



Una formación de calidad
en ingeniería para el futuro

Centro de Convenciones Cartagena de Indias
15 al 18 de Septiembre de 2015

ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA NOMENCLATURA INORGÁNICA EN ESTUDIANTES DE PRIMER SEMESTRE DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA

Pedronel Araque Marín, Mauricio Alejandro Mazo Lopera

**Escuela de Ingeniería de Antioquia
Envigado, Colombia**

Resumen

La nomenclatura química puede considerarse como un lenguaje y desde este punto de vista está constituida por palabras que obedecen las reglas de la sintaxis. Los estándares de nomenclatura en química son propuestos por la IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry), la cual ha realizado algunas recomendaciones para la nomenclatura de la química inorgánica, pero es flexible en el nombramiento de los ácidos inorgánicos, dado que con frecuencia el estudiante se puede confundir al utilizar una nomenclatura sistemática (IUPAC) y al mismo tiempo interactuar en la vida cotidiana con sustancias que se nombran de forma radicalmente diferente (nomenclatura tradicional). La construcción de la estrategia didáctica potencialmente significativa se centró en el entendimiento de los ácidos oxácidos, orientada en criterios pedagógicos y didácticos correspondientes para facilitar la comprensión de la nomenclatura inorgánica tradicional de forma significativa en la asignatura "Química General e Inorgánica", perteneciente al primer semestre de los programas de ingeniería de la Escuela de Ingeniería de Antioquia con el fin de evaluar el impacto de las diferentes metodologías a la hora de nombrar sustancias inorgánicas. Las variables a analizar fueron el número total de respuestas correctas entre 15 sustancias propuestas, de las cuales se seleccionaron 3 cuyo grado de complejidad fue mayor y se realizó el conteo del número de respuestas correctas entre estas tres, creando otra variable. Se compararon: la nomenclatura sistemática, la nomenclatura tradicional desde una perspectiva significativa enmarcada de relación bidimensional de la estructura química y la memorística basa en aprender los nombres de memoria. El análisis de las respuestas evidenciaron diferencias estadísticamente significativa (p -valor < 0.05) entre las metodologías IUPAC y la tradicional memorística, pero no entre IUPAC y la tradicional significativa (p -valor > 0.05). El análisis de este resultado da un indicio que la

nomenclatura tradicional se puede enseñar de forma significativa y que se puede correlacionar con la nomenclatura IUPAC con el fin de que el estudiante tenga una mejor comprensión de los compuestos con los que interactúa, a partir del nombre que se le ha asignado académicamente y con el nombre que se relaciona en el mundo cotidiano.

Palabras claves: aprendizaje significativo; nomenclatura inorgánica; estrategia didáctica

Abstract

Chemical nomenclature is considered a language formed for words that obey the rules of syntax. The naming standards in chemistry are proposed by the IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry). IUPAC has made several recommendations for the nomenclature of inorganic chemistry, but is flexible regarding the naming of inorganic acids, because the simultaneous use of systematic nomenclature (IUPAC) and traditional nomenclature (names used in daily life) can be confusing. The construction of the potentially significant didactic strategy focuses on understanding the oxoacids acids. It is oriented in pedagogical and didactic criteria to significantly facilitate understanding of traditional nomenclature in the course "General and Inorganic Chemistry", a requirement in the first semester of engineering programs at Escuela de Ingeniería de Antioquia, in order to evaluate the impact of different methodologies when inorganic substances are named. The variable analyzed was the total number of correct answers from fifteen proposed substances. Of these, three were selected with a higher degree of complexity, and the number of correct responses was calculated in regards to these three, creating another variable. We compared the systematic nomenclature, the traditional nomenclature from a meaningful perspective framed two-dimensional relationship between chemical structure and learning by memory names. The analysis of the responses showed statistically significant differences (p -value < 0.05) between the IUPAC methodologies and traditional memory names, but not between IUPAC and traditional significant (p -value > 0.05). These results indicate that the traditional nomenclature can be taught significant and that can be correlated with the IUPAC nomenclature so that the student recognizes the compounds with which he or she interacts, by both the name that has been assigned academically and the name that relates to the everyday world.

Keywords: meaningful learning; inorganic nomenclature; didactic strategy

1. Introducción

La química es una ciencia experimental que transforma tanto sustancias como su propio lenguaje químico. Un lenguaje que es vital en los procesos de enseñanza-aprendizaje, en particular cuando se relacionan los símbolos químicos utilizados para representar las sustancias simples y compuestas. Entre los procesos de enseñanza-aprendizaje de la química es importante realizar dos reflexiones. La primera consiste en conocer cómo tiene estructurado el estudiante los conocimientos del tema, para planearle la

construcción de conceptos adecuados con el fin de correlacionar su saber existente en la estructura cognitiva con los nuevos conocimientos aportados por las actividades propuestas en el aula de clase. La segunda consiste en proporcionar un verdadero aprendizaje significativo. El desconocer su significado lleva a entregar información inadecuada a los estudiantes suponiendo que “lo deben saber”, pero sólo están copiando la información para memorizarla, reproducirla y finalmente olvidarla. El aprendizaje de la nomenclatura química 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; por eso, el tiempo es un factor de gran importancia a la hora de planificar y desarrollar las actividades pertinentes (Araque, 2013).

En evaluaciones realizadas a los estudiantes de primer semestre de la Escuela de Ingeniería de Antioquia, se evidencia poca apropiación de las propiedades de las sustancias al momento de asignarle un nombre para diferenciarlas de las demás, algunos acuden a sus notas con el ideal de poder encontrarla para transcribirla. Otros no logran dar el nombre porque no entienden como una sustancia puede llamarse de diferentes formas.

La nomenclatura es necesaria para poder referirnos a las sustancias sin necesidad de señalarlas o describirlas (Connelly, *et al.*, 2005), pero no puede constituir el fin de la química. La estructura, las propiedades, la reactividad y las aplicaciones, serían las mismas aunque diéramos otro nombre, como es el caso de la reacción termita férrica utilizada en la soldadura de metales (Chang, *et al.*, 2013). Esta reacción involucra Fe_2O_3 , llamado trióxido de dihierro, óxido de hierro (III) u óxido férrico, independiente del nombre que se le asigne en realidad nada sabrán sobre las propiedades del compuesto, su reactividad y/o su uso, simplemente que hay diferentes sistemas para clasificar la sustancia.

En consecuencia, la enseñanza de la química debería permitir comprender las conexiones entre el saber químico personal, construido en ‘el mundo de la vida’; es decir, en situaciones de la vida cotidiana comunes, con los conocimientos no comunes; esto es, del saber químico científico para proporcionarle nuevas redes conceptuales necesarias para interpretar, explicar, inferir y predecir los aspectos básicos de las sustancias, su transformación y utilización en contexto. La presente estrategia didáctica está orientada para que el estudiante pueda dar correctamente el nombre a las sustancias inorgánicas y aprender sobre ellas.

2. Metodología

La implementación de la estrategia didáctica para la enseñanza de la nomenclatura inorgánica en estudiantes de primer semestre de la Escuela de Ingeniería de Antioquia, se basó en un ciclo didáctico, el cual se desarrolló en cuatro momentos fundamentales (Jorba, *et al.*, 1996), como se plantean a continuación:

Indagación de ideas previas

A través de la lectura de algunas imágenes de situaciones de la vida cotidiana donde intervienen sustancias químicas inorgánicas, complementadas por la representación estructural de la sustancia involucrada e información de algunas propiedades fisicoquímicas y aplicaciones en la Ingeniería, se planteó a los estudiantes la necesidad de generar un acercamiento a la construcción de un lenguaje común para reconocer las sustancias en cada situación y de esta forma indagar sobre los conocimientos previos de nomenclatura en química y su vínculo con el aprendizaje obtenido en la básica y la media.

Secuenciación y organización de contenidos

Se diólogo sobre la identificación e importancia de: elemento químico, oxidación y nomenclatura, con el fin de construir una definición general de cada uno y compararlas con las expuestas en los textos especializados.

Estructuración del nuevo conocimiento

A partir de la tabla periódica como sistema de clasificación de los elementos químicos, se fortalecieron los conceptos: **a)** elemento químico y su relación bidimensional entre la propiedad química (grupo) y el número atómico (periodo); **b)** número de oxidación y su analogía con la capacidad del elemento para la formación de compuestos y **c)** nomenclatura como eje diferenciador. A partir de estos se motivó a la construcción de representaciones pictóricas que puedan expresar los pasos necesarios para la identificación y la clasificación de una sustancia química.

Evaluación

Se propuso una actividad de modo escrito a los estudiantes de primer semestre de la Escuela de Ingeniería de Antioquia, en forma individual, para que consoliden lo aprendido durante las actividades propuestas y de esta forma puedan clasificar por medio de la nomenclatura inorgánica diferentes ácidos oxácidos y/o derivados de los mismos. Se consideraron 298 estudiantes de primer semestre de la Escuela de Ingeniería de Antioquia divididos en 9 grupos (cada grupo con aproximadamente 33 estudiantes).

Análisis estadístico

Se analizaron las siguientes variables: el número total de respuestas correctas entre 15 sustancias (denotada por TOTAL) y entre las 15 se seleccionaron 3 cuyo grado de complejidad fue mayor y se contaron el número de respuestas correctas entre estas tres (denotada por PARCIAL). Se compararon dos metodologías, la significativa "**nueva propuesta**" y la mecánica "**clásica**", con 107 y 191 estudiantes, respectivamente, generando el factor METODOLOGÍA con dos niveles. Los 298 estudiantes estaban divididos en 9 grupos, A, B, D, E, F, G, H, I y J. Este factor denotado por GRUPO se encuentra anidado dentro del factor METODOLOGÍA ya que cada grupo tenía una única metodología. En la metodología "**clásica**" se contó con tres profesores y cada uno responsable de dos grupos. En la "**nueva propuesta**" solo un profesor fue responsable de 3 grupos. Este factor, PROFESOR (con cuatro niveles), también está anidado en el factor METODOLOGÍA y a su vez, el factor GRUPO está anidado en el factor PROFESOR (ver tabla 1). Los resultados se analizaron con el software STATGRAPHICS Centurion XVI.II.

Tabla 1. Representación esquemática de los factores y anidamientos.

FACTOR	Niveles de los factores y anidamientos								
METODOLOGÍA	Clásica						Nueva propuesta		
PROFESOR	1	2		3		4			
GRUPO	D	E	F	G	I	J	A	B	H

3. Resultados

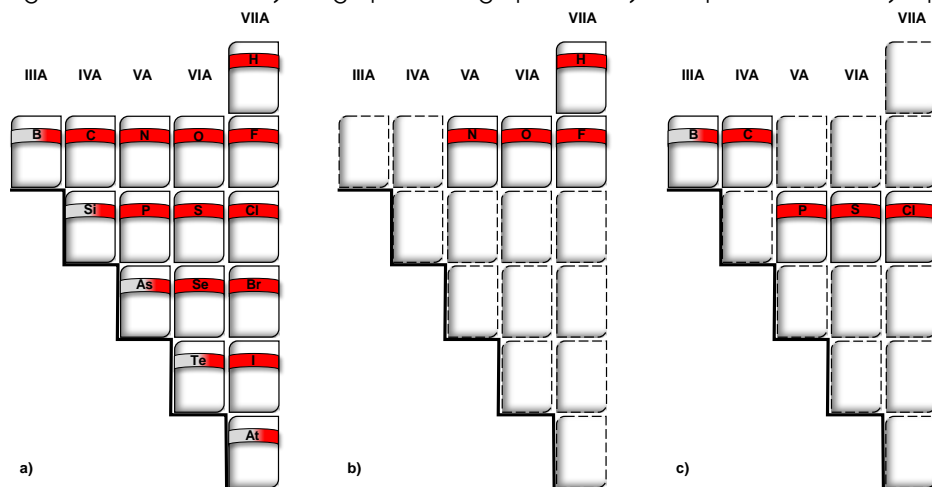
Elementos no metálicos

A partir de las observaciones realizadas por los estudiantes a la tabla periódica, identificaron que cuando los elementos se organizan en orden de sus números atómicos, sus propiedades físicas y químicas muestran tendencias periódicas. De esta forma lograron clasificar 16 elementos no metálicos (figura 1), para ser utilizados en la formación de ácidos oxácidos.

Figura 1. Tabla periódica extendida; (■) no metal, (▨) no metal con propiedad metálica.

De los 16 elementos no metálicos (figura 2a), no se consideraron representativos en sus grupos el nitrógeno (N), oxígeno (O), flúor (F) e hidrógeno (H) (figura 2b). Los elementos considerados representativos de cada grupo se clasificaron como: boro (B), carbono (C), fósforo (P), azufre (S) y cloro (Cl) (figura 2c).

Figura 2. No metales; a) del grupo IIIA al grupo VIIA, b) no representativos, c) representativos

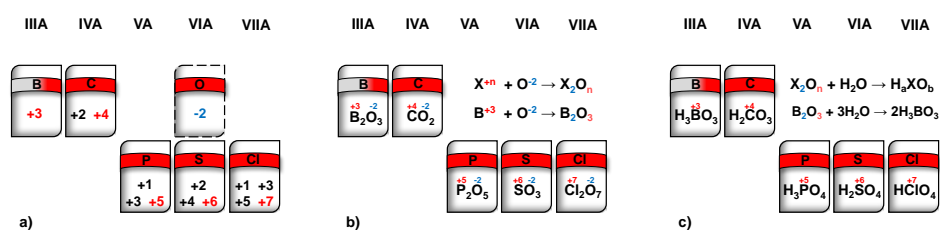


Números de oxidación

Se consideró el estado de oxidación como carga hipotética que se asigna a un elemento cuando forma una sustancia simple y/o compuesta. Normalmente el número de oxidación se correlaciona con la capacidad de combinación (valencia) del elemento. En el caso del oxígeno, su capacidad de formar enlace es 2, pero su número de oxidación más frecuente es -2.

Un compuesto debe tener tantas cargas positivas como negativas, los elementos no metálicos representativos se combinan con oxígeno para formar el respectivo óxido, los números de oxidación de estos no metales son positivos, dado que la carga global del compuesto debe ser nula. Es importante resaltar que entre los números de oxidación más frecuentes de los elementos no metálicos el número mayor corresponde al grupo de cual pertenece el elemento es decir +3 (IIIA), +4 (IVA), +5 (VA) +6 (VIA) y +7 (VIIA) (figura 3a). De esta forma los estudiantes lograron construir los óxidos a partir del número de oxidación del oxígeno (-2) y el mayor número de oxidación positivo del no metal (figura 3b). Los ácidos oxácidos representativos (H_nXO_b) se construyen por medio de la reacción del óxido del no metal y agua (figura 3c).

Figura 3. No metales; a) números de oxidación más frecuentes, b) óxidos, c) ácidos oxácidos.

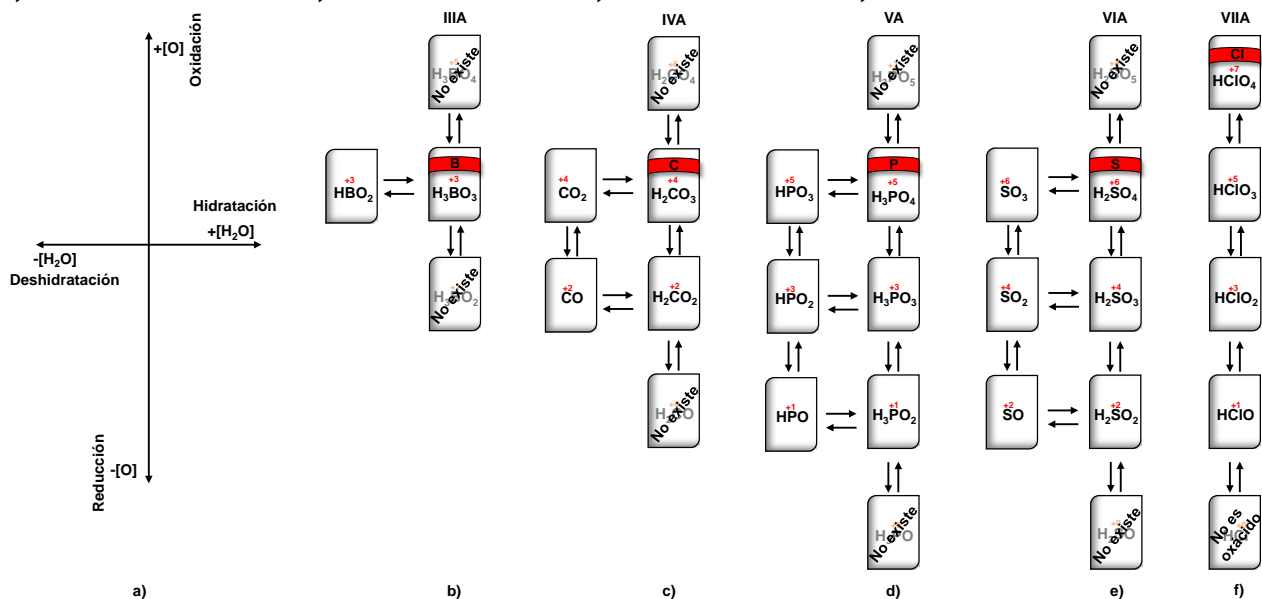


Oxácidos representativos

Se construyó un sistema bidimensional cartesiano, donde el desplazamiento vertical hacia arriba hace referencia al aumento de un oxígeno (oxidación) y vertical hacia abajo a la pérdida de un oxígeno (reducción). El desplazamiento horizontal se relaciona con deshidratación (horizontal hacia la izquierda) e hidratación (horizontal hacia la

derecha) (figura 4a). El número de ácidos oxácidos de un elemento es equivalente a los números de oxidación que tenga. El boro puede formar los oxácidos HBO_2 y H_3BO_3 (figura 4b). El carbono H_2CO_3 y H_2CO_2 (figura 4c). El fósforo H_3PO_4 , H_3PO_3 , H_3PO_2 y HPO_3 , HPO_2 y HPO (figura 4d). El azufre H_2SO_4 , H_2SO_3 y H_2SO_2 (figura 4e) y el cloro HClO_4 , HClO_3 , HClO_2 y HClO (figura 4f).

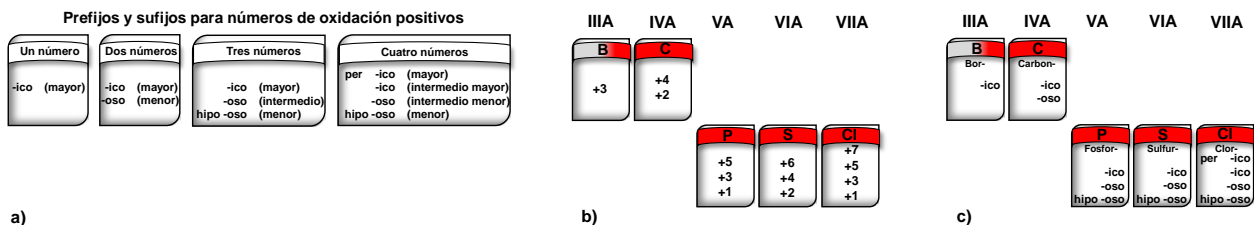
Figura 4. Representación bidimensional de ácidos oxácidos; a) sistema bidimensional, b) oxácidos del boro, c) oxácidos del carbono, d) oxácidos del fósforo, e) oxácidos del azufre, f) oxácidos del cloro.



Nomenclatura tradicional

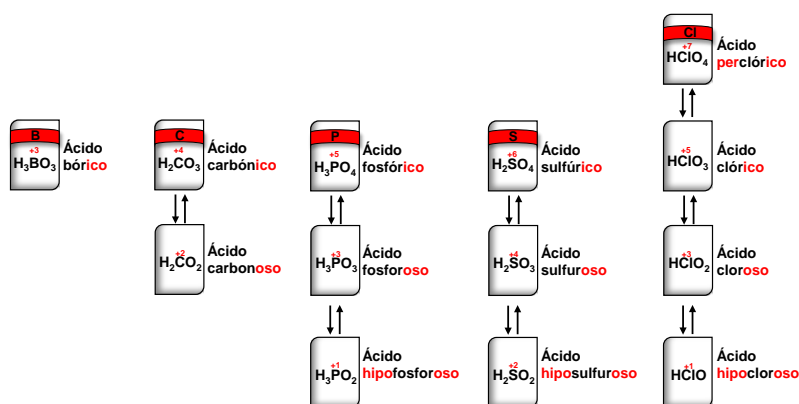
Los nombres se formaron utilizando prefijos y sufijos relacionados con el estado de oxidación del no metal. Para nombrar los oxácidos se utilizó la palabra **ácido** seguida del nombre (o raíz) del elemento y se le añaden los prefijos (per-, hipo-) y los sufijos (-ico, -oso), es decir si el no metal tiene un número de oxidación el sufijo utilizado es -ico (figura 5a). Para saber el prefijo y/o sufijo utilizar es importante organizar en orden decreciente el número de oxidación (figura 5b) y luego se asignan el nombre o raíz del elemento acompañado de los prefijos y sufijos (figura 5c).

Figura 5. Nomenclatura tradicional; a) prefijos y sufijos, b) orden decreciente de números de oxidación, c) asignación de raíz, prefijos y sufijos.



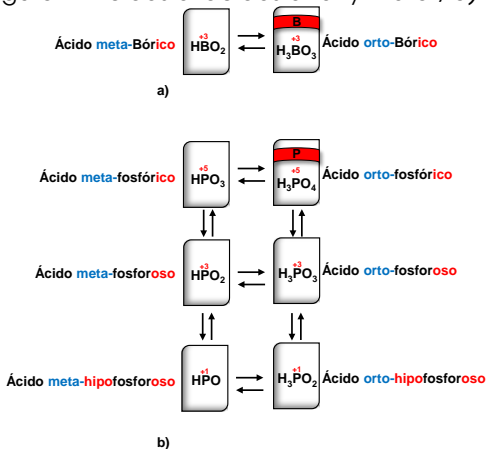
Con la información del número de oxidación, raíz (nombre), prefijo y/o sufijo se nombraron los oxácidos representativos como se ilustra en la figura 6.

Figura 6. Ácidos oxácidos de los elementos no metálicos representativos.



El proceso de deshidratación de un ácido oxácido puede dar como producto otro ácido oxácido que conserva el número de oxidación del elemento central. Los oxácidos hidratados (de partida) se clasifican como ácidos orto- y los oxácidos deshidratados (obtenidos) como ácidos meta- (figura 7).

Figura 7. Ácidos oxácidos orto- y meta-; a) oxácidos del boro, b) oxácidos del fósforo.



Nomenclatura significativa

No fue posible encontrar un modelo que considere el triple anidamiento, ya que las condiciones del estudio solo permitieron considerar un profesor en la metodología "nueva propuesta", por tanto planteamos un modelo que considerara el anidamiento de los grupos dentro de la metodologías, con el fin de controlar la variabilidad dada por el factor GRUPO, en ambas variables respuesta.

$$\begin{aligned} \text{TOTAL} &= \text{METODOLOGÍA} + \text{GRUPOS (METODOLOGÍA)} \\ \text{PARCIAL} &= \text{METODOLOGÍA} + \text{GRUPOS (METODOLOGÍA)} \end{aligned}$$

Donde GRUPOS (METODOLOGÍA) denota GRUPOS anidado en METODOLOGÍA.

El análisis estadístico indicó que la respuesta TOTAL no presentó diferencia estadísticamente significativa al 5% tanto para el factor METODOLOGÍA (p-valor = 0.4041), como para el factor GRUPO anidado en METODOLOGÍA (p-valor = 0.2740). Este

resultado se puede relacionar con la naturaleza de la evaluación, dado que es una prueba con notas abiertas (establecida en la institución) y algunas sustancias pueden encontrarse en las notas de los estudiantes. La respuesta PARCIAL mostró diferencia estadísticamente significativa (p -valor = 0.0052) entre las metodologías “clásica” y “nueva propuesta”, siendo mayor el número de respuestas acertadas con la “nueva propuesta”. También se observa que no hubo diferencia entre grupos anidados dentro de la metodología lo cual indicó homogeneidad de cada metodología entre los grupos de cada profesor.

4. Conclusiones

La propuesta de una estrategia didáctica para la enseñanza y aprendizaje de la nomenclatura inorgánica, da un indicio que la nomenclatura tradicional se puede enseñar de forma significativa y que se puede correlacionar con la nomenclatura IUPAC con el fin de que el estudiante tenga una mejor comprensión de los compuestos con los que interactúa día a día a partir del nombre que se le ha asignado académicamente y con el nombre que se relaciona en el mundo cotidiano.

Las construcciones de representaciones pictóricas realizadas por los estudiantes para la identificación y clasificación de ácidos oxácidos de mayor grado de complejidad como es el caso del ácido Teluroso (H_2TeO_3) y ácido Astático ($HAtO_3$), los cuales no son muy comunes en los cursos de química inorgánica, expresando la importancia del aprendizaje significativo y no memorístico de la enseñanza de la química.

A partir de la respuesta TOTAL donde relaciona el resultado con la naturaleza de la evaluación, es importante plantear un nuevo diseño de evaluación donde un profesor enseñe las dos metodologías, cada metodología tenga el mismo número de grupos y que el examen sea sin notas abiertas.

5. Agradecimientos

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos a los profesores y estudiantes de la Escuela de Ingeniería de Antioquia por el apoyo brindado durante la implementación de la estrategia didáctica.

6. Referencias

- Araque, P. (2013). Módulo de Química Básica. Universidad de Antioquia. Medellín, pp. 13
- Chang, R. y Goldsby, K. A. (2013). Química. 11ª ed. McGraw-Hill. México, pp. 259.
- Connelly, N.G. Hartshorn, R.M. Damhus, T. and Hutton, A. (2005). Nomenclature of Inorganic Chemistry. International Union of Pure and Applied Chemistry. Cambridge, pp. 124.

- Jorba, J.y Sanmartí, N. (1996). Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua. *Propuestas didácticas para las áreas de ciencias de la naturaleza y matemáticas*. Ministerio de educación de España. España, pp. 18

Sobre los autores

- **Pedronel Araque Marín:** Químico, Magister en Ciencias Químicas de la Universidad de Antioquia, candidato a Doctor en Ciencias Químicas de la Universidad de Antioquia. Profesor de planta de la Escuela de Ingeniería de Antioquia. pfparaque@eia.edu.co
- **Mauricio Alejandro Mazo Lopera:** Matemático, Magister en Estadística de la Universidad de Sao Paulo-Brasil, estudiante de Doctorado en Estadística de la Universidad Nacional. Profesor de planta Escuela de Ingeniería de Antioquia. mauromazo35@gmail.com

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

Copyright © 2015 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)