



# **IMPLEMENTACIÓN DE RUBRICAS COMO INSTRUMENTO DE AUTOEVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA EN EL AULA**

**Sandra Milena Naranjo Ríos, Sandra Adela Torijano Gutiérrez, Pedronel Araque Marín, Nicolás Arango Londoño**

**Universidad EIA  
Envigado, Colombia**

## **Resumen**

Entre los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Química, la negociación y el intercambio de significados entre profesor-estudiante y estudiante-estudiante constituyen un eje primordial para la adquisición de un aprendizaje significativo que no se produce de manera repentina, sino que se trata de un proceso que toma tiempo, dado que se promueve con mayor facilidad en la medida que el estudiante tenga encuentros con situaciones y contenidos similares de los que puede abstraer conceptos. Aunque la autoevaluación no es una práctica habitual y el desconocimiento de su utilidad pedagógica en el aula de clase ha fomentado una fragmentación en el proceso evaluativo, nos lleva a reflexionar sobre la importancia de la construcción de materiales potencialmente significativos donde se suministre información precisa acerca de los aspectos y/o indicadores que se consideran en una evaluación y de esta forma el estudiante pueda evaluar continuamente su propio aprendizaje, registrar e interpretar objetivamente la información que el proceso evaluativo suministra, para que puedan tomar decisiones oportunas que garanticen el mejoramiento en su proceso formativo. La experiencia que se presentará consistió en la construcción de una rúbrica como instrumentos de autoevaluación del examen parcial del curso de Química General e Inorgánica de la Universidad EIA. La rúbrica basada en objetivos de aprendizaje, aspectos a evaluar, descriptores, escala de calificación y criterios fue implementada durante el periodo académico 2016-2, la propuesta facilitó la autocalificación de desempeño de los estudiantes de primer semestre de ingeniería, no solo sobre lo que aprendieron, sino también de cómo lo aprendieron y las competencias desarrolladas en el proceso. La implementación del proceso de autoevaluación no evidenció diferencia estadística significativa dentro de los grupos, tampoco se presentó diferencia estadística significativa entre grupos (p-

valor = 0,522), presentando un 93.46 % de variación de la nota del estudiante explicada por la variación en la nota asignada por el profesor.

**Palabras clave:** autoevaluación, rubrica; química; enseñanza-aprendizaje

### **Abstract**

*Among the teaching-learning processes of chemistry, negotiation and the meaning's exchange between teacher-student and student-student constitute the primordial axis for the acquisition of a significant learning that does not happen suddenly, but is about a process that takes time, since it is promoted with greater ease to the extent that the student has encounters with situations and similar contents from which he can abstract concepts. Although the self-auto evaluation is not the usual practice and the lack of knowledge of its pedagogical utility in the classroom has fostered fragmentation in the evaluative process, it leads us to reflect on the importance of the aspects and / or indicators that are considered in an evaluation and in this way the student can continuously evaluate their own learning, register and interpret objectively the information that the evaluation process provides, so that they can make timely decisions that guarantee the improvement in their formative process. The experience that was presented consisted in the construction of a rubric as instruments of self-evaluation for the partial test of General and Inorganic Chemistry's course of the Universidad EIA. The rubric based on learning objectives, aspect to be evaluated, descriptors, rating scale and criteria was implemented during the academic period 2016-2. The proposal facilitated the self-qualification of the first semester students of engineering, not only about what they learned, but also how they learned it and the competencies developed in the process. The implementation of the self-evaluation process did not show the significant statistical difference within the groups, nor was the significant statistical difference between the groups ( $p$ -value = 0.522), showing 93.46% of the variation of the student's variation in the note assigned by the teacher.*

**Keywords:** self-evaluation, rubric; chemistry; teaching-learning

## **1. Introducción**

La evaluación no puede limitarse a una prueba centrada en la repetición de contenidos que pretende valorar el grado de aprendizaje de los estudiantes, debe brindar otro horizonte con relación a la calificación tradicional, es decir una herramienta válida para el proceso de enseñanza-aprendizaje. Actualmente, no es clara la participación de los estudiantes en la evaluación de su propio proceso de aprendizaje o el que la valoración del aprendizaje debe ser una responsabilidad compartida por los protagonistas en el aula.

