco, Fernández y Perera, 2018). En comparación con

otras didácticas, como el manejo de casos y el aprendizaje basado en proyectos, el ABP estimula más competencias genéricas (Villa y Poblete, 2007), por lo que se ubica de manera exitosa e imprescindible en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

### *Guías de aprendizaje*

Una de las didácticas relevantes en los procesos de enseñanza y aprendizaje de todas las áreas del conocimiento es la guía de aprendizaje. Se caracteriza por ser un instrumento facilitador y orientador del aprendizaje activo, que ayuda a relacionar actividades tendientes a la solución de problemas, el desarrollo de habilidades y a la organización de tareas de forma secuencial, que fomente el compromiso y responsabilidad de trabajo independiente (Romero y Moya, 2012).

En el cálculo diferencial, el uso de las guías de aprendizaje es frecuente. En algunas situaciones se centran en orientar la solución de problemas de variación de funciones a partir de conceptos de la derivada en diferentes situaciones y contextos (Instituto Politécnico Nacional, s. f.). Asimismo, este instrumento es utilizado con fines de promover el incremento de habilidades por medio de la solución de problemas en los que se relaciona principalmente el concepto de derivada. Lo anterior muestra la importancia de abordar el concepto de derivada desde la estrategia de solución de problemas.

La Física I es una de las asignaturas que requieren comprender algunos conceptos propios del cálculo diferencial (López-Gay y Martínez, 2005), entre los que se destacan: variable, función en variable real, límite de una función, derivada de una función, aplicaciones de problemas de razones de cambio, entre otros. Estos conceptos son necesarios en la “comprensión de los fundamentos del tratamiento científico de los fenómenos naturales, la aplicación de conceptos y leyes básicas de la mecánica y la formulación de modelos matemáticos y sus condiciones de aplicación a los problemas mecánicos” (Universidad Politécnica de Madrid, s. f., p. 5). Es por esto que algunas guías de aprendizaje apuntan a promover el dominio y la comprensión de conceptos asociados con fundamentos generales de la mecánica y su incidencia en la solución de problemas aplicados a la ingeniería (Universidad Politécnica de Madrid, s. f.).

Lo anterior expone la importancia de usar una guía de aprendizaje basada en problemas que, además de relacionar conceptos matemáticos con la física, permita “clarificar conceptualmente el significado de todo lo que se hace cuando se

usa el cálculo diferencial en aplicaciones físicas” (Martínez, López-Gay, Gras y Torregrosa, 2002, p. 272).

## Aula invertida

Debido al ausentismo escolar, a la falta de tiempo y a los ritmos de aprendizaje diferentes, nace el concepto de “aula invertida” (AI), como espacio extracurricular para complementar las clases y poner al tanto en los temas del curso a los estudiantes que han faltado o no han comprendido la totalidad de las temáticas trabajadas. Estos problemas hacen que Bergmann y Sams (2012) se planteen esta estrategia como una salida a la dificultad de la mayoría de las clases, en las que el profesor entra con un tema nuevo y el estudiante, en su afán de tomar apuntes y retener la información, queda inmerso en confusión y desespero, lo que conlleva a la desidia y a claudicar en su intento de aprender y aprobar.

El AI se convierte en una estrategia didáctica útil, caracterizada por un enfoque de enseñanza que cambia el modelo tradicional de aprendizaje y le da un mayor peso a la práctica. Este enfoque apunta al aprovechamiento de las nuevas tecnologías y su incidencia en los procesos de enseñanza y aprendizaje, en ambientes virtuales guiados por el docente, dinámicos e interactivos y aportadores al aprendizaje significativo y colaborativo (Vidal, Rivera, Nolla, Morales y Vialart, 2016).

## *Razón de cambio*

La educación, para ayudar al estudiante a comprender el concepto de razón de cambio, ha explorado caminos diferentes. Se han encontrado trabajos con propuestas didácticas o metodológicas enfocadas a facilitar la enseñanza de la noción de derivada y del concepto de razón de cambio.

Vrancken, Engler y Müller (2009) presentan una secuencia didáctica que promueve las habilidades relacionadas con las variables, las funciones y la variación, lo que facilita el aprendizaje del concepto de derivada a partir de registros de representación e interpretaciones variacionales, por ejemplo, la razón de cambio. Asimismo, Vidal (2012) interpreta la noción de derivada como razón de cambio y propone una unidad didáctica enfocada al análisis, a la interpretación y a la solución de problemas en contextos matemáticos y físicos. En las actividades se emplean los recursos tradicionales como guías de trabajo y nuevas tecnologías, entre otros, y cuentan con la observación y el acompañamiento del docente.

El concepto de razón de cambio se involucra en diversos escenarios de variación. Vrancken y Engler (2014) estudian la importancia de “caracterizar variaciones de magnitudes a través de cálculos de razones de cambios” (p. 454), lo que propicia el proceso cognitivo de la visualización. Para esto presentan una propuesta guiada por una secuencia didáctica tendiente a identificar la comprensión de los conceptos de la cinemática como la posición-tiempo, velocidad promedio, velocidad instantánea y aceleración, mediante representaciones gráficas y problemas. Se evidencian aspectos positivos en la metodología empleada, pues promueve la comprensión de la derivada y fomenta el trabajo colaborativo; sin embargo, las dificultades más relevantes tienen que ver con la asimilación y el manejo de los conceptos previos necesarios para asimilar el concepto de razón de cambio.

### *Algo de historia*

El concepto de razón de cambio, como el cambio de una variable, se viene tratando desde la Antigüedad: los babilonios lo abordaron de manera práctica, inicialmente de forma cualitativa, y más adelante, en Roma, de forma cuantitativa; esto hace más de 3.000 años.

El problema para estas civilizaciones consistía en mantener:

[...] una pendiente uniforme en cada cara y la misma en cada una de las cuatro caras de la pirámide. Se solía utilizar la relación avance vs. subida, denominándola por la palabra *seqt*, que significaba la separación horizontal de una recta oblicua del eje vertical por unidad de variación en la altura (Boyer, 1986, p. 11).

Hacia el año 585 a. C, Tales de Mileto hizo aproximaciones al estudio de las proporciones y variaciones. Este estudio teórico fue la génesis de la matematización de las comparaciones geométricas. En sus estudios, Tales afirma “que los lados correspondientes a ángulos iguales en triángulos semejantes, son proporcionales” (citado en Rendón, 2009, p. 2).

La forma de abordar estas proporciones era encontrar mediciones de objetos reales de manera indirecta con medidas que eran posibles de manera directa. Tales midió la altura de una pirámide utilizando la proporción y la variación de la sombra en una vara vertical.

En ese tiempo, la teoría de las proporciones estaba centrada en mostrar la armonía cósmica por medio del establecimiento de razones numéricas entre cantidades discretas y la comparación entre estas para definir proporciones.

Eudoxo, matemático perteneciente a la escuela de Platón, reformuló la teoría de las proporciones y su propuesta es la que utiliza Euclides en el libro V de la siguiente forma:

Las magnitudes están en la misma razón, la primera a la segunda y la tercera a la cuarta, cuando, tomados cualesquiera equimúltiplos de la primera y la tercera y cualesquiera equimúltiplos de la segunda y la cuarta, entonces los primeros equimúltiplos ambos exceden, son iguales o menores que los segundos equimúltiplos, tomados en el orden correspondiente (Boyer, 1986, p. 99).

Arquímedes (287-212 a. C.) usó la razón geométrica para derivar las fórmulas para el área y el volumen de diversas figuras planas y sólidos regulares. Profundizó sus estudios en la espiral y las líneas tangentes y la relación entre la rapidez y la dirección del movimiento observando la tangente en diferentes puntos de la espiral. En este momento se identifica la relación física de las proporciones y variaciones (Rendón, 2009).

En la Edad Media, hacia la primera mitad del siglo XIV, los matemáticos de la escuela de Mentón se pusieron en la tarea de predecir la magnitud de una magnitud física que está cambiando y analizaron la fuerza que actúa sobre un móvil que está en desplazamiento por un camino inclinado. Esta relación entre la matemática y la física dio origen a nuevo campo de estudio, la cinemática, que constituyó la base del cálculo.

Jordano de Namore, en el siglo XIII, fundó la escuela medieval de mecánica, cuyo fin principal era el estudio de las magnitudes físicas. La formulación del plano inclinado se le debe a él.

Jordano caracteriza un movimiento de razón de cambio constante, por medio de razones geométricas entre magnitudes. La relación constante entre la altura y la longitud del plano inclinado.

Nicolás de Oresme, en el siglo XIV, estudió la variación de fenómenos físicos uniformes y no uniformes:

Para el caso de un cuerpo con movimiento acelerado, Oresme dibujaba una curva de velocidad vs tiempo en la que los puntos de una recta horizontal representaban los sucesivos instantes de tiempo iguales, que llamó longitudes, y para cada punto trazaba un segmento (al que llamó latitud) perpendicular a la recta horizontal, cuya longitud representaba la velocidad en ese instante (Rendón, 2009, p. 5).

Oresme caracteriza el movimiento con aceleración constante, en el que la velocidad cambia en forma constante, como un movimiento de razón constante. De esta forma dedujo que su curva tenía pendiente constante y determinó la razón de cambio de velocidades.

Aparece en escena Galileo Galilei (1564-1642), quien opta por describir el mundo físico en términos de cantidades medibles como el tiempo, la distancia, la fuerza y la masa. Utiliza las representaciones geométricas de Oresme para los estudios de velocidades e introduce técnicas cuantitativas específicas con las cuales llega a la determinación del teorema de velocidad media, que explica mediante razones geométricas.

“Una distancia es recorrida por un cuerpo con velocidad uniformemente acelerada, es igual al tiempo en que el mismo espacio sería recorrido por el mismo objeto a velocidad uniforme igual a la velocidad media” (Rendón, 2009, p. 7).

Desde allí se abre un campo de investigación que intenta encontrar métodos para caracterizar matemáticamente las curvas como representativas de las variaciones de las magnitudes a estudiar. Casi simultáneamente y haciendo uso, por primera vez, de la idea de que por medio de una ecuación se podía expresar la dependencia entre dos cantidades variables Descartes y Fermat desarrollaron métodos específicos para caracterizar las curvas (Rendón, 2009).

Retomaron de los griegos la utilidad de la recta tangente, que posteriormente permitió relacionar los valores de una función para puntos muy próximos, con los valores de las ordenadas de la recta tangente en los puntos respectivos, de donde surge la idea del triángulo diferencial.

En los trabajos de Descartes y Fermat se emplean las ecuaciones que muestran la dependencia entre las dos magnitudes representadas, la razón entre la diferencia de los valores de la magnitud dependiente en puntos próximos y la diferencia de los valores correspondientes de la magnitud independiente, es decir, la razón

de cambio del incremento de la magnitud dependiente respecto al incremento de la magnitud independiente.

En 1696, el marqués de L'Hôpital publicó un libro en el que se menciona la importancia de las gráficas para representar y caracterizar los cambios de dichas magnitudes. También señaló la importancia de lo que llamó la diferencia fundamental de una variable continua y se podría decir que es el primer libro de cálculo.

