



ARGUMENTACIÓN Y
APRENDIZAJE DEL CONCEPTO
ENLACE QUÍMICO

Argument and learning
of the chemical bond concept

*Ramírez-Quintero, Luz Adriana; Giraldo-Arbeláez,
Jorge Eduardo y Osorio-Zuluaga, Héctor Jairo*

Resumen

En el presente trabajo se identificó el cambio en el aprendizaje del concepto enlace químico en los estudiantes de grado décimo del Liceo Campestre de Pereira mediante la aplicación de actividades basadas en el lenguaje verbal de la química y el uso de las TIC como elemento motivador fundamental para el proceso cognitivo del estudiante. Se identificaron las concepciones alternativas y los obstáculos de los estudiantes en relación con los temas asociados al enlace, lo cual permitió definir la respectiva secuencia de actividades diseñadas empleando como referente en el lenguaje verbal inmerso en la enseñanza de la química y el modelo argumentativo de Toulmin que plantea detectar elementos presentes en un buen argumento (Olaya, 2017). Por último, se aplicó un cuestionario final y se procedió a realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos, concluyendo que se da un alcance significativo de los estudiantes en los niveles de argumentación que permitió evidenciar una mayor comprensión del concepto de enlace químico.

Palabras clave

Argumentación, aprendizaje, enlace químico, guía didáctica, TIC

Abstract

In this paper, the change in the learning of the chemical bonding concept was identified in tenth grade students of the Pereira Campestre High School through the application of activities based on the verbal language of chemistry and the use of ICTs as a motivating element fundamental for the cognitive process of the student. The alternative conceptions and obstacles of the students in relation to the topics associated with the link were identified, which allowed defining the respective sequence of activities designed using as a reference in the verbal language immersed in the teaching of chemistry and the Toulmin argumentative model which suggests detecting elements present in a good argument (Olaya, 2017). Finally, a final questionnaire was applied and a comparative analysis of the results obtained was carried out, concluding that there is a significant scope of the students in the levels of argumentation that allowed to demonstrate a greater understanding of the concept of chemical bonding.

Keywords

Argumentation, learning, chemical bond, didactic guide, TIC.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente nos encontramos inmersos en una era tecnológica, con estudiantes pertenecientes a la generación Z, también conocidos como nativos digitales, de ahí que se plantee el reto como docentes de encontrar mecanismos desde la didáctica que nos permitan fortalecer competencias que faciliten el proceso de aprendizaje de la ciencia, la cual, debido a su naturaleza misma usa diversos lenguajes inmersos en su enseñanza que requieren sus propios códigos semánticos y sintácticos para la explicación de fenómenos, lo que incide en la apatía y resistencia del educando en el estudio de la química y limita el proceso de comunicación en el acto educativo. De ahí que este nuevo contexto requiera de una reestructuración en la educación, ya no es suficiente que el docente sea un transmisor de conocimiento, cada día se ve una mayor necesidad en las aulas de clase de darle protagonismo a los estudiantes constructores de su proceso académico y actualmente la tecnología presenta nuevas alternativas que permiten complementar el proceso de enseñanza-aprendizaje como es el caso de las aplicaciones gratuitas denominadas Phets, que proporcionan simulaciones en diferentes áreas.

Entre los lenguajes inmersos en la enseñanza de la química se encuentra el verbal y fundamentalmente la argumentación como elemento esencial en las ciencias para desarrollar el pensamiento crítico y superar la dificultad que tiene el educando para escribir textos de contenido científico, la incoherencia en la conexión de oraciones largas y la limitación al plasmar por escrito las ideas que tiene aparentemente claras al expresarlas oralmente pero que difícilmente se podría diferenciar entre un aprendizaje significativo o simplemente un acto memorístico (Olaya, 2017).