El desarrollo de prácticas evaluativas justas y que sean además transparentes, siguiendo principios democráticos, es decir participativos e incluyentes; se volverían indispensables en los lineamientos a seguir en el diseño de procedimientos de un

sistema de evaluación que garantice un impacto positivo en los procesos de enseñanza-aprendizaje, el cual se puede traducir en una evaluación para el aprendizaje y debe ser el principal objetivo que guíe todo evento evaluativo en el aula (Picón, 2013), esta metamorfosis trae modificaciones en el proceso de evaluación considerando que la evaluación no puede limitarse a un solo tipo de prueba centrada en la repetición de contenidos y que pretenda solo alcanzar una calificación (Cano, 2008).

Un instrumento de evaluación basado en una escala cualitativa y/o cuantitativa asociada a criterios que puedan medir las acciones de los estudiantes sobre los aspectos de las actividades que serán evaluadas (Torres, Perera, 2010) y desde estos criterios, poder juzgar, valorar, calificar y conceptualizar sobre un determinado aspecto del proceso, existiendo una conexión entre la enseñanza y la evaluación, es decir, una concordancia entre lo que se está enseñando y lo que se está midiendo (Williams, 2003). La escala holística presenta una descripción general de los diferentes niveles de logro esperado en el desempeño de los estudiantes respecto a una tarea determinada. La escala analítica describe cada uno de los elementos del marco definido como constructo para cada nivel de logro de la escala, siendo estas más efectivas en procesos de evaluación en el aula dado que posibilita una realimentación detallada, descriptiva y dialógica entre el profesor y el estudiante (Gipps, 1999).

La experiencia consistió en la construcción de una rúbrica como instrumentos de autoevaluación del examen parcial del curso de Química General e Inorgánica de la Universidad EIA. La rúbrica basada en objetivos de aprendizaje, aspectos a evaluar, descriptores, escala de calificación y criterios fue implementada durante el periodo académico 2016-2.

## 2. Metodología

El diseño e implementación de la rúbrica se desarrolló en cuatro fases como se plantean a continuación:

### **Fase de preparación de la estrategia docente**

A partir de los contenidos del curso de Química General e Inorgánica se definieron los objetivos de aprendizaje y de esta forma se identificaron los criterios de evaluación y/o cualidades específicas observables en el proceso realizado por los estudiantes, estableciendo diferentes niveles y asignando un porcentaje de la calificación final (Malini, Andrade, 2010).

### **Fase de diseño de la rúbrica**

Se utilizó una rúbrica tipo analítica (Gatica, Urribarren, 2013), dado que esta puede utilizarse para determinar el estado del desempeño, debilidades y permite que los estudiantes conozcan lo que requieren para mejorar (Shipman et al., 2012). La rúbrica fue diseñada para el examen parcial de la asignatura Química General e Inorgánica.

### Fase de construcción de las rúbricas

Para la construcción de la rúbrica examen parcial se tuvieron en cuenta los siguientes contenidos: balanceo de ecuaciones, nomenclatura inorgánica, estequiometría y fórmulas mínima y/o molecular.

### Fase de Implementación

La rúbrica fue implementada durante el periodo académico 2016-2. Se propuso como exámenes parcial y final una actividad de modo escrito y de forma individual en el curso de Química General e Inorgánica del primer semestre de ingeniería de la universidad EIA. Se consideraron en total 101 divididos en 4 grupos, cada grupo con aproximadamente 25 estudiantes y una distribución por género de 65% hombres y 35% mujeres.

### Fase de seguimiento y análisis

Se compararon las notas alcanzadas por los estudiantes con la implementación de la rúbrica por parte del profesor "Nota profesor" y las notas propuestas por la autoevaluación "Nota estudiante". Los resultados se analizaron utilizando los programas estadísticos R y STATGRAPHICS Centurion XVI versión 16.2.04.