Después de los trabajos de Fermat y Descartes, Barrow (1630-1677) trabajó con la intención de caracterizar tangentes, pero, a diferencia de sus antecesores, introdujo, según el pensar de los historiadores de la matemática, una interpretación infinitesimal del problema. En su trabajo modificó el método de Fermat y consideró un arco "indefinidamente pequeño" que asoció con un trozo de la tangente para construir lo que hoy llamamos triángulo diferencial.

Hacia 1640, Roberval y Torricelli empezaron a incluir interpretaciones cinemáticas de las curvas estudiadas, interpretaron la gráfica como la representación de la dependencia de dos magnitudes físicas y consideraron la tangente en un punto de la curva como la expresión de la razón de cambio de la magnitud dependiente respecto a la independiente, razón que permitía identificar la dirección del cambio de la magnitud en ese punto. Con su método consiguieron determinar tangentes de todas las curvas típicas de la época y presentaron la aceptación de las razones de cambio heterogéneas.

Posteriormente surgieron los aportes de Newton y Leibniz. Este último trabajó la razón de diferencias que luego se transformó en la razón de diferencias entre valores infinitamente pequeños, o sea, el diferencial. Más tarde se dio cuenta de que esta razón de diferencias le posibilita encontrar una ecuación para determinar la inclinación de la recta tangente y encontrar razones de cambio instantáneas.

La aceptación de las razones de cambio heterogéneas rompió con la manera griega de ver las razones y abrió el acceso al estudio de los fenómenos de variación entre magnitudes interdependientes. Cada punto de la curva en el plano se desligó de los segmentos asociados como representantes de dicha magnitud y empezó a verse como la asociación de dos valores de magnitudes de diferente especie. Así surgen los estudios de las variaciones de las razones heterogéneas. Con el avance del álgebra y la posibilidad de usar ecuaciones que muestran la dependencia entre las dos magnitudes interdependientes apareció la representación

de las razones de cambio por medio de razones heterogéneas de diferencias, que constituyen la clave para avanzar hacia el cálculo diferencial (Rendón, 2009).

Por otra parte, al emplear las tangentes para caracterizar curvas se fue gestando el concepto de pendiente en todo el proceso que dio origen a las razones de cambio instantáneas, pero su conceptualización como objeto de estudio siguió un camino distinto al del cálculo: la geometría analítica. Desde allí se empezó a hablar de razón de cambio.

La razón de cambio se define como un cociente incremental o de diferencias. El cociente es el cambio o la diferencia en el eje Y dividido entre el respectivo cambio en el eje X; se reconoce que el cambio se establece al hallar la diferencia entre una magnitud final y una inicial. Con la notación moderna puede escribirse como:  $\Delta(y) / \Delta(x) = (y_2 - y_1) / (x_2 - x_1)$ . En muchas ocasiones, la razón de cambio está dotada de un significado contextual, pues plantea relaciones significantes entre las magnitudes que intervienen. Este cociente, en algunos casos, dará el mismo resultado (constante) y, en caso contrario, como razón de cambio variable. En el siguiente apartado se explican estas razones de cambio y la diferenciación entre ambos (Larson y Edwards, 2010).

Para este estudio se considera cómo se conceptualiza en el aula de clase la razón de cambio, pues en el aula es donde debe empezar a tomar significado para los estudiantes. Se debe relacionar de manera intrínseca en cálculo y física para ver su relación y apropiar significado.

### *Trabajo autónomo*

El trabajo autónomo en el campo de la educación tiene tres componentes fundamentales: el desarrollo de la autonomía en el individuo, el aprendizaje para luego llevarlo al trabajo autónomo, y el laboratorio activo de aprendizaje.

### *La autonomía*

Una primera mirada del significado de autonomía, que se deriva de la tradición filosófica kantiana, está relacionada con la formación del pensamiento crítico: pensar con entendimiento propio, hacer uso del propio entendimiento, sin la ayuda o dirección de otro. La estructura del sistema educativo se cimienta en una serie de actitudes por la que los seres humanos se adaptan a la subordinación, dado que sienten que es un riesgo pensar por cuenta propia. Romper con esa

tendencia es lo que Kant llama mayoría de edad. Desde el nacimiento se crean lazos de dependencia, de tutelaje y, si el modelo educativo se repite, el individuo no llegará a su mayoría de edad, es decir, no desarrolla sus propios pensamientos, su construcción de moral y de ética, en el campo del crecimiento personal y del respeto por las normas sociales.

La autonomía, entendida desde ese equilibrio entre lo privado y lo público, podrá formar individuos capaces de tomar responsablemente sus propias decisiones, sin afectar a los demás con sus acciones (Erazo, 2003).

El objetivo del educador es crear espacios para delegar responsabilidades al estudiante a medida que va creciendo para que, de esta manera y de acuerdo con su edad, el individuo alcance su mayoría de edad, es decir, su autonomía.

Habermas, en 1968, hace referencia a la identificación, que en el contexto kantiano se refiere a la autonomía. En la identificación, el individuo supera un comportamiento imitativo: llega a ser y siente que es “él mismo”, no necesita de identificaciones, no puede ser un “seguidor” ni un fanático; ha evaluado críticamente y con autonomía sus argumentos racionales y no proyecta en otros emotividades y poderes similares al del padre idealizado.

La autonomía se refiere a la regulación de la conducta por normas que surgen del propio individuo. Autónomo es todo aquel que decide conscientemente qué reglas son las que van a guiar su comportamiento.

Tener autonomía quiere decir ser capaz de hacer lo que uno cree que se debe hacer, pero no solo eso. También significa ser capaz de analizar lo que creemos que debemos hacer y considerar si de verdad debe hacerse o si nos estamos engañando.

Somos autónomos cuando somos razonables y consideramos qué debemos hacer con todos los datos a nuestra disposición. Dicho de otro modo: somos verdaderamente autónomos cuando usamos nuestra conciencia moral (Universidad de Navarra, 2013).

### *Aprendizaje*

De acuerdo con la Federación de la Enseñanza de Andalucía (2009), Hergenhahn define el aprendizaje “como un cambio relativamente permanente en la conducta

o en su potencialidad, que se produce a partir de la experiencia y no puede ser atribuido a un estado temporal” (p. 2). Esta definición contempla la experiencia como la condición esencial para el aprendizaje e incluye los cambios en los patrones de conducta. Además, abarca la decisión personal de asumir el objeto a aprender desde su propio interés de hacerlo. Desde esta perspectiva, el aprendizaje está relacionado con la autonomía.

En el proceso de aprendizaje se integran los conocimientos y las destrezas a lo largo de la vida, en un proceso en el que intervienen las capacidades naturales, el grado de madurez y la interacción con el medio. Es fundamental entender los principios del aprendizaje que llevan implícitos una serie de procesos cognitivos: la atención, la abstracción, la inducción, la deducción, la interpretación, la representación, la transferencia, la memorización y, por último, la comprensión (Federación de la Enseñanza de Andalucía, 2009).

### *Laboratorio de aprendizaje activo*

Otra didáctica tiene que ver con la propuesta de Aguirre y Alfonso (2012), que considera la realización de actividades mediante “laboratorio de aprendizaje activo”, el cual se apoya en una serie de pasos que le permiten al estudiante relacionar los tiempos para el desarrollo de las actividades, revisar los conceptos previos y diagnósticos, debatir sus opiniones y analizar los resultados obtenidos. Lo anterior con la corrección y retroalimentación del docente.

## Metodología

Para conocer las características de la enseñanza del concepto de razón de cambio de los docentes de física y cálculo de las dos universidades comprometidas en este rastreo, se aplicó una metodología cualitativa con enfoque descriptivo, en el que se recolectan datos o componentes sobre diferentes aspectos de las formas didácticas que utilizan los docentes al abordar el objeto de estudio de esta experiencia. Se identifican aspectos comunes entre docentes de las asignaturas de una universidad y luego se hace un cruce entre las dos universidades que lleve a encontrar el enfoque más común entre todos los docentes. “La investigación descriptiva busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice” (Hernández, Fernández y Baptista, 2003, p. 119).

Se encuestó a veintitrés profesores de las dos áreas (seis profesores de la Católica y diecisiete de La Salle), quienes participaron libremente con sus opiniones para responder un cuestionario enviado al correo institucional. Estos fueron diligenciados durante las primeras semanas del segundo semestre de 2019 y debían responderse teniendo en cuenta el tiempo de experiencia en la enseñanza del concepto, la formación académica, el nivel de formación, la categoría docente, el área de trabajo y los años de experiencia en el área.

A su vez, debían responder una serie de preguntas cerradas que indagaban por la forma de organización de la clase, su desarrollo y si empleaban estrategias de seguimiento y acompañamiento o no. También se buscaba identificar si el uso de actividades promovía el desarrollo de habilidades y competencias y si estaban articuladas con otras áreas del saber o no.

Por último, mediante seis preguntas orientadoras, se pretendía identificar las dificultades más frecuentes al enseñar el tópico de razón de cambio, el alcance del objetivo de aprendizaje planteado para la clase, las actividades que suelen utilizar para sus intervenciones didácticas y lo que perciben de los estudiantes cuando se aborda el concepto.

Para identificar los aspectos comunes se observaron las respuestas abiertas por asignatura y universidad, y se organizó un listado con todos los elementos que resaltaban los docentes en sus respuestas y aquellos que debían tenerse en cuenta según el enfoque metodológico promovido por las dos instituciones para abordar el concepto (resolución de problemas). Los estudios descriptivos miden de manera más bien independiente los conceptos o las variables a los que se refieren y se centran en medir con la mayor precisión posible (Hernández et al., 2003).

En una mesa de trabajo con todos los investigadores se cruzaron los datos y se identificaron diferencias y semejanzas en las categorías elaboradas por cada universidad. Asimismo, como el estudio tuvo un enfoque cualitativo, fue necesario analizar los resultados de las encuestas diligenciadas en las dos instituciones e identificar los rasgos comunes y las características de las actividades y se elaboró una categorización posible unificada en relación con los modelos didácticos reconocidos. Con la información organizada se procedió a establecer las características de la enseñanza del concepto de razón de cambio en las áreas de física y cálculo de las dos universidades.

## Resultados

En cuanto a los veintitrés profesores que participaron en la encuesta (Anexo 1), se puede decir que la gran mayoría cuenta con estudios de maestría o doctorado en ciencias: veintiuno tienen estudios posgraduales y dos, especialización; llevan más de diez años enseñando en el ámbito universitario el concepto de razón de cambio, lo cual indica que están cualificados para su enseñanza. Para ejercer en estas universidades, los profesionales deben contar con mínimo cinco años de experiencia universitaria en el área de formación y con estudios posgraduales. Los profesionales que solo tienen especialización tienen una trayectoria en cada institución por más de diez años y han acompañado los procesos en las instituciones por varios años debido a que han obtenido una evaluación docente sobresaliente como mínimo.

En la Tabla 1 podemos observar los resultados de la encuesta en las dos universidades.