Según Galagovsky et al. (2014) “una clase de ciencias es un espacio de comunicación entre el docente, experto en temáticas, y los estudiantes, donde los lenguajes utilizados son la interfase explícita y observable” (p. 786). De acuerdo con lo anterior y con el objetivo principal de identificar el cambio en el aprendizaje del concepto enlace químico en los estudiantes, mediante la aplicación de actividades basadas en los lenguajes de la química, se presenta el diseño y aplicación de guías didácticas implementando entre otros el lenguaje verbal de acuerdo al modelo argumentativo de Toulmin que plantea detectar elementos presentes en un buen argumento (Pinzón, 2014).

La secuencia de actividades implementada cuenta con la tecnología como eje articulador de la motivación del educando para ser sujeto activo en su proceso cognitivo y se basa en el desarrollo de la argumentación, la cual se construye con elementos como, los datos que apoyan una afirmación hasta llegar a la conclusión, teniendo en cuenta la trascendencia de las garantías, cualificadores modales y refutaciones (Pinochet, 2015), desarrollando así habilidades en los estudiantes, quienes en sus modelos mentales idiosincrásicos comunican los fenómenos con sus propias palabras pero a medida que conozcan nuevos conceptos se verán reflejados en su discurso (Galagovsky et al. 2003), permitiendo así identificar el mejoramiento en la competencia argumentativa y el cambio conceptual sobre enlace químico.

Es necesario recordar la importancia de generar espacios educativos que faciliten conexiones significativas con los conceptos que se desean aprender, con educandos motivados que se salgan del aprendizaje mecánico y memorístico que tradicionalmente se dan, de allí la importancia de tener en cuenta los conocimientos previos como elementos de acogida para las nuevas ideas que se anclan en la estructura cognitiva permitiendo su paso de la memoria de trabajo a la memoria a largo plazo (Ordenes et al., 2014).

En el caso del enlace químico se han encontrado ideas como: “Los compuestos con enlaces iónicos se comportan como moléculas sencillas”, “el enlace iónico es difícil de aprender, describir y explicar” y “las moléculas son estructuras gigantes; un elevado porcentaje de estudiantes asocia la valencia de un elemento con el subíndice del elemento con que se combina; y la mayoría no sabía calcular el número de enlaces que se rompen y se forman en una reacción química” (Ordoñez, 2016). Se hace necesario tener en cuenta estas concepciones alternativas del educando en la enseñanza del enlace, facilitando la construcción de una nueva estructura cognitiva. De allí que sea fundamental diseñar y aplicar un instrumento de exploración de ideas previas a partir de la revisión histórica y epistemológica del concepto enlace químico.

II. DESARROLLO DEL DOCUMENTO

Este trabajo se realizó en la institución educativa Liceo Campestre de Pereira con 19 estudiantes de grado décimo, identificando problemáticas a nivel del proceso de enseñanza y aprendizaje en las ciencias naturales, en la química y especialmente en el concepto enlace químico, generando una propuesta para

superar estos obstáculos o limitaciones y que, a su vez, respondan a la realidad escolar que viven los estudiantes.

Se construyó un instrumento para identificar las ideas previas y el uso por parte del estudiante de los lenguajes inmersos en la enseñanza de la química, entre ellos el verbal, el cual fue validado por experto. Esta herramienta se aplica al iniciar la investigación para evaluar el nivel argumentativo de los estudiantes y sus concepciones alternativas sobre el tema, cuenta con preguntas abiertas descritas en la tabla 1 que evidencian el cambio en la competencia argumentativa a la par que se da el proceso de aprendizaje del concepto de enlaces por parte del educando.

Tabla 1. Preguntas del instrumento de exploración de ideas previas

PREGUNTA	OBJETIVO
3. Dibuja como puedes ver con tu lupa las siguientes sustancias: el dióxido de carbono y el cloruro de sodio. Escribe en un párrafo como explicarías a tus padres los dibujos realizados.	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar el lenguaje verbal, ya que se espera que presenten los diferentes argumentos para explicar la formación del dióxido de carbono y el cloruro de sodio y que sean muy detallados, ya que la explicación es para sus padres. Esto permite identificar que elementos de la argumentación son empleados por el estudiante.
4. Realizar los dibujos del CaO, O ₂ y H ₂ O y justificar los procedimientos o cálculos que empleaste para construir los dibujos.	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar el lenguaje verbal en la construcción de las justificaciones para realizar los dibujos del óxido de calcio, el oxígeno y el agua. Al solicitar la justificación de los procedimientos se busca que el estudiante use las leyes o garantías que conoce adicional a los datos que son el elemento más común al momento de construir un argumento.