## 3. Resultados

### Objetivos de aprendizaje y criterios de evaluación

Teniendo en cuenta el examen parcial los contenidos del curso se lograron definir y resumir en las tablas 1 y 2 los objetivos de aprendizaje con sus respectivos criterios. Para el diseño de la rúbrica como instrumento de evaluación, en la tabla 1 se indican los elementos para el tema de estequiometría y en la tabla 2 los elementos para el tema de fórmulas mínima y/o molecular.

Tabla 1. Objetivos de aprendizaje y criterios de evaluación para el tema de estequiometría.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	CRITERIOS
Identifica cantidades de sustancia en mezcla sólidas y acuosas a través del manejo de diferentes unidades de concentración	Interpreta adecuadamente la densidad y la molaridad como unidad de concentración.
Establece las relaciones estequiometrias entre sustancias que reaccionan o que se producen, considerando relaciones molares para identificar reactivo límite y rendimientos de reacción	Identifica el reactivo límite y la función que cumple para la determinación de la cantidad de sustancia que se produce y/o sustancia en exceso en las reacciones químicas.
Identifica cantidades de sustancias gaseosas que satisfacen comportamiento ideal	Determina la cantidad de sustancia de un gas ideal para establecer relaciones estequiométricas entre productos y reactivos.

Tabla 2. Objetivos de aprendizaje y criterios de evaluación para el tema de formula mínima y/o molecular.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	CRITERIOS
Identifica las sustancias simples y/o compuestas como fuente de los elementos químicos.	Determina la cantidad de elemento en una sustancia simple y/o sustancia compuesta.

Aplica la Ley de conservación de la masa.	Determina la cantidad de un elemento después de una transformación química.
Determina la fórmula mínima y/o molecular de una sustancia compuesta.	Establece la relación entre las moles de los elementos para la determinación de la fórmula molecular de una sustancia.

### Construcción de las rúbricas

Respecto a los objetivos de aprendizaje planteados a continuación se detallan los ejercicios utilizados para la construcción de las rúbricas.

### Estequiometría

Para la siguiente reacción:  $3\text{Cu}_{(s)} + 8\text{HNO}_{3(ac)} \rightarrow 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_{2(ac)} + 2\text{NO}_{(g)} + 4\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ . Determinar la masa de nitrato de cobre (II), cuando se ponen a reaccionar 20 g de  $\text{Cu}_{(s)}$  al 95 % (m/m) de pureza con 40 mL de  $\text{HNO}_{3(ac)}$  del 68 % (m/m) de pureza y densidad 1,120 g/mL.

### Fórmula mínima y/o molecular

Un deportista desea tomar para el dolor, un analgésico que se encuentra en un recipiente cuyo rótulo no es claro. El deportista duda si el contenido del recipiente es ibuprofeno ( $\text{C}_{13}\text{H}_{18}\text{O}_2$ ) o buprenorfina ( $\text{C}_{29}\text{H}_{41}\text{NO}_4$ ) esta última considerada sustancia prohibida por la organización antidopaje. Antes de consumirla el equipo médico toma una muestra de 4.677 g del analgésico y lo somete a combustión completa obteniendo 3.690 g de  $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$  y 7.194 L de  $\text{CO}_{2(g)}$  medido a 750 mmHg y 25 °C. En un segundo análisis, toman una segunda muestra de 9.354 g la cual reducen completamente hasta obtener 0.341 g de  $\text{NH}_{3(g)}$ . A partir del proceso realizado ¿puede el deportista tomar el medicamento para continuar en competencia?

En las tablas 3 y 4, se detallan las dimensiones y los niveles de desempeño para evaluar el ejercicio de estequiometría y fórmula mínima y/o molecular.