Tabla 1

*Resultados del cuestionario diligenciado por los docentes que han enseñado el concepto de razón de cambio en la Universidad de La Salle y en la Universidad Católica de Colombia*

Pregunta	Criterio	Sí	No
1	¿Realiza alguna actividad diagnóstica a los estudiantes que le permitan organizar y establecer la mejor estrategia para abordar el concepto de razón de cambio?	26 %	74 %
2	Para abordar el concepto de razón de cambio, ¿realiza actividades complementarias, adicionales a la clase, que ayudan a su comprensión?	74 %	26 %
3	Para abordar el concepto de razón de cambio, ¿aplica estrategias de acompañamiento de forma individualizada?	35 %	65 %
4	Para abordar el concepto de razón de cambio, ¿promueve el desarrollo de habilidades o competencias propias del campo de formación profesional?	83 %	17 %
5	¿Realiza modificaciones a las actividades planificadas durante la clase del concepto de razón de cambio, según el nivel de participación y de apropiación del tema por parte de los estudiantes?	65 %	35 %
6	¿Utiliza estrategias que incluyan un proceso para resolver problemas de aplicación del concepto de razón de cambio?	100 %	0 %

Pregunta	Criterio	Sí	No
7	¿Ofrece instrumentos de autoevaluación a sus estudiantes, relacionados con el aprendizaje del concepto de razón de cambio?	35 %	65 %
8	¿Promueve la articulación del concepto de razón de cambio con otras áreas del conocimiento?	83 %	17 %

Fuente: elaboración propia.

Puede observarse que los criterios de organización y desarrollo de la clase que menos tienen en cuenta los docentes están las actividades relacionadas con el diagnóstico inicial (26 %), acompañamiento durante la clase a las necesidades individuales de los estudiantes (35 %) y la retroalimentación asertiva, ya que no cuentan con los instrumentos que les permitan adelantar estos procesos (35 %). En contraste, se aprecia que hacen mayor énfasis en actividades relacionadas con el desarrollo de habilidades y competencias de las áreas, así como también en actividades que articulan el concepto con otras disciplinas o áreas de conocimiento (más de 85 %).

En las preguntas abiertas se encontró que los profesores identifican como principales dificultades para la enseñanza del concepto la poca motivación con la que los estudiantes afrontan los conceptos nuevos. La capacidad de interpretación con la que ingresan los estudiantes es baja, lo cual impide llevar a cabo un buen proceso durante la clase, ya que esto incide en el planteamiento de un modelo a partir de una situación problema.

En lo referente al alcance que se plantean los profesores, coinciden en que buscan que el estudiante logre conceptualizar y, a partir de ahí, puedan establecer vínculos con otras áreas de conocimiento para resolver situaciones en contexto o en el ámbito real.

Entre las actividades más frecuentes que los profesores emplean para enseñar el concepto están ejercicios propuestos en libros, lecturas al inicio de la clase que faciliten la apertura y la propuesta catedrática acompañada de preguntas. Sin embargo, reconocen que su práctica docente podría mejorar si se usaran mediaciones tecnológicas, lo cual ayudaría a ofrecer otras aproximaciones al concepto.

Entre las percepciones más frecuentes que identifican los docentes están la falta de disposición al aprendizaje, la frustración por la no comprensión y expectativa por la aplicación.

Como una diferencia significativa en la enseñanza del concepto de razón de cambio entre los docentes de física y los de matemáticas, se halló que los primeros hacen acercamientos al concepto desde lo numérico, mientras que los segundos usan representaciones algebraicas con mayor frecuencia, pero los de ambas áreas emplean situaciones contextualizadas comunes como el estudio de la posición, la velocidad o la aceleración de un objeto que se mueve en línea recta.

Entre las características comunes de los procesos de enseñanza de los docentes de matemáticas y física en las dos universidades se tienen:

1. Los docentes hacen actividades complementarias para ayudar a la comprensión del concepto de razón de cambio, como recursos tecnológicos, guías de aprendizaje y libros de apoyo.
2. Las actividades planteadas promueven el desarrollo de habilidades y competencias propias de las ciencias básicas en los estudiantes, como la observación, la interpretación, el planteamiento de hipótesis y la resolución de problemas.
3. Las estrategias didácticas promovidas por los docentes para resolver problemas siguen el siguiente proceso: lectura, decodificación, interpretación, representación, planeación y solución del problema.
4. La enseñanza del concepto de razón de cambio emplea situaciones contextualizadas para hacer una aproximación a las realidades de los estudiantes de acuerdo con su formación.

A partir de los hallazgos, proponemos que las universidades fortalezcan las estrategias didácticas institucionalizadas para la enseñanza de las ciencias, con base en el enfoque de resolución de problemas y el aula invertida mediada con recursos tecnológicos como estrategia para apoyar la participación de los estudiantes.

## Conclusiones

Este trabajo contó con la participación de docentes de las áreas de física y matemáticas de las dos universidades y permitió reflexionar sobre las didácticas que se emplean para la enseñanza del concepto de razón de cambio y la forma como se articula en las dos áreas. Entre las estrategias más comunes que los profesores

emplean se encuentran la resolución de problemas y la clase activa; sin embargo, se evidencia que muchos de ellos mantienen las estrategias aprendidas en su formación.

En las didácticas empleadas por los docentes de ambas universidades se logra identificar que los estudiantes comparten las mismas dificultades, que tienen que ver con la interpretación de situaciones contextualizadas, el análisis y la interpretación de gráficas y la asimilación de conceptos como variable, razón, proporción y rapidez, entre otros.

Los resultados de la etapa de caracterización brindan los elementos suficientes para organizar un proyecto de investigación que aborde la construcción de didácticas armonizadas y estructuradas con apoyo en las TIC: “Didácticas alternativas para el aprendizaje de conceptos afines entre física y cálculo”, ya que fue posible identificar las variables clave que afectan la enseñanza del concepto de razón de cambio y su relación con las aplicaciones físicas.

Para contar con más elementos que fortalezcan la propuesta de proyecto interinstitucional sugerimos ampliar la caracterización al campo documental de las instituciones, la mirada de los aprendices frente al concepto y la participación de pares amigos que verifiquen lo que los docentes manifiestan realizar en el aula de clase, así como también la inclusión de otras instituciones que compartan intereses.

## Referencias

- Aguirre, C. y Alfonso, R. (2012). *Una propuesta para la enseñanza de la derivada como razón de cambio a estudiantes de grado undécimo*. (Tesis doctoral inédita). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Artigue, M. (1995). La enseñanza de los principios del cálculo: problemas epistemológicos, cognitivos y didácticos. En M. Artigue, R. Douady, L. Moreno y P. Gómez (ed.), *Ingeniería didáctica en educación matemática* (pp. 97-140). Ciudad de México: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Bergmann, J. y Sams, A. (2012). *Flip Your Classroom Every Student in Every Day*. Washington: International Society for Technology in Education.
- Boyer, C. (1986). *Historia de la matemática*. Nueva York: Alianza Editorial.

- Erazo, E. (diciembre, 2003). Qué significa “formación para la autonomía. Una perspectiva filosófica. *Páginas de la UCPR* (67), 7-16.
- Federación de la Enseñanza de Andalucía. (mayo, 2009). Aprendizaje: definición, factores y clases. *Revista digital para profesionales de la enseñanza* (2), 1-6.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2003). *Metodología de la investigación* (5ta. ed.). Ciudad de México: McGraw-Hill.
- Herrera, S., Carrasco, M., Fernández, M. y Perera, J. (2018). Solución de problemas como proceso de aprendizaje cognitivo. *Boletín Redipe*, 7(4), 107-117.
- Instituto Politécnico Nacional. (s.f.). *Guía de aprendizaje de Cálculo Diferencial*. Recuperado de <https://www.ipn.mx/assets/files/cecylt11/docs/Guias/UABasicas/Matematicas/calculo-diferencial.PDF>
- Larson, R. y Edwards, B. (2010). *Cálculo de una variable*. Ciudad de México: McGraw-Hill.
- López-Gay, R. y Martínez, J. (2005). ¿Qué hacen y qué entienden los estudiantes y profesores de física cuando usan expresiones diferenciales? *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 23(3), 321-333.
- Martínez, J., López-Gay, R., Gras, A. y Torregrosa, G. (2002). La diferencial no es un incremento infinitesimal. Evolución del concepto de diferencial y su clarificación en la enseñanza de la física. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 20(2), 271-284.
- Morales, P. y Landa, V. (2004). Aprendizaje basado en problemas. *Theoria*, 13, 145-157.
- Rendón, P. (2009). *Conceptualización de la razón de cambio en el marco de la enseñanza para la comprensión*. (Tesis de maestría inédita). Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Romero, M. y Moya, E. (2012). Las guías de aprendizaje autónomo como herramienta didáctica de apoyo a la docencia. *Escuela abierta* (15), 9-31.
- Sánchez, G., García, M. y Linares, S. (2008). La comprensión de la derivada como objeto de investigación en didáctica de la matemática. *Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa*, 11(2), 267-296.
- Universidad Politécnica de Madrid. (s. f.) *Guía de aprendizaje de la asignatura Física I*. Recuperado de [http://www.minasyenergia.upm.es/attachments/article/2137/Fisica\\_1\\_12\\_13.pdf](http://www.minasyenergia.upm.es/attachments/article/2137/Fisica_1_12_13.pdf)
- Universidad de Navarra. (2013). *Escuelas de familia moderna. Documentación sobre las competencias*. Navarra: Universidad de Navarra.
- Vidal, M., Rivera, N., Nolla, N., Morales, I. y Vialart, M. (2016). Aula invertida, nueva estrategia didáctica. *Revista cubana de educación médica superior*, 30(3), 678-688.

- Vidal, O. (2012). *Interpretación de la noción de derivada como razón de cambio instantánea en contextos matemáticos*. (Tesis de maestría inédita). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Villa, A. y Poblete, M. (2007). *Aprendizaje basado en competencias: una propuesta para la evaluación de competencias genéricas*. Bilbao: Ediciones Mensajero.
- Vrancken, S. y Engler, A. (abril, 2014). Una introducción a la derivada desde la variación y el cambio: resultados de una investigación con estudiantes de primer año de la universidad. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 28(48), 449-468.
- Vrancken, S., Engler, A. y Müller, D. (2009). Una propuesta para la introducción del concepto de derivada desde la variación. Análisis de resultados. En I. Zapico y S. Tajeyan (eds.), *Actas de la VII conferencia argentina de educación matemática* (pp. 129-138). Buenos Aires: Soarem.
- Zabala, A. (2010). *Revisión crítica de la contextualización matemática que involucra conceptos físicos*. Recuperado de <http://funes.uniandes.edu.co/17107/1/Zabala2010Revision.pdf>

## Anexo 1. Cuestionario aplicado a los profesores de la Universidad de La Salle y de la Universidad Católica de Colombia

Proyecto: didácticas alternativas para la enseñanza de conceptos afines entre física y cálculo

*Instrumento para profesores sobre el estado actual de la enseñanza del concepto de razón de cambio*

Objetivo: contrastar el criterio de profesores sobre el estado actual de la enseñanza del concepto de razón de cambio.