Las preguntas son evaluadas de acuerdo con la interpretación del modelo argumentativo de Toulmin presentado por Olaya (2017) en el que se asignan niveles de valoración de uno (1) hasta cinco (5) a medida que se aumenta en la cantidad y complejidad de los elementos de la argumentación utilizados para redactar un argumento (tabla 2).

Tabla 2. Rúbrica de evaluación lenguaje verbal (Modificada de Olaya, 2017)

ELEMENTOS DE LA ARGUMENTACIÓN	NIVELES DE VALORACIÓN
Afirmaciones sobre hechos	1
Datos o evidencias que apoyan las afirmaciones	2
Garantías que explican las relaciones entre los datos y las afirmaciones	3
Cualificador modal	4
Refutaciones o afirmaciones que contradicen los datos	5

Se diseñaron las guías didácticas “Maravilloso mundo de los átomos” orientando el aprendizaje de los jóvenes en el concepto de enlace químico a partir de la implementación de actividades que fortalezcan el uso de los lenguajes de la química desde la perspectiva de Triana (2016), buscando una coherencia y conectividad entre los temas abordados a lo largo de cada guía, aprovechando los recursos del medio, entre ellos, aplicaciones digitales como la creación de animaciones en Flash y los PhET, a partir de los cuales se diseñaron laboratorios virtuales orientados a tener un sujeto activo y autónomo en su proceso de aprendizaje que pueda construir o reconstruir significados que formen parte del cambio conceptual frente al enlace químico.

En total fueron siete guías estructuradas así:

- Primero se presenta los objetivos planteados para superar los obstáculos encontrados.
- Segundo, la aplicación de una serie de actividades mediadas por los lenguajes inmersos en la enseñanza de la química, entre estos el verbal. Estas actividades fueron evaluadas de acuerdo con las rúbricas presentadas en las tablas 2, 3 y 4 que son caracterizadas por niveles de comprensión o reconocimiento de los elementos argumentativos desde 0 hasta 3, siendo tres el mayor nivel de competencia.
- Tercero, la reflexión sobre el proceso de aprendizaje y evaluación de las actividades.

Tabla 3. Caracterización de las actividades de las guías 1 a 3

Categorías	GUÍA 1				GUÍA 2	GUÍA 3
	Actividades					
	2a. Encuentra en el texto información asociada con la estructura del átomo	2b. Identifica en la lectura, leyes, principios o evidencias científicas relacionadas con la afirmación.	2c. Cual adverbio seleccionarias. Escribe como quedaría la nueva afirmación.	2d. Escribe un contraargumento para tu afirmación.	1, 2, 3a, 3b, 3c. A partir de los videos responde las preguntas	4. Escribe una afirmación y completa la tabla con los elementos de la argumentación
0	No realiza la actividad					
1	No identifica en el texto el elemento de argumentación solicitado				No puede extraer información de los videos	No identifica los elementos de argumentación solicitado
2	Identifica el elemento de argumentación solicitado, pero no lo utiliza adecuadamente.				Responde las preguntas pero no es coherente en su redacción	Identifica los elementos de argumentación solicitado, pero no lo utiliza adecuadamente.
3	Identifica el elemento de argumentación solicitado y lo utiliza adecuadamente.				Responde las preguntas coherente mente, de acuerdo con la información entregada	Identifica los elementos de la argumentación solicitados y los utiliza adecuadamente.