Tabla 3. Rúbrica para la evaluación del criterio: *determina la cantidad en gramos de un producto en una reacción química.*

Dimensiones	Niveles de desempeño				
	0%	25%	50%	75%	100%
Identifica el reactivo límite y la función que cumple para la determinación de sustancias que se producen en las reacciones químicas	No desarrolla ningún cálculo ni análisis	No tiene claridad con el orden lógico de la aplicación de los conceptos como densidad y pureza.	Aplica adecuadamente el concepto de pureza, pero no tiene claridad con la determinación de la masa de los reactivos puros.	Aplica adecuadamente el concepto densidad y pureza para el cálculo de los reactivos, pero no muestra claridad sobre el procedimiento para identificar el reactivo límite	Demuestra completamente el uso de los conceptos de densidad y pureza en las soluciones acuosas, con un desarrollo aritmético correcto, presentando claridad conceptual sobre el procedimiento para identificar el reactivo límite.
Establece relaciones molares entre el reactivo límite y productos	No desarrolla ningún cálculo ni análisis.	Muestra relaciones molares equivocadas, Sin claridad en el uso del rendimiento al momento de relacionar productos reales con respecto al producto teórico.	Establece relaciones molares adecuadamente pero con algunas imprecisiones como la determinación de la masa molar, las moles de una sustancia y el uso del rendimiento al momento de relacionar productos reales con respecto al producto teórico.	Establece relaciones molares adecuadamente con claridad sobre la determinación de las moles, pero no implementa el rendimiento para la determinación de la masa del producto.	Demuestra el dominio de las relaciones estequiométricas, utilizando el concepto de rendimiento y mol, además plantea un buen desarrollo en la determinación de la masa.

Fuente: creación propia

Tabla 4. Rúbrica para la evaluación del criterio: *determina la fórmula molecular de una sustancia problema que es sometida a descomposición.*

Dimensiones	Niveles de desempeño				
	0%	25%	50%	75%	100%
Identifica la sustancias compuestas: CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O y NH <sub>3</sub> , como fuente de Carbono, Hidrógeno y Nitrógeno respectivamente.	No desarrolla ningún cálculo ni análisis.	No demuestra claridad en la determinación de las moles de CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, NH <sub>3</sub> . Muestra relaciones molares equivocadas entre el C y el CO <sub>2</sub> entre el H y el H <sub>2</sub> O y el N y el NH <sub>3</sub> .	Establece relaciones estequiométricas adecuadamente, pero con algunas imprecisiones en la determinación de las masas de los elementos y el uso de la ecuación que rige el comportamiento de gases ideales al momento de calcular las moles de CO <sub>2</sub> .	Establece relaciones estequiométricas adecuadamente.	Demuestra el dominio de las relaciones estequiométricas, para determinar las moles y la masas de los elementos C, H y N.
Aplica la Ley de conservación de la masa	No desarrolla ningún cálculo ni análisis.	No tiene claridad en el proceso de extrapolación para determinar la cantidad de un elemento en diferentes muestras y no aplica la ley de la conservación de la masa	Presenta algunas imprecisiones en la extrapolación de la cantidad de un elemento en diferentes muestras y aplicación de la ley de conservación de la masa.	Muestra claridad sobre la extrapolación cantidades de sustancia en diferentes muestras, pero no aplica la ley de conservación de la masa para determinar la cantidad de oxígeno.	Demuestra dominio en la extrapolación cantidades de sustancia en diferentes muestras y plantea de modo adecuado la ley de conservación de la masa.
Determina la fórmula mínima y/o molecular	No desarrolla ningún cálculo ni análisis.	No identifica las relaciones estequiométricas, entre elementos para la determinación de la fórmula molecular.	Identifica parcialmente las relaciones estequiométricas, entre elementos, pero no tiene claridad sobre el procedimiento para determinar la fórmula molecular.	Identifica las relaciones estequiométricas, entre elementos, pero no tiene claridad sobre el procedimiento para determinar la fórmula molecular.	Demuestra el dominio de las relaciones estequiométricas, y tiene claridad sobre el procedimiento para determinar la fórmula molecular.

Fuente: creación propia

### Implementación de la rúbrica:

Con los resultados de la implementación de la rúbrica se realizaron dos tipos de análisis:

### Análisis de los resultados en los cuatro grupos

Se realizó un análisis comparativo para determinar si existía diferencia significativa, entre las notas obtenidas por los estudiantes en los cuatro grupos del curso de química general e inorgánica que participaron en el estudio.

Para este análisis se utilizó la técnica de análisis de varianza ANOVA para un diseño completamente aleatorizado, y con una confiabilidad del 95% (**valor p= 0.522**) no se encontró diferencia significativa en las notas promedio de los cuatro grupos. En la tabla 5 se muestran las notas promedio que se obtuvieron en el examen parcial en los cuatro grupos, con su respectiva desviación estándar.

Tabla 5. Resultados de la nota promedio del examen parcial en cada grupo.

Promedio	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D
Nota Profesor	3,34 ± 1,08	3,20 ± 1,31	2,84 ± 1,12	3,09 ± 1,41

En la figura 1 se presenta el diagrama de cajas y bigotes de las notas obtenidas en los grupos, en esta gráfica se evidencia los resultados que se obtuvieron con el análisis de varianza, y también se puede observar en el grupo D mayor variabilidad con las notas.

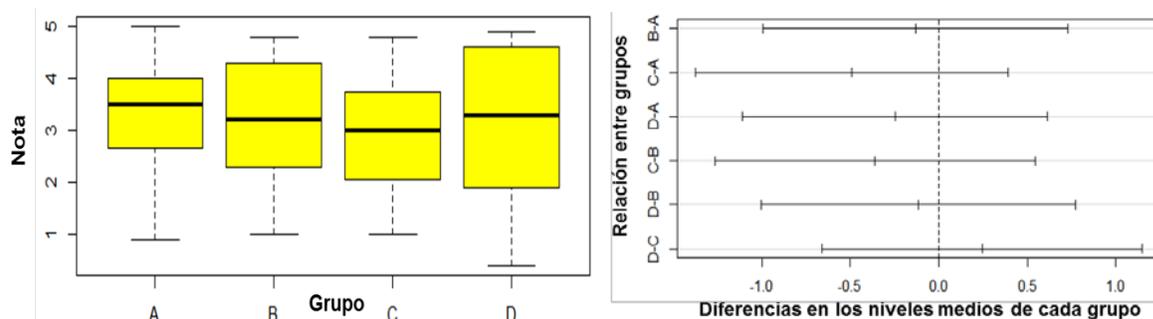


Figura 1. Resultado de las notas obtenidas por los estudiantes en el examen parcial durante el periodo 2016-2: a) representación de cajas y bigotes; b) comparación de las notas promedio entre grupos.

### Análisis de los resultados dentro de cada grupo

Se realizó un análisis comparativo dentro de cada grupo para determinar si existía diferencia estadísticamente significativa entre la nota que asigno el profesor y la nota que se asignó el estudiante mediante la implementación de la rúbrica como instrumento de autoevaluación. Para este análisis se utilizó la prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) y con una confiabilidad del 95%, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la nota del examen parcial asignada por el profesor y el estudiante dentro de cada grupo. Las notas promedio asignadas por el profesor y por el estudiante se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Comparación de los resultados de la nota promedio del profesor y del estudiante.

Promedio	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D
Nota Profesor	3,34 ± 1,08	3,20 ± 1,31	2,84 ± 1,12	3,09 ± 1,41
Nota Estudiante	3,33 ± 1,08	3,18 ± 1,15	2,93 ± 1,13	3,22 ± 1,47
Prueba t	0,0373	0,0855	-0,2620	-0,3148
p-valor	0,9704	0,9322	0,7946	0,7543

En la figura 2 se observan las notas promedio asignadas por el profesor y por el estudiante en cada uno de los grupos que participaron en el estudio.

En la figura 3, se indica la relación existente entre la nota del profesor y la nota del estudiante, evidenciando que el 93,46 % de la variación de la nota del estudiante es explicada por la variación en la nota asignada por el profesor.

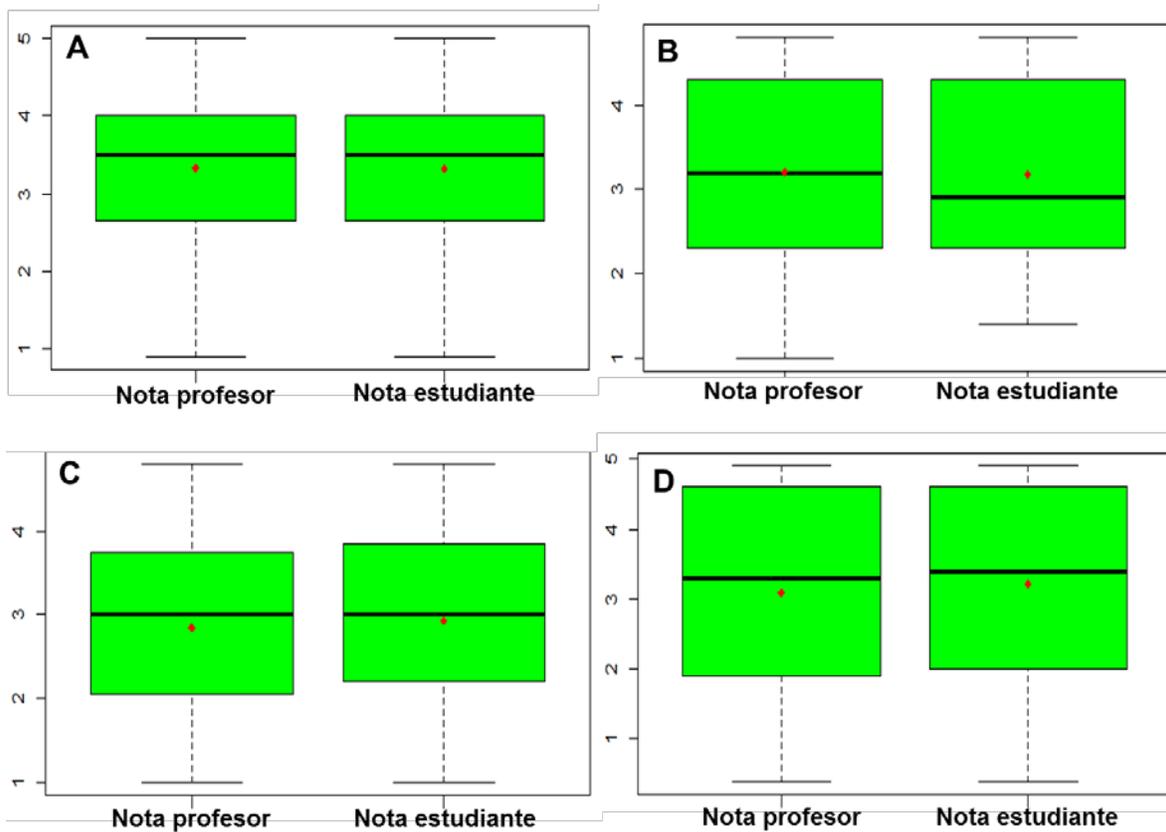


Figura 2. Representación de caja y bigotes de la comparación entre la nota profesor y la nota estudiante: Grupo A ( $W = 395$  y  $p\text{-valor} = 0,9673$ ); Grupo B ( $W = 322,5$  y  $p\text{-valor} = 0,8535$ ); Grupo D ( $W = 247$  y  $p\text{-valor} = 0,708$ ); Grupo C ( $W = 295,5$  y  $p\text{-valor} = 0,7448$ ).

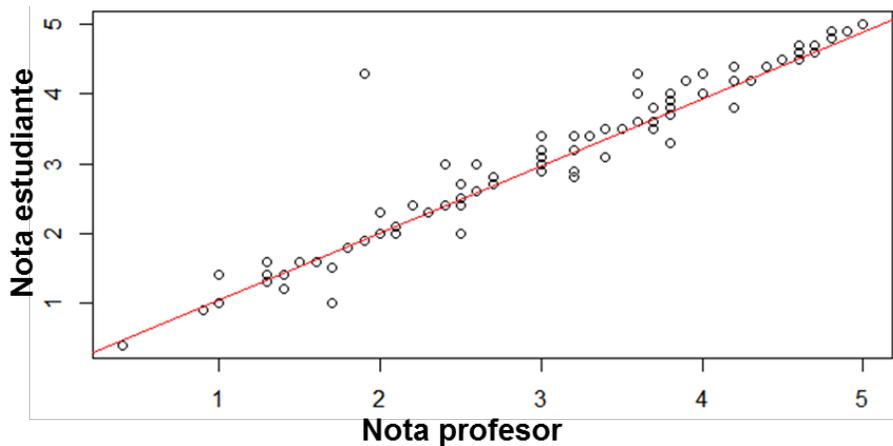


Figura 3. Relación entre las notas del profesor y las notas del estudiante.

#### 4. Conclusiones

El diseño de las rúbrica logró establecer características claves para el proceso de implementación como la determinación de los factores que indicarán la calidad del trabajo de los estudiantes en términos de objetivos de aprendizaje y criterios de

evaluación, proporcionando una explicación detallada de lo que el estudiante debe realizar para demostrar sus niveles de eficiencia y de esta forma alcanzar los niveles determinados en los objetivos e impulsando la construcción de un sistema de evaluaciones formativas más coherente con las actuaciones de los profesores y estudiantes. Los estudiantes manifestaron que el proceso de realimentación de la rúbrica les permitió conocer más sobre su fortaleza y debilidades en el proceso de aprendizaje, además que las rúbricas fueron valiosas no sólo como elemento de evaluación sino como instrumento para la reflexión y la comunicación. La implementación de la rúbrica como instrumento de autoevaluación llama a la reflexión sobre la adaptación al contexto curricular, ya que los estudiantes manifestaron que el proceso de realimentación les permitió conocer sus fortalezas y debilidades en el proceso de aprendizaje de la Química. Además, manifestaron que la nota asignada fue justa y transparente.

## 5. Agradecimientos

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos a los estudiantes de la Universidad EIA por el apoyo durante la implementación de la rúbrica como instrumento de autoevaluación de los procesos de enseñanza-aprendizaje de la química en el aula.

## 6. Referencias

- Cano, M. E., (2008). La evaluación por competencias en la educación superior. Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado, (3),12, pp. 1-16
- Gatica L. F., Uribarren B, T. (2013). ¿Cómo elaborar una rúbrica? Investigación en Educación Médica, (1),2, pp. 61-65.
- Gipps, C. (1999). Socio-cultural aspects of assessment. Review of Research in Education, 24, pp. 355-392.
- Malini, R. Y., Andrade H. (2010). A review of rubric use in higher education. Assessment & Evaluation in Higher Education, (4),35, pp. 435-448.
- Picón E. J., (2013). La rúbrica y la justicia en la evaluación. Íkala, revista de lenguaje y cultura (3),18, pp. 79-94.
- Shipman D., Roa M., Hooten J., (2012). Using the analytic rubric as an evaluation tool in nursing education: The positive and the negative. Nurse Education Today (3),32, pp 246-249
- Torres, J.J., Perera V.H., (2010). La rúbrica como instrumento pedagógico para la tutorización y evaluación de los aprendizajes en el foro online en Educación Superior. Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, 36, pp. 141-149.
- Williams, J. (2003). Preparing to teach writing: Research, theory and practice. 3 ed. Mahwah, Lawrence Erlbaum Associates., pp. 297-331.

## Sobre los autores

- **Sandra Milena Naranjo Ríos:** Matemática, Magister en Ciencias-Estadística de la Universidad de Antioquia. Profesora de planta de la Universidad EIA. sandra.naranjo@eia.edu.co
- **Sandra Adela Torijano Gutiérrez:** Química, Magister en Química Farmacológica y Aplicada, Doctora en Ciencias Químicas de la Universidad Jaume I Castellon España. Profesora de planta de la universidad EIA. sandra.torijano@eia.edu.co
- **Pedronel Araque Marín:** Químico, Magister en Ciencias Químicas, Candidato a Doctor en Ciencias Químicas, Universidad de Antioquia. Profesor de planta de la Universidad EIA. pedronel.araque@eia.edu.co
- **Nicolas Arango Londoño: Matemático:** Magister en Matemáticas Aplicadas de la Universidad EAFIT. Profesor de planta de la Universidad EIA. nicolas.arango@eia.edu.co.

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2017 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)