Por favor responda cada una de las siguientes preguntas:

Nivel de formación: profesional \_\_\_\_, especialización \_\_\_\_, maestría \_\_\_\_, doctorado \_\_\_\_, otra \_\_ ¿Cuál? \_\_\_\_\_

Áreas en las que ha trabajado: \_\_\_\_\_

Años de experiencia en la enseñanza del concepto razón de cambio:  
\_\_\_\_\_

Categoría docente: \_\_\_\_\_. Años de experiencia como docente en el área: \_\_\_\_\_

Estimado profesor: se estudia la enseñanza del concepto de razón de cambio en la asignatura de Cálculo Diferencial (Cálculo I) y Física I (Física Mecánica) para ingenierías. Nos ayudaría a conocer sus criterios en relación con las preguntas formuladas. Le agradecemos de forma anticipada su sinceridad y cooperación y le garantizamos el anonimato de sus respuestas.

## I. VALORACIÓN

1. ¿Realiza alguna actividad diagnóstica a los estudiantes que le permita organizar y establecer la mejor estrategia para abordar el concepto de razón de cambio? Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_
2. Para abordar el concepto de razón de cambio, ¿realiza actividades complementarias, adicionales a la clase, que ayuden a su comprensión? Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_
3. Para abordar el concepto de razón de cambio, ¿aplica estrategias de acompañamiento de forma individualizada? Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_
4. Para abordar el concepto de razón de cambio, ¿promueve el desarrollo de habilidades o competencias propias del campo de formación profesional? Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_
5. ¿Modifica las actividades planificadas durante la clase del concepto de razón de cambio, según el grado de participación y de apropiación del tema por parte de los estudiantes? Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_
6. ¿Utiliza estrategias que incluyan un proceso para resolver problemas de aplicación del concepto de razón de cambio? Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_
7. ¿Ofrece instrumentos de autoevaluación a sus estudiantes relacionados con el aprendizaje del concepto de razón de cambio? Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_
8. ¿Promueve la articulación del concepto de razón de cambio con otras áreas del conocimiento? Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_

## II. REFLEXIÓN SOBRE SU ENSEÑANZA

1. ¿Cuáles son las principales dificultades que encuentra en la enseñanza del concepto de razón de cambio? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. ¿Cuál es el alcance que usted busca con el estudiante cuando enseña el concepto de razón de cambio? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. ¿Cuáles son las actividades que emplea en la enseñanza del concepto de razón de cambio? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
4. ¿Qué actividades adicionales sugiere para mejorar la apropiación del concepto de razón de cambio? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
5. Durante el proceso de enseñanza del concepto de razón de cambio, ¿cuáles son las percepciones más frecuentes que observa en los estudiantes? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
6. Si tiene alguna observación con respecto a las estrategias de enseñanza del concepto de razón de cambio, por favor escríbalas. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

# Elementos identitarios de las prácticas de los docentes universitarios de ciencias básicas: diseño y validación de un instrumento sobre identidad docente

Fredy Ramón Garay Garay\*, Susana Mejía Vélez\*\*

## Resumen

El propósito de este trabajo fue caracterizar algunos de los elementos identitarios de los docentes de ciencias básicas y la forma como estos se ven reflejados en sus prácticas pedagógicas. El objetivo se centró en la construcción y validación de un instrumento que evidencie rasgos de identidad docente en profesores universitarios de ciencias básicas. En este documento se presenta el instrumento diseñado y los resultados de su validación de contenido, obtenidos a partir de la evaluación realizada por tres jueces expertos en educación en ciencias. Los resultados muestran un acuerdo, en alto porcentaje, en el examen de todos los ítems en los criterios de claridad, relevancia y coherencia. El instrumento final quedó conformado por 32 ítems, agrupados en tres dimensiones. La recomendación es continuar con la validación del instrumento a partir de análisis que permita verificar la validez de constructo.

*Palabras clave:* elementos identitarios, ciencias básicas, prácticas pedagógicas, validación, instrumento.

---

\* Director del Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Católica de Colombia. Correo electrónico: frgaray@ucatolicaedu.co

\*\* Docente de planta del Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Católica de Colombia. Correo electrónico: bsmejia@ucatolica.edu.co

# Identity Elements of the Practices of University Teachers of Basic Sciences: Design and Validation of an Instrument on Teaching Identity

## Abstract

The purpose of this work was to characterize some of the identity elements of basic science teachers and the way they are reflected in their pedagogical practices. The objective was focused on the construction and validation of an instrument that evidences characteristics of the teaching identity in basic science university professors. This document presents the designed instrument and the results of its content validation, obtained from the evaluation carried out by three expert judges in science education. The results show a high percentage of agreement in the examination of all the items in the criteria of clarity, relevance and coherence. The final instrument was made up of 32 items, grouped in three dimensions. The recommendation is to continue with the validation of the instrument based on analyzes that allow verifying the validity of the construct.

*Keywords:* identity elements, basic sciences, pedagogical practices, validation, instrument.

## Introducción

Dentro del marco de referencia de la didáctica de las ciencias naturales y experimentales, se ha determinado la formación de profesores como uno de los campos más fructíferos en términos de la investigación aplicada a la educación, toda vez, que, si se repiensen los modelos de formación docente, se impactarán de forma positiva los procesos de enseñanza y aprendizaje (Furió y Carnicer, 2002).

La mayor parte de estas investigaciones se ha centrado en los docentes de secundaria, algunos en primaria y muy pocos de preescolar y universitarios; este último es el tema que se indaga en este trabajo. El perfil del docente universitario está definido por lineamientos ministeriales e institucionales y no se exige una formación en áreas de educación como pedagogía, didáctica o metodologías de enseñanza y aprendizaje, es decir, los títulos universitarios, de maestría y de

doctorado en el área disciplinar son suficientes para ser profesor universitario. Así es pertinente cuestionarse: ¿cuál es el perfil docente universitario? ¿Quién o cómo se forman los docentes universitarios? ¿Cuáles son las competencias que debe tener un docente universitario? ¿Cómo puede impactar todo lo anterior en la deserción?

Dadas las elevadas tasas de deserción universitaria, adquiere una alta relevancia trabajar en pro de la formación docente universitaria en las áreas de ciencias básicas, con el fin de hacer frente a este fenómeno global. Las investigaciones de Monereo y Domínguez (2014), Martín-Gutiérrez, Conde-Jiménez y Mayor-Ruiz (2014), Contreras, Monereo y Badía (2010) y Marcelo-García (2010) han determinado algunos elementos identitarios de la práctica de los profesores de ciencias básicas de universidad.

Se pretende que este instrumento establezca criterios puntuales que posibiliten formular planes de formación profesional docente que atiendan las necesidades contextuales y abran espacios de desarrollo profesional docente (Muñoz y Garay, 2015) para la investigación en educación en ciencias e incidan en fenómenos globales como el abandono o la deserción en educación superior.

## Marco de referencia

Para fines del presente trabajo, serán citadas algunas competencias, como elementos identitarios de la práctica docente universitaria, determinadas por Torra y otros autores (2012). Con una muestra de 2029 docentes y la participación de 64 expertos de ocho universidades, se identificaron las siguientes:

- Competencia comunicativa: incluye aspectos como explicar con claridad y convicción, facilitar la comprensión de los contenidos mediante estrategias discursivas, ajustarse al auditorio y favorecer que los estudiantes se expresen libremente, al escuchar y respetar sus opiniones.
- Competencia interpersonal: integra cuestiones relativas a potenciar el pensamiento reflexivo y crítico, promover la motivación hacia la materia, asumir un compromiso ético con la formación y la profesión, y crear un clima de empatía, tolerancia y respeto.

- Competencia metodológica: se refiere a mostrar coherencia entre los objetivos planteados y los métodos utilizados para la enseñanza y la evaluación, emplear procedimientos que fomenten la participación en clase, enfatizar las actividades prácticas que favorezcan la autonomía en los aprendizajes y las habilidades y competencias profesionales, y ajustar los métodos de enseñanza y evaluación a las características de los alumnos, mediante una retroalimentación continua para que sean capaces de autorregular su proceso de aprendizaje.
- Competencia de planificación y gestión de la docencia: abarca seleccionar contenidos de las asignaturas de acuerdo con su relevancia para la titulación y la profesión, diseñar y desarrollar procesos de enseñanza y evaluación pertinentes con la planificación docente, y detectar puntos débiles en la propia docencia, con el fin de introducir mejoras.
- Competencia de innovación: comprende acciones como la inclusión de cambios que optimicen el proceso de enseñanza-aprendizaje; el análisis, la indagación y la reflexión sobre la docencia, y la participación en experiencias y proyectos de mejora de la calidad docente.
- Competencia colaborativa: está constituida por subcompetencias como cumplir los objetivos fijados por el equipo docente; favorecer la dinámica de trabajo del equipo y su adaptación a situaciones cambiantes, y gestionar equipos docentes, distribuir funciones y potenciar su eficacia y eficiencia.

## Elementos de diseño y validación

### Método

#### *Participantes*

En el proceso de validación de contenido del instrumento participaron tres jueces expertos en educación, elegidos por el aporte que podían hacer a la construcción del instrumento. La terna de jueces estuvo integrada por dos licenciados en Química, uno de ellos magíster en Docencia de la Química y el otro, magíster y PhD en Epistemología e Historia de la Ciencia; el tercer juez corresponde a un doctor en Educación.

## Instrumentos

### *Evaluación de identidad docente*

Para la construcción del instrumento se hizo la revisión teórica acerca de identidad docente y se consultaron instrumentos que la evalúan. Con base en la revisión, se tuvo en cuenta la propuesta de algunos autores para plantear las dimensiones y los criterios que permitan indagar sobre la identidad docente (Monereo y Domínguez, 2014; Gargallo, Rodríguez, Garfella y Fernández, 2011). La propuesta inicial del instrumento incluyó veintiocho ítems, los cuales fueron sometidos a evaluación por jueces, con el fin de determinar la validez de contenido. El instrumento se dividió en tres dimensiones, la primera compuesta por seis ítems en los cuales se solicita al docente que califique la aplicación de una serie de competencias, con valores entre 1 y 5 (1 corresponde a la que menos usa y 5, a la más aplicada en sus labores como profesor). En la segunda dimensión se solicita que califique la importancia de cada una de las seis competencias propuestas en la primera dimensión con valores entre 1 y 5 (1 corresponde a la que considera menos importante y 5, a la más importante). La tercera dimensión estuvo compuesta por dieciséis afirmaciones, en las cuales el docente marca la frecuencia con la que realiza una serie de actividades en el desarrollo de su labor, así: nunca (1), casi nunca (2), algunas veces (3), casi siempre (4) y siempre (5).

### *Instrumento de evaluación por jueces*

Con el fin de conocer la adecuación de los ítems que conforman el instrumento de evaluación de identidad docente, se construyó un instrumento de evaluación por jueces, en el cual se solicitó a cada juez que examinara la claridad, la coherencia y la relevancia de cada uno de los reactivos; así mismo, se revisó la suficiencia en cada una de las dimensiones. Para cada criterio, la escala de calificación fue la siguiente: 1, no cumple con el criterio; 2, bajo nivel; 3, nivel moderado, y 4, alto nivel. Por último, pidió a los jueces que incluyeran ítems adicionales, si lo consideraban necesario.

### *Datos sociodemográficos*

Se diseñó una pequeña encuesta para indagar sobre algunas variables sociodemográficas en los docentes.

### *Procedimiento*

Para la construcción del instrumento se inició con la revisión teórica y documental. A continuación, fueron seleccionadas las competencias a evaluar y los indicadores que permiten la indagación sobre la identidad docente. Una vez se plantearon los ítems, se propuso un instrumento de evaluación por jueces y se solicitó a los seleccionados que evaluaran cada uno de los ítems en cuanto a tres criterios: claridad, coherencia y relevancia. En cada dimensión se pidió la evaluación de suficiencia.

### Plan de análisis de datos

Se utilizó el paquete SPSS-23 para el procesamiento de información. Se calcularon las medias de las calificaciones en cada ítem y criterios incluidos en la evaluación por jueces. A partir de los promedios se calculó el coeficiente de acuerdo con Kappa, propuesto por Landis y Koch (1977); según los autores, valores entre 0-0,20 indican grado de acuerdo insignificante; de 0,21 a 0,40, acuerdo discreto; de 0,41 a 0,60, acuerdo moderado; de 0,61 a 0,80, acuerdo sustancial, y de 0,81 a 1,00 se entiende acuerdo casi perfecto. Se asume magnitud mínima aceptable en 0,61. También se tuvieron en cuenta las observaciones y recomendaciones de cada evaluador, con el fin de mejorar la redacción de algunos ítems y formular ítems adicionales.

## Resultados

Con base en las evaluaciones de los jueces expertos, se calculó el coeficiente Kappa, para determinar el grado de acuerdo entre jueces. Los valores del grado de acuerdo se presentan en la Tabla 1, en la cual se evidencia en promedio un acuerdo moderado en coherencia y sustancial en claridad y relevancia. El porcentaje de ítems en cada criterio muestra que en un mayor número de ellos se obtuvo acuerdo casi perfecto en todos los criterios. En cuanto a la suficiencia, el grado de acuerdo fue casi perfecto.

Tabla 1  
*Resultados coeficiente Kappa*

	Mínimo	Máximo	Media	Moderado # ítems (%)	Sustancial # ítems (%)	Casi perfecto # ítems (%)
Claridad	0,75	100	88,2716		6 (21,4 %)	22 (78,6 %)
Coherencia	0,58	100	92,5926	1 (3,6 %)	2 (7,1 %)	25 (89,3 %)
Relevancia	0,66	100	87,8086		5 (10,7 %)	23 (89,3 %)

Fuente: elaboración propia.

Confirmado el acuerdo entre los jueces, se modificaron algunos de los ítems, para mejorar la redacción propuesta inicialmente y se adicionaron cuatro ítems: uno en las dimensiones 1 y 2 y dos ítems en la 3. El instrumento final quedó conformado por 32 reactivos agrupados en tres dimensiones. En la 1 se califica la aplicación de siete competencias planteadas y en la segunda se evalúa la importancia de las siete competencias. La tercera dimensión, compuesta por dieciocho ítems, mide la frecuencia con la que el docente lleva a cabo una serie de actividades durante su labor. El instrumento final se presenta en el Anexo.

## Conclusiones

A partir del trabajo realizado, se construyó un instrumento para evaluar la identidad docente de profesores de ciencias básicas. Para la propuesta de dimensiones y criterios a evaluar se tuvieron en cuenta las propuestas teóricas de diferentes autores, de manera que se evaluaran las competencias comunicativa, interpersonal, metodológica, de planificación y gestión, de innovación y de trabajo colaborativo, propuestas por Torra (2012, citado en Monereo y Domínguez, 2014), examinadas no solo en cuanto a la aplicación que hace de ellas el docente, sino también al grado de importancia que le otorga.

Así mismo, el instrumento permite evaluar una serie de actividades que el docente debe ejecutar durante sus sesiones de clase, relacionadas con aprender a hacer, aprender a conocer y aprender a ser. El instrumento presentó calificaciones por encima de 3,5 en promedio, sobre una calificación máxima de 4, en todos los ítems en cuanto a tres criterios de calificación: claridad, coherencia y relevancia. El instrumento se adecuó según las recomendaciones de los jueces expertos y se concluye que la prueba tiene adecuada validez de contenido.

## Referencias

- Contreras, C., Monereo, C. y Badia, A. (2010). Explorando en la identidad: ¿cómo enfrentan los docentes universitarios los incidentes críticos que ocurren en las aulas de formación de futuros profesores? *Estudios pedagógicos*, 36(2), 63-81. doi: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052010000200004>
- Furió, C. y Carnicer, J. (2002) El desarrollo profesional del profesor de ciencias mediante tutorías de grupos cooperativos. Estudio de ocho casos. *Enseñanza de las ciencias*, 20(1), 47-74.
- Gargallo, B., Rodríguez, J., Garfella, P. y Fernández, A. (2011). El cuestionario Cemedepu. Un instrumento para la evaluación de la metodología docente y evaluativa de los profesores universitarios. *Estudios sobre educación*, 21. Recuperado de <https://hdl.handle.net/10171/22511>
- Landis, R. y Koch, G. (marzo, 1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33(1), 159-174. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/2529310>
- Marcelo García, C. (enero-junio, 2010). La identidad docente: constantes y desafíos. *Revista interamericana de investigación, educación y pedagogía*, 3(1). Recuperado de [https://www.redalyc.org/pdf/5610/Resumenes/Resumen\\_561058717001\\_1.pdf](https://www.redalyc.org/pdf/5610/Resumenes/Resumen_561058717001_1.pdf)
- Martín-Gutiérrez, Á., Conde-Jiménez, J. y Mayor-Ruiz, C. (2014). La identidad profesional docente del profesorado novel universitario. *Revista de docencia universitaria*, 12(4), 141-160.
- Monereo, C. y Domínguez, C. (2014). La identidad docente de los profesores universitarios competentes. *Revista educación XXI*, 17(2), 83-104. doi: <https://doi.org/10.5944/educxx1.17.2.11480>
- Muñoz, M. y Garay, F. (2015). La investigación como forma de desarrollo profesional docente: retos y perspectivas. *Estudios pedagógicos*, 41(2), 389-399. doi: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052015000200023>
- Torra, I., De Corral, I., Pérez, M., Triadó, X., Pagès, T., Valderrama, E., ... Patiño, J., González, A., Fandos, M., Ruiz, N., Iglesias, M. y Tena, A. (mayo-agosto, 2012). Identificación de competencias docentes que orienten el desarrollo de planes de formación dirigidos a profesorado universitario. *Revista de docencia universitaria*, 10(2), 21-56.

## Anexo

### Instrumento de evaluación de identidad docente

Actualmente se está desarrollando una investigación en la cual se analiza la identidad docente en profesores de ciencias básicas. Agradecemos su valiosa colaboración respondiendo las preguntas que encontrará a continuación de manera sincera y objetiva. Las respuestas son totalmente anónimas y serán usadas solo con fines investigativos.

ACEPTO mi participación voluntaria para responder el instrumento Sí \_\_\_  
No \_\_\_

Datos sociodemográficos
Edad en años cumplidos:
Sexo: hombre (1) mujer (2)
Estado civil: soltero/a (1) casado/a (2) unión libre (3) separado/a (4) viudo/a (5)
Profesión: físico/a (1) matemático/a (2) estadístico/a (3) químico (4) licenciado/a en física (5) licenciado/a en matemáticas (6) licenciado/a en estadística (7) licenciado/a en química (8) Otra (9)
Máximo nivel de estudios: pregrado (1) especialización (2) maestría (3) doctorado (4) postdoctorado (5)

Califique cada una de las siguientes competencias asignando valores entre 1 y 5, teniendo en cuenta que la escala aumenta en proporcionalidad a la aplicación, donde 1 corresponde a la que usted otorga menor aplicabilidad y 5 a la más aplicada, en el desarrollo de sus labores como docente de ciencias básicas:

Competencia	1	2	3	4	5
Explico con claridad y convicción, facilitando la comprensión de los contenidos.					
Fomento el pensamiento reflexivo y crítico.					
Tengo en cuenta el compromiso ético con mi profesión.					
Planifico de manera coherente los objetivos y las estrategias de enseñanza y evaluación.					
Diseño y ejecuto estrategias de enseñanza y evaluación con el fin de mejorar mi labor docente buscando garantizar los aprendizajes.					
Incluyo cambios en mi labor con procesos y experiencias con el fin de mejorar la calidad docente.					
Favorezco la dinámica del trabajo colaborativo.					

Califique el grado de importancia que para usted tiene cada una de las siguientes competencias asignando valores entre 1 y 5, teniendo en cuenta que 1 corresponde a un menor valor de importancia y 5 a la que usted considera más importante en el desarrollo de sus labores como docente de ciencias básicas:

Competencia	1	2	3	4	5
Explico con claridad y convicción, facilitando la comprensión de los contenidos.					
Fomento el pensamiento reflexivo y crítico.					
Tengo en cuenta el compromiso ético con mi profesión.					
Planifico de manera coherente los objetivos y estrategias de enseñanza y evaluación.					
Diseño y ejecuto estrategias de enseñanza y evaluación con el fin de mejorar mi labor docente buscando garantizar los aprendizajes.					
Incluyo cambios en mi labor con procesos y experiencias con el fin de mejorar la calidad docente.					
Favorezco la dinámica del trabajo colaborativo.					

Califique cada una de las siguientes afirmaciones de acuerdo con la frecuencia con la que realiza las actividades en el desarrollo de su labor docente:

Tenga en cuenta la siguiente escala: nunca (1), casi nunca (2), algunas veces (3), casi siempre (4) y siempre (5).

Competencia	1 (nunca)	2 (casi nunca)	3 (algunas veces)	4 (casi siempre)	5 (siempre)
Preparo las clases con anterioridad a cada sesión.					
Hago revisión periódica del contenido del programa o parcelador para garantizar el cumplimiento de los objetivos.					
Propongo talleres-ejercicios-guías para ser desarrolladas por los estudiantes.					
Preparo las evaluaciones con anterioridad, corroborando que la información proporcionada esté completa, sea coherente con lo trabajado en clase y se cumplan los lineamientos establecidos por el departamento de ciencias básicas.					
Preparo las evaluaciones teniendo en cuenta las competencias del grupo de estudiantes.					

Competencia	1 (nunca)	2 (casi nunca)	3 (algunas veces)	4 (casi siempre)	5 (siempre)
Tengo en cuenta las opiniones de mis colegas para proponer el material de trabajo a desarrollar con los estudiantes.					
Evidencio un constante interés por mantenerme actualizado en educación.					
Evidencio un constante interés por mantenerme actualizado en mi área de conocimiento.					
Realizo investigación relacionada con los procesos educativos y/o con mi área de enseñanza.					
Consulto investigaciones actuales relacionadas con procesos educativos y/o con mi área de enseñanza, con el fin de modificar y mejorar mi labor docente.					
La labor que realizo como docente es importante.					
Tengo los conocimientos pedagógicos necesarios para desarrollar los cursos a mi cargo.					
Poseo los conocimientos disciplinares necesarios para desarrollar los cursos a mi cargo.					
Me relaciono de manera cordial y respetuosa con mis colegas.					
Me relaciono de manera cordial y respetuosa con los estudiantes.					
Mi presentación personal es la adecuada y corresponde a mi rol de formador.					
Me preocupo por actualizar las estrategias de enseñanza, buscando que estas den cuenta de un verdadero aprendizaje por parte de los estudiantes, a la vez que permiten dinamizar su práctica educativa.					
Tengo en cuenta los valores o intereses de los estudiantes en el proceso de enseñanza aprendizaje.					

# Estudio DFT y QTAIM de moléculas orgánicas (PAZ, CHR, TCNQ, PTZ, PMA y BINA) con posible aplicación en electrónica molecular

Emilbus A. Uribe\*, Gabriel Fernando Acevedo-Amaya\*\*

## Resumen

Se hicieron cálculos UB3LYP con las bases DGDZVP y 6-311G(d) para estudiar seis moléculas orgánicas (PAZ, CHR, TCNQ, PTZ, PMA y BINA). Se usó la teoría cuántica de átomos en moléculas (QTAIM) para describir los tipos de enlace químico presentes en estas moléculas. Las energías de interacción se correlacionaron con los valores de la densidad electrónica, la densidad de energía potencial y el laplaciano de la densidad en los puntos críticos de enlace (BCP). Las interacciones C-S, C-N, C-C, C-O y C-H se clasificaron como capa compartida y los enlaces S-S, como capa cerrada usando el laplaciano de  $\rho(\mathbf{r})$ . Cuando se consideró la relación  $|V(\mathbf{r})|/G(\mathbf{r})$ , se clasificaron las interacciones S-S como capa cerrada intermedia.

*Palabras clave:* electrónica molecular, teoría de los funcionales de la densidad, teoría cuántica de átomos en moléculas.

\* Docente del Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Santo Tomás. Correo electrónico: emilbusuribe@usantotomas.edu.co

\*\* Docente del Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Santo Tomás, Bogotá. Correo electrónico: gabrielacevedo@usantotomas.edu.co

# A DFT and QTAIM Study of Organic Molecules (PAZ, CHR, TCNQ, PTZ, PMA and BINA) with Possible Application in Molecular Electronic

## Abstract

UB3LYP calculations with the DGDZVP and 6-311G(d) basis sets have been used to study 6 organic molecules (PAZ, CHR, TCNQ, PTZ, PMA and BINA). Bader's Quantum Theory of Atoms in Molecules (QTAIM) has been used for describing different types of chemical bonding present in these molecules. Interactions energies were correlated with the values of the electron density, the potential energy density, and the Laplacian of the density at the bond critical points (BCPs). The C-S, C-N, C-C, C-O y C-H interactions were classified as shared shell and the S-S bonds as closed shell using the Laplacian of  $\rho(r)$ . When it was considered the ratio  $|V(r)|/G(r)$ , we could classify the S-S interactions as transit closed shell.

*Keywords:* molecular electronics, density functional theory (DFT), quantum theory of atoms in molecules (QTAIM).

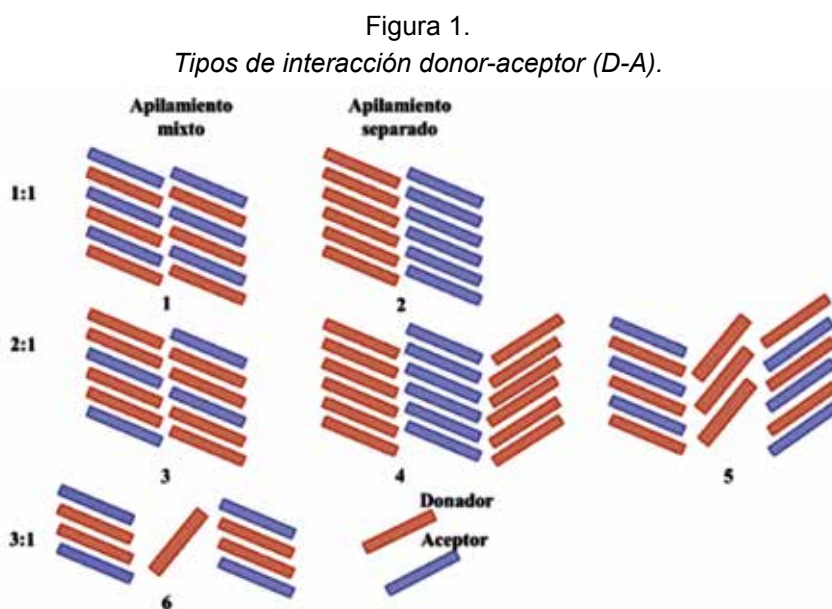
## Introducción

La electrónica molecular es un área de investigación en desarrollo que busca usar moléculas orgánicas, que puedan comportarse como materiales conductores y semiconductores, en dispositivos electrónicos (Heath y Ratner, 2003).

Los estudios relacionados con los semiconductores orgánicos (SO) iniciaron en la década del setenta, cuando Shirakawa en colaboración con Louis, MacDiarmid, Chiang y Heeger (1977) descubrieron que moléculas orgánicas podían conducir la electricidad. Por sus investigaciones y la importancia de su descubrimiento, entre otras, se hicieron merecedores del premio Nobel de Química en el año 2000. Hoy, se conoce que los SO tienen flexibilidad mecánica y estructural, bajo peso y facilidad de fabricación y ensamblaje respecto a los semiconductores inorgánicos (Chen, Bai, Wang, Zhang y Tang, 2015). Estas y otras ventajas han hecho que

el diseño, la síntesis y el uso de semiconductores orgánicos (SO) sean objeto de numerosos estudios teóricos y experimentales.

Los SO están formados por agregados moleculares orgánicos en los que unas moléculas actúan como donador, que absorbe el fotón y que a continuación deberá ceder el electrón a un segundo material orgánico denominado aceptor (Pérez, 2016). En cuanto a la forma física de la interacción donador-aceptor (D-A), se conoce que ocurre por medio de un: a) apilamiento mixto, o b) apilamiento separado en proporciones 1:1, 2:1 y 3:1, como se muestra en la Figura 1.



Fuente: Zhang, J., Xu, W., Sheng, P., Zhao, G. y Zhu, D. (junio, 2017). Organic Donor-Acceptor Complexes as Novel Organic Semiconductors. *Accounts of Chemical Research*, 50(7). Recuperado de <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.accounts.7b00124>, p. 1656.

Para que la unión D-A sea eficaz es necesario que: a) la energía del fotón incidente sea mayor que la diferencia de energía entre los orbitales HOMO-LUMO del material orgánico (HOMO, de su nombre en inglés highest occupied molecular orbital, y LUMO, lowest unoccupied molecular orbital). Para ello se requieren materiales orgánicos semiconductores con diferencias de energía HOMO-LUMO inferiores 2eV (Pérez, 2016); b) las moléculas que actúan como donador y aceptor deben ser polímeros conjugados que permitan una alta movilidad electrónica o cercana a la de uno inorgánico como el silicio monocristalino, que es de  $1500\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$  (Pérez, 2016).

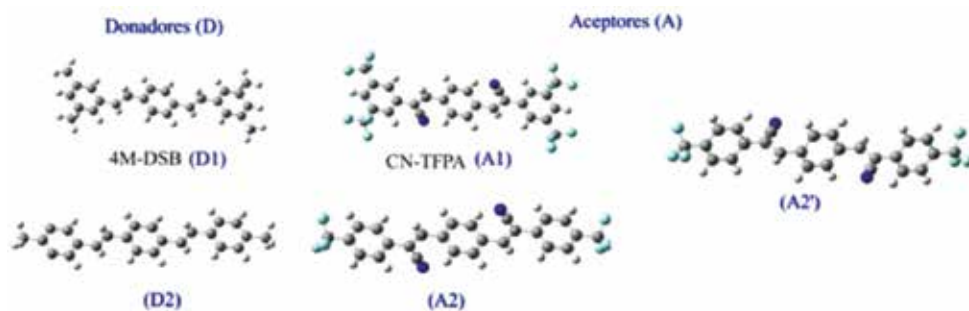
El P3HT (poli(3-hexiltiofeno)) es uno de los polímeros donadores más estudiados. Su movilidad electrónica es de  $1 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$  (Pérez, 2016). Aunque no se conocen estudios de polímeros orgánicos con una movilidad del orden de la del silicio, sí se conoce otro tipo de polímeros como el 4M-DSB y el CN-TFPA (Figura 2), que tienen una movilidad mayor que la del P3HT, lo que motiva aún más la búsqueda de una combinación D-A más eficiente en cuanto a movilidad electrónica se refiere.

En el año 2013, Park y otros autores (2013) estudiaron las interacciones entre el 4M-DSB y el CN-TFPA que actúan como donador y aceptor, respectivamente, en un apilamiento 1:1 (Figura 2). Encontraron que el ensamblaje molecular D-A es promovido por las transformaciones isométricas y por las interacciones de tipo coulomb y puentes de hidrógeno que ocurren entre ellas.

En el año 2015, Chen y colaboradores (2015) hicieron un estudio teórico utilizando el funcional B3LYP de la teoría de los funcionales de la densidad DFT (de sus siglas en inglés, density functional theory) y la base 6-311G(d), para estudiar teóricamente la combinación de moléculas donador-aceptor estudiada por Park y otros autores (2013) (4M-DSB y el CN-TFPA) y la combinación D2-A2 y D2-A2' que se muestran en la Figura 2. Como resultado, se logró una mejor comprensión de la interacción D-A de cada uno de estos sistemas; la combinación D1-A1 es el mejor material que permitió una mayor movilidad electrónica.

Figura 2.

*Moléculas orgánicas donadoras yceptoras estudiadas por Park y colaboradores*



Fuente: Chen et al. (2015). The Impact of Molecular Stacking Interactions on the Electronic Structure and Charge Transport Properties in Distyrylbenzene (DSB-) Based D-A Complexes: a Theoretical Study. *Royal Society of Chemistry Advances*, 5(59), p. 47682.

El color celeste representa átomos de flúor, el azul oscuro los átomos de nitrógeno, el gris oscuro átomos de carbono y el gris claro los átomos de hidrógeno.

Geng, Zheng, Shuai, Zhu y Yi (2015) estudiaron las combinaciones entre un donador que puede ser TCNQ o el PMA y entre aceptadores como el CHR, PAZ, PTZ (Figura 3) y encontraron que la transferencia de carga depende del alineamiento entre las dos moléculas; en otras palabras, del tipo de interacción química que ocurre entre ellas.

Conscientes de la importancia del estudio de las interacciones intermoleculares presentes en estos sistemas, en 2016 adelantamos un estudio en el que se hizo la caracterización del enlace químico presente entre el P3HT y el PCBM. Se encontró que entre ellos ocurre una interacción no covalente (capa cerrada) que involucra átomos de hidrógeno (Rodríguez, Matta, Uribe, Götz, Castillo-Alvarado y Molina, 2016). Esta interacción fue caracterizada con parámetros de la densidad electrónica en los puntos críticos de enlace (3,-1) (Bader, 1994).

En este trabajo se hizo la optimización y la caracterización de las interacciones químicas presentes en los monómeros PAZ, CHR, TCNQ, PTZ y PMA. Se halló la estructura de mínima energía de cada uno de ellos y se clasificaron sus enlaces químicos de acuerdo con la teoría QTAIM (de sus siglas en inglés, quantum theory of atoms in molecules), de Richard Bader (1994).

Figura 3.

*Moléculas orgánicas donadoras yceptoras de electrones estudiadas por Geng y colaboradores*



Fuente: Geng, H., Zheng, X., Shuai, Z., Zhu L. y Yi, Y. (diciembre, 2015). Understanding the Charge Transport and Polarities in Organic Donor–Acceptor Mixed-Stack Crystals: Molecular Insights from the Super-Exchange Couplings. *Advanced Materials*, 27(8), p. 2.

El color amarillo representa átomos de azufre, el rojo los átomos de oxígeno, el azul oscuro los átomos de nitrógeno, el gris oscuro átomos de carbono y el gris claro los átomos de hidrógeno.

Por otro lado, también se abordó el estudio de sistemas químicos que son considerados como nanoalambres del tipo SAM (de sus siglas en inglés, self assembled monolayer).

Los SAM están formados por el autoensamblaje de un grupo de moléculas orgánicas entre dos electrodos metálicos, en algunas ocasiones de Au (Karthäuser, 2011). Experimentalmente, la adsorción y la desorción de moléculas orgánicas azufradas adsorbidas sobre superficies metálicas de oro ha sido estudiada (Gautier, Taras, Gladiali y Bürgi, 2008), pero los trabajos teóricos en esta área son pocos y son aún más escasos los relacionados con la caracterización química de las interacciones cúmulo-molécula orgánica azufrada-cúmulo (Krüger, Fuchs, Rousseau, Marx y Parrinello, 2001).

En el año 2016 también estudiamos los sistemas  $Au_4-S-C_nH_{2n}-S'-Au_4'$  con  $n=2-5$  haciendo uso de las teorías DFT y QTAIM. Se optimizaron las geometrías de estos sistemas y se clasificaron las estructuras optimizadas como mínimos o estados de transición. Para los mínimos se hizo caracterización del enlace químico y se encontró, entre otras cosas, que las interacciones Au-Au y S-Au son del tipo capa cerrada (no covalente) y que esta unión puede ocurrir geoméricamente de cuatro formas (Rodríguez, Uribe, Baltazar-Méndez, Autschbach, Castillo-Alvarado y Gutiérrez-González, 2016).

En este trabajo se presentan los resultados de las geometrías optimizadas de moléculas orgánicas tipo BINA que han sido consideradas como posibles moléculas orgánicas a participar en sistemas SAM y que han sido experimentalmente estudiadas con cúmulos de Au (Gautier et al., 2008). También se exponen los resultados de la caracterización del enlace químico de los sistemas aislados BINA.

## Metodología

### Optimización geométrica

#### *Sistema donador-aceptor molécula orgánica*

Se utilizó el funcional UB3LYP y la base 6-311G(d) implementados en el programa Gaussian09 para optimizar las geometrías de los monómeros PAZ, TCNQ, PTZ, CHR y PMA y del dímero PMA-PAZ y PMA-PTZ.

### *Sistema Au<sub>4</sub>-BINA*

Para el cálculo de las moléculas orgánicas del tipo BINA se utilizó el funcional UB3LYP y la base DGDZVP, también implementados en Gaussian09.

Para todos los sistemas de estudio se hizo un análisis termoquímico y, de acuerdo con los valores de la frecuencia, se clasificaron como mínimos o estados de transición de primer orden.

### Caracterización de las interacciones químicas

Para los sistemas donador-aceptor se obtuvieron las superficies de densidad electrónica  $\rho(\mathbf{r})$  con la función de onda UB3LYP/6-311G(d) y el programa AIM2000 (Biegler-König y Schönbohm, 2002) y para los sistemas Au<sub>4</sub>-BINA se utilizó la función de onda B3LYP/DGDZVP para las BINA.

Se verificó que las superficies tuvieran una topología correcta, es decir, que cumplieran con la relación de Poincaré-Hopf:  $n-b+r-c=1$  (donde  $n$  es el número de atractores nucleares (3,-3) y  $b$ ,  $r$  y  $c$  son el número de puntos críticos de enlace (3,-1), anillo (3,+1) y caja (3,+3), respectivamente (Bader, 1994). Después se hizo un análisis topológico de  $\rho(\mathbf{r})$  de cada uno de los sistemas y se extrajeron las propiedades topológicas de  $\rho(\mathbf{r})$  en los puntos críticos de enlace (3,-1) como: densidad electrónica  $\rho(\mathbf{r})$ , laplaciano de la densidad electrónica ( $\nabla^2\rho(\mathbf{r})$ ), densidad de energía cinética ( $G(\mathbf{r})$ ) y densidad de energía potencial ( $V(\mathbf{r})$ ) (Espinosa, Alkorta, Elguero y Molins, 2002).

Con base en el signo del  $\nabla^2\rho(\mathbf{r})$  y los valores de densidad de energía total  $H(\mathbf{r})$  ( $H(\mathbf{r})=G(\mathbf{r})+V(\mathbf{r})$ ) en el punto crítico de enlace (3,-1) y la magnitud  $|V(\mathbf{r})|/G(\mathbf{r})$ , se clasificaron las interacciones como interacciones de capa compartida pura, capa cerrada intermedia y capa cerrada pura (Uribe, Daza y Villaveces, 2010); (Uribe, Daza, Villaveces y Delgado, 2009).

## Resultados y discusión

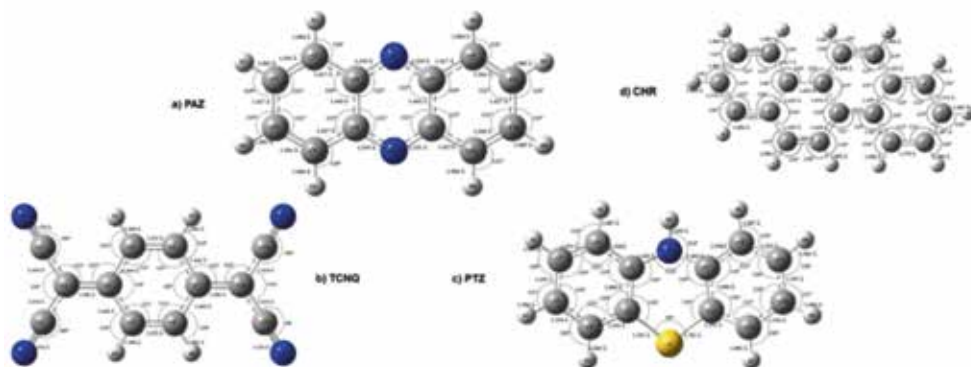
### Optimización geométrica

#### *Sistema donador-aceptor molécula orgánica*

Se optimizaron las geometrías de los monómeros PAZ, TCNQ, PTZ, CHR (Figura 4) y PMA (Figura 5) utilizando el nivel de teoría B3LYP/6-311G(d) implementado en Gaussian09. Se encontró que todos los monómeros TCNQ, PMA, CHR, PAZ y PTZ tienen geometrías planas con longitudes de enlace C-H de aproximadamente 1.08Å, C-C de 1.4Å, C-N de 1.3Å, C-S de 1.8Å y C-O de 1.8Å.

Figura 4.

*Parámetros geométricos optimizados para PAZ, TCNQ, PTZ y CHR*

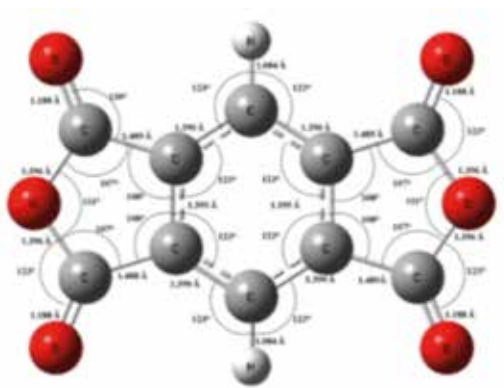


Fuente: elaboración propia.

El color amarillo representa átomos de azufre; el azul oscuro, los átomos de nitrógeno; el gris oscuro, átomos de carbono, y el gris claro, los átomos de hidrógeno.

También se halló que los monómeros TCNQ, PMA, CHR, PAZ y PTZ son mínimos con valores positivos de frecuencias de vibración. El monómero más estable energéticamente es PTZ, seguido de PMA; el PAZ es el menos estable de los cinco. Las diferencias entre el monómero PTZ y el PMA, CHR, TCNQ y PAZ son de 2229eV, 6053eV, 6450eV y 9362eV, respectivamente.

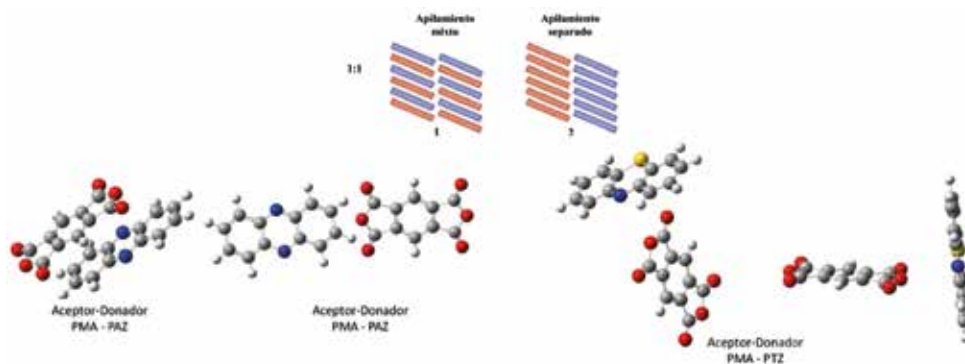
Figura 5.  
Estructura optimizada del monómero PMA



Fuente: elaboración propia.

El color rojo representa átomos de oxígeno; el gris oscuro, los átomos de carbono, y el gris claro, los átomos de hidrógeno.

Figura 6.  
Dímeros PMA-PAZ y PMA-PTZ considerados en este estudio



Fuente: elaboración propia.

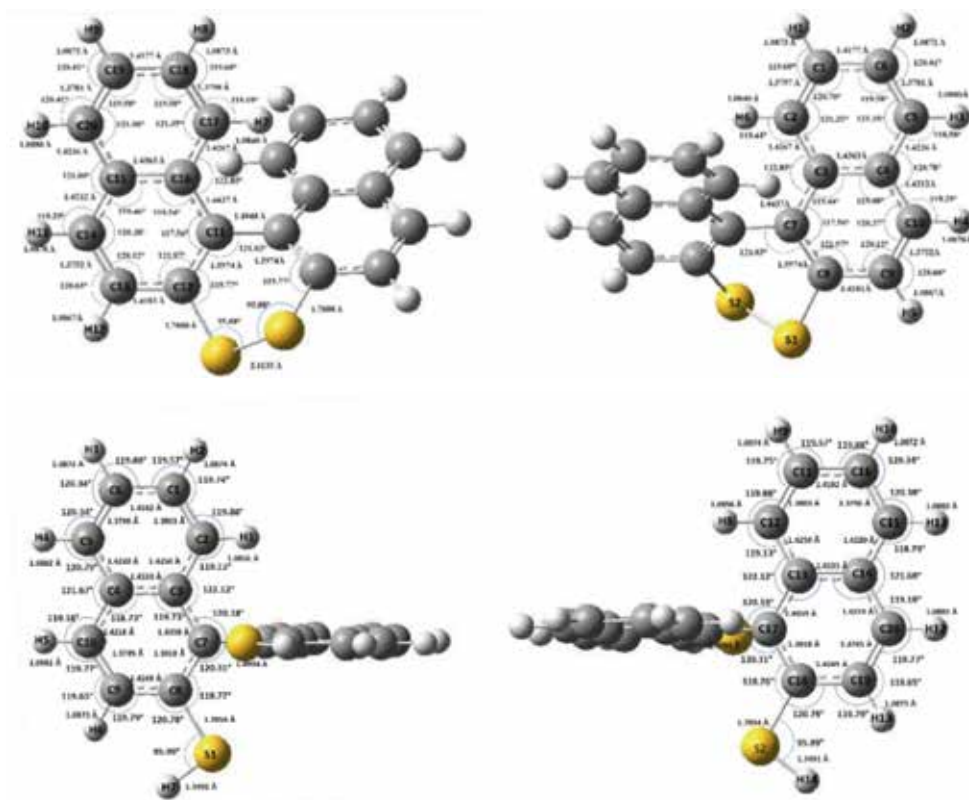
### Sistema $Au_4$ -BINA

Se optimizaron las geometrías de dos isómeros del tipo BINA (Figura 7) utilizando el nivel de teoría UB3LYP/DGDZVP implementado en el programa Gaussian09. Las longitudes de enlace C-C tienen valores promedio de aproximadamente 1.4Å, mientras que las longitudes C-H son de aproximadamente 1.1Å.

El isómero 2 (con uniones S-S) es menos estable energéticamente que el isómero 1 (sin uniones S-S) de la Figura 7 por 32,72eV.

Figura 7.

*El isómero 2 (con uniones S-S) se muestra en la parte de arriba y el isómero 1 (sin uniones S-S) en la parte de abajo*



Fuente: elaboración propia.

## Caracterización de las interacciones químicas

Se determinaron los valores de densidad electrónica ( $\rho(r)$ ), laplaciano de la densidad electrónica ( $\nabla^2\rho(r)$ ), densidad de energía cinética ( $G(r)$ ), densidad de energía potencial ( $V(r)$ ), densidad de energía total  $H(r)$  ( $H(r)=G(r)+V(r)$ ) y las relaciones  $|V(r)|/G(r)$  y  $H(r)/\rho(r)$  en el punto crítico de enlace (3,-1) para las interacciones presentes tanto en los sistemas a) donador-aceptor, y b)  $Au_4$ -BINA.

Los resultados muestran que las interacciones C-S, C-N, C-C, C-O y C-H presentes en los sistemas se clasifican como capa compartida pura con valores superiores a 2 para la relación  $|V(\mathbf{r})|/G(\mathbf{r})$ , mientras que la interacción S-S presente en el isómero 2 BINA es del tipo capa cerrada intermedia con valores de  $|V(\mathbf{r})|/G(\mathbf{r})$  entre 1 y 2.

Los valores para la  $\rho(\mathbf{r})$  en el punto crítico de enlace (3,-1) las interacciones C-S, C-N, C-C, C-O y C-H varían entre 0,189u.a y 0,309u.a. Las interacciones C-C son las que tienen mayores valores de  $\rho(\mathbf{r})$  y las C-S son las de menor valor de  $\rho(\mathbf{r})$  lo que tiene relación con los valores de las longitudes de enlace C-C y C-S. Cuanta mayor longitud de enlace (C-S de 1.787Å), menor valor de  $\rho(\mathbf{r})$  y cuanta menor longitud de enlace (C-C de 1.3Å), mayor valor de  $\rho(\mathbf{r})$ .

## Conclusiones

Los monómeros TCNQ, PMA, CHR, PAZ y PTZ son planos con longitudes de enlace C-H de aproximadamente 1,08Å, C-C de 1,4Å, C-N de 1,3Å, C-S de 1,8Å y C-O de 1,8Å. Los sistemas isoméricos del tipo BINA no son planos y se observa que, a pesar de tener el mismo número de átomos, en uno el enlace S-S está presente y en el otro no.

El monómero más estable es PTZ y es 2229eV, 6053eV, 6450eV y 9362eV más estable que PMA, CHR, TCNQ y PAZ, respectivamente. Para el caso de las BINA el isómero con uniones S-S es menos estable que el que no presenta interacción S-S.

Las interacciones C-S, C-N, C-C, C-O y C-H presentes en los monómeros TCNQ, PMA, CHR, PAZ y PTZ y en las BINA se clasifican como capa compartida pura con valores superiores a 2 para la relación  $|V(\mathbf{r})|/G(\mathbf{r})$ . La única interacción del tipo capa cerrada intermedia con valores de  $|V(\mathbf{r})|/G(\mathbf{r})$  entre 1.

## Referencias

- Bader, R. (1994). *Atoms in molecules: A Quantum Theory*. Oxford: Clarendon Press.
- Biegler-König, F. y Schönbohm, J. (2002). Update of the AIM2000-Program for Atoms in Molecules. *Journal of Computational Chemistry*, 23(15), 1489-1494.

- Chen, X., Bai, F., Wang, H., Zhang, H. y Tang, Y. (2015). The Impact of Molecular Stacking Interactions on the Electronic Structure and Charge Transport Properties in Distyrylbenzene (DSB-) Based D-A Complexes: a Theoretical Study. *Royal Society of Chemistry Advances*, 5(59), 47681-47691.
- Espinosa, E., Alkorta, I., Elguero, J. y Molins, E. (2002). From Weak to Strong Interactions: A Comprehensive Analysis of the Topological and Energetic Properties of the Electron Density Distribution Involving X-H...F-Y Systems. *The Journal of Chemical Physics*, 117(12), 5529-5542.
- Gautier, C., Taras, R., Gladiali, S. y Bürgi, T. (marzo, 2008). Chiral 1,1'-Binaphthyl-2,2'-Dithiol-Stabilized Gold Clusters: Size Separation and Optical Activity in the UV-Vis. *Chirality*, 20(3-4), 486-493.
- Geng, H., Zheng, X., Shuai, Z., Zhu L. y Yi, Y. (diciembre, 2015). Understanding the Charge Transport and Polarities in Organic Donor-Acceptor Mixed-Stack Crystals: Molecular Insights from the Super-Exchange Couplings. *Advanced Materials*, 27(8), 1443-1449.
- Heath, J. y Ratner, M. (Mayo, 2003). Molecular Electronics. *Physics Today*, 56(5), 43.
- Karthäuser, S. (enero, 2011). Control of Molecule-Based Transport for Future Molecular Devices. *Journal of Physics: Condensed Matter*, 23(1).
- Krüger, D., Fuchs, H., Rousseau, R., Marx, D. y Parrinello, M. (septiembre, 2001). Interaction of Short-Chain Alkane Thiols and Thiolates with Small Gold Clusters: Adsorption Structures and Energetics. *Journal of Chemical Physics*, 115(10), 4776-4786.
- Park, S., Varghese, S., Kim, J., Yoon, S., Kwon, O., An, B. y Gierschner, J. (marzo, 2013). Tailor-Made Highly Luminescent and Ambipolar Transporting Organic Mixed Stacked Charge-Transfer Crystals: An Isometric Donor-Acceptor Approach. *Journal of the American Chemical Society*, 135(12), 4757-4764.
- Pérez, M. (2016). *Diseño y síntesis de semiconductores orgánicos, con capacidad de organización, alta movilidad de portadores de carga y bajo band GAP*. (Tesis de pregrado). Recuperada de Archivo Digital Universidad Politécnica de Madrid.
- Rodríguez, J., Matta, C., Uribe, E., Götz, A., Castillo-Alvarado, F. y Molina, B. (enero, 2016). A QTAIM Topological Analysis of the P3HT-PCBM Dimer. *Chemical Physics Letters*, 644(16), 157-162.
- Rodríguez, J., Uribe, E., Baltazar-Méndez, M., Autschbach, J., Castillo-Alvarado, F. y Gutiérrez-González, I. (2016). Size Evolution Relativistic DFT-QTAIM Study on the Gold Cluster Complexes  $Au_4-S-C_n-C_{2n}-S'-Au_4'$  ( $n=2-5$ ). *Chemical Physics Letters*, 660, 287-294.

- Shirakawa, H. Louis, E., MacDiarmid, A., Chiang, C. y Heeger, A. (1977). Synthesis of Electrically Conducting Organic Polymers: Halogen Derivatives of Polyacetylene,  $(CH)_x$ . *Journal of the Chemical Society, Chemical Communications* (16), 578-580.
- Uribe, E., Daza, M., Villaveces, J. y Delgado, S. (junio, 2009). On the Nature of Copper-Hydrogen Bonding: AIM and NBO Analysis of  $CuH_n(1 < n < 6)$  Complexes. *International Journal of Quantum Chemistry*, 110(3), 524-531.
- Uribe, E., Daza, M. y Villaveces, J. (2010).  $CoH_n$  ( $n=1-3$ ): Classical and Non-Classical Cobalt Polyhydride. *Chemical Physics Letters*, 490(4-6), 143-147.
- Zhang, J., Xu, W., Sheng, P., Zhao, G. y Zhu, D. (junio, 2017). Organic Donor-Acceptor Complexes as Novel Organic Semiconductors. *Accounts of Chemical Research*, 50(7). Recuperado de <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.accounts.7b00124>



Editado por la Universidad Católica de Colombia  
en diciembre de 2020.

Tipografía Garamond, tamaño 12 pts.

Publicación digital: Hipertexto Ltda.

*Sapientia aedificavit sibi domum*

Bogotá, D. C., Colombia.



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
de Colombia  
Vigilada Mineducación

Alrededor del fenómeno de la deserción, en adelante abandono, existen factores, académicos, sociales, económicos y culturales que deben ser investigados, estudiados y retroalimentados desde las perspectivas teóricas que ofrece la investigación en educación, de tal manera, que permitan vislumbrar nuevas rutas que conduzcan a resultados asertivos, en cuanto a metodologías, no solo de clase, sino también de acompañamiento académico, para hacerle frente. El fenómeno del abandono en la educación superior quizá obliga a repensar no sólo el sistema educativo, sino la formación profesional contextual, para que garanticen profesionales comprometidos con el desarrollo social y económico local, regional y nacional.

En este sentido, las memorias del Cuarto encuentro presentan los trabajos desarrollados por la comunidad de especialistas, que no centra todo su esfuerzo en pensar el abandono, sino que ha explorado diferentes líneas o campos de indagación, desde metodologías de investigación, formación de profesores hasta abordar el campo de la aplicación de las ciencias básicas en el campo de formación profesional.

Este ha sido un esfuerzo conjunto que ha reunido a varias universidades para trabajar en pro de encontrar caminos alternativos con el fin de hacerle frente a este fenómeno. De ahí que estas Instituciones de Educación Superior (IES) estén en el proceso de consolidación de la Red de Departamentos de Ciencias Básicas. Dicha red es presidida por el editor de estas memorias, el profesor Fredy Ramón Garay Garay, quien hace extensiva la invitación a leer los artículos resultado de investigación y reflexión, y también los invita a ser parte de la red de departamentos y de la comunidad académica que se ha consolidado alrededor de este y otros fenómenos que se presentan en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias básicas a nivel universitario.