Tabla 4. Caracterización de las actividades de las guías 4 y 5

Categorías	GUÍA 4	GUÍA 5		
	Completar esquema conceptos básicos del átomo	Actividades		
		1. En qué consiste una fiesta muy elemental y realizar un dibujo para definir lo que aprendiste de la lectura	2. Escribe un argumento a favor o en contra para cada una de las afirmaciones.	3a.b. Explica la relación entre la energía que hay entre átomos y la formación de enlaces.
0	No realiza la actividad			
1	No selecciona adecuadamente la información para completar el esquema	No identifica las ideas principales de un texto, ni representa lo que aprendió.	No emplea los elementos de la argumentación para construir argumentos.	No identifica las ideas principales de un texto, ni representa lo que aprendió.
2	Selecciona información relevante en algunos de los temas para completar el esquema	Identifica las ideas principales del texto para explicar la idea central y/o representa claramente lo que aprendió por medio de un dibujo.	Emplea datos y/o garantías para construir un argumento.	Identifica las ideas principales del texto, pero no expresa la idea con coherencia.
3	Selecciona información relevante en todos los temas para completar el esquema	Identifica las ideas principales del texto para explicar la idea central y representa claramente lo que aprendió por medio de un dibujo.	Emplea los elementos de la argumentación para construir el argumento.	Identifica las ideas principales del texto y expresa coherentemente la idea.

Tabla 5. Caracterización de las actividades de las guías 6 y 7

Categorías	GUÍA 6		GUÍA 7
	Actividades		
	1. a.b. Define enlace covalente. Identifica tipo de representaciones de las moléculas	3. Plantee un afirmación con su correspondiente argumento	1. a.b.c. Relación entre electronegatividad, cationes, aniones y enlace iónico y entre electrones de valencia, Lewis, octeto y enlaces.
0	No realiza actividad		
1	No identifica las ideas principales para responder preguntas asociadas al texto	No emplea ningún elemento de la argumentación	No identifica las ideas principales para responder preguntas asociadas al texto
2	Identifica las ideas principales del texto para responder la pregunta uno o dos.	Plantea una afirmación, pero no da argumentos para sustentarla.	Identifica las ideas principales y responde algunas preguntas asociadas al texto
3	Identifica las ideas principales del texto para responder las dos preguntas.	Plantea una afirmación y emplea los elementos de la argumentación para sustentarla.	Identifica las ideas principales y responde todas las preguntas asociadas al texto

Las actividades de las guías (ilustración 1) son diseñadas en el marco de la teoría constructivista, se entrega al estudiante las herramientas necesarias para generar andamiajes que le permitan construir sus propios conocimientos en un proceso dinámico, participativo e interactivo.

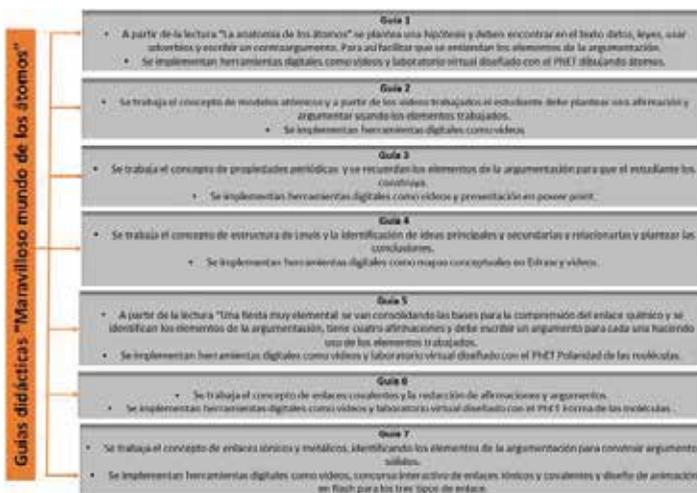
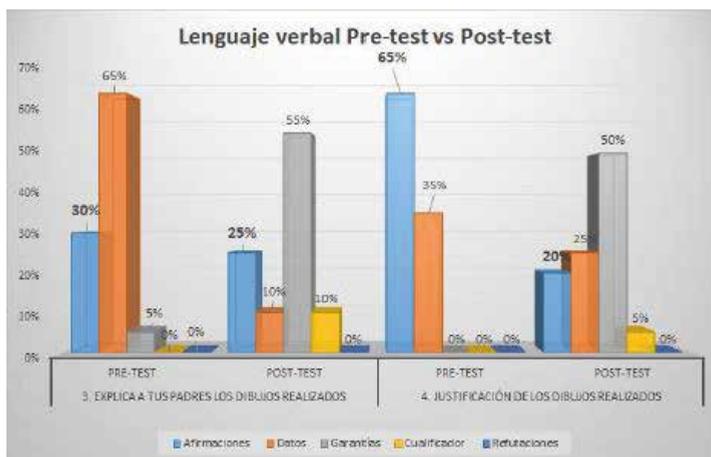


Ilustración 1. Esquema de las guías “Maravilloso mundo de los átomos”

En cada guía se implementan diversas estrategias tecnológicas para trabajar los diferentes conceptos que permiten la comprensión del enlace químico, generando así un cambio en el proceso de enseñanza tradicional en el que se encuentran inmersos los estudiantes.

Se plantea entonces un análisis de resultados antes y después de la aplicación de las guías didácticas desde un enfoque mixto que involucra aspectos cuantitativos a partir de la conversión de la información obtenida en porcentajes y sus respectivas gráficas, así como aspectos cualitativos del lenguaje verbal, finalmente se realizó un estudio comparativo entre el cuestionario implementado al inicio y al final de la investigación para determinar la relación entre la aplicación de la estrategia y el alcance del aprendizaje de los estudiantes sobre el concepto enlace químico y los temas asociados al mismo.

Los resultados obtenidos por los estudiantes en el pretest y postest se pueden observar en la gráfica 1, en la que se presentan las respuestas de las preguntas 3 y 4 diseñadas para evaluar el nivel de conocimiento del estudiante en el concepto de enlace químico, así como sus concepciones alternativas frente a temas fundamentales para el aprendizaje del mismo que pueden ser empleados como elementos en el planteamiento de su argumento.



Gráfica 1. Resultados pre-test y post-test en el lenguaje verbal

En la exploración de ideas previas la población estudiantil empleaba solo datos desconectados para dar explicaciones a los fenómenos presentados, en la gráfica 1 se observa que hasta el 65% de la población para dar respuesta a la pregunta 3 y 4 solo reconocen una afirmación, en el post-test más del 50% de la población utiliza hasta las garantías para redactar sus argumentos. Como es el caso del estudiante 7 (Ilustración 2) que para explicar la formación de los enlaces solo expresa “yo pensé que debían estar unidos por lo que uní 2 electrones entre los dos”.

Sustancia	Características de los elementos			Dibujo del enlace	Justificación	Procedimientos
	Elemento	n° de valencia	Electroneg.			
CaO Óxido de Calcio	Ca	2	1,0	$\begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \text{Ca} : \text{O} : \\ \cdot\cdot \end{array}$	Sus electrones se unen gracias a su electronegatividad y así se cumple la ley del octeto.	Los electrones de valencia se unen al otro elemento formando así un enlace iónico formado por un metal y un no metal.
	O	6	3,5			
O ₂ Oxígeno	O	6	3,5	$\begin{array}{c} \cdot\cdot \quad \cdot\cdot \\ \text{O} : \text{O} : \\ \cdot\cdot \quad \cdot\cdot \end{array}$	El oxígeno se une con otro oxígeno gracias a sus electrones de valencia y la capacidad que tienen de enlazarse.	Sus electrones se complementan primero se miran cuantos tienen y como se puede formar el enlace.
H ₂ O Agua	H	1	2,1	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{O} \\ \cdot\cdot \end{array}$	El enlace se forma ya que los hidrogenos son mas atómicos por el oxígeno generando así un enlace.	Hidrogeno y oxígeno, unidos tienen cargas diferentes por lo cual forman un enlace.
	O	6	3,5			

Ilustración 2. Argumentación del estudiante 7 para la formación de enlaces en el pretest

En el post-test (gráfica 1) hasta el 55% de los estudiantes en la actividad 3 emplea en sus argumentaciones las garantías, un elemento fundamental que le da soporte a los argumentos, ya que explican las relaciones entre los datos y las afirmaciones, en este nivel el estudiante es capaz de reconocer las leyes o principios que explican un fenómeno teniéndolos en cuenta al momento de escribir su argumento. De esta manera se puede observar el cambio que se da en los argumentos presentados por el estudiante 7, el cual, después de terminar las guías y ser evaluado nuevamente en el post-test expresa como se ve en la ilustración 3 “sus electrones se unen gracias a la electronegatividad y así se cumple la ley del octeto formando un enlace iónico formado por un metal y no metal”.

Sustancia	Características de los elementos			Dibujo del enlace	Justificación	Procedimientos
	Elemento	n de valencia	Electroneg.			
CaO Óxido de Calcio	Ca	2	1,0		Tienen que tener ocho electrones de valencia por lo que los unimos	Yo pensé que debían estar unidos por lo que uní 2 electrones entre los dos.
	O	6	3,5			
O ₂ Oxígeno	O	6	3,5		// lo mismo ↑	// lo mismo ↑
H ₂ O Agua	H	1	2,1		//	//
	O	6	3,5			

Ilustración 3. Argumentación del estudiante 7 para la formación de enlaces en el postest

III. CONCLUSIONES

La competencia comunicativa es esencial en el arte de hacer ciencia, es evidente que la falta de aprendizajes significativos limitan al estudiante para expresar ideas o recuerdos que tiene sobre algún concepto, generando un discurso con falencias propias de su desconocimiento, el cual será insuficiente para describir los procesos observados, con la implementación de estrategias argumentativas como el modelo de Toulmin se fortalece dicha habilidad, para efecto de esta investigación se tiene que más del 70% de los estudiantes identificó los principales elementos como son los datos y las garantías asociadas a una afirmación, los cuales permitieron evidenciar el avance significativo en las explicaciones que los educandos plantearon al finalizar la secuencia de guías que fortalecieron el concepto de enlace. Competencia que repercute en otras áreas de conocimiento al ser un eje transversalizador de la comunicación de los modelos mentales presentes en el estudiante.

El uso de los lenguajes de la química en el diseño de actividades para desarrollar contenidos escolares, es un medio a través del cual el alumno adquiere desde diferentes perspectivas información sobre los temas que se quieren desarrollar,

alcanzando las competencias conceptuales necesarias para tener elementos de anclaje que les permitirán conectar los nuevos conocimientos que deben pasar de la memoria a corto plazo a la memoria a largo plazo.

Se destaca el fortalecimiento de competencias básicas en los estudiantes, en el marco del modelo constructivista y del aprendizaje significativo se constituyó en una propuesta pedagógica que pone al estudiante en un rol central en el aula de clase, reestructurando sus estructuras cognitivas a partir de un proceso autónomo mediado por el uso de estrategias que implementan el lenguaje verbal, teniendo educandos motivados por la ciencia y con competencias que les permiten emplear sus habilidades tecnológicas para explicar exitosamente lo aprendido.

REFERENCIAS

- [1] Galagovsky, L., Bekerman, D., Di Giacomo, M. y Ali, S. (2014). Algunas reflexiones sobre la distancia entre “hablar química” y “comprender química”. *Ciencias Educativas*, 20(4), 758-799.
- [2] Galagovsky, L., Rodríguez, M., Stamati, N. y Morales, L. (2003). Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de ciencias naturales. Un ejemplo para el aprendizaje del concepto de reacción química a partir del concepto de mezcla. *Investigación Didáctica*, 21 (1), 107-121.
- [3] Olaya, O. (2017). Desarrollo de procesos argumentativos desde las prácticas de laboratorio sobre reacciones químicas. *Universidad Autónoma de Manizales, Maestría Virtual en Enseñanza de las Ciencias*, 8(2), 45-56.
- [4] Ordenes, R., Arellano, M., Jara, R. y Merino, C. (2014). Representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas sobre la materia. *Educación Química*, 25(1), 46-55.
- [5] Ordoñez, C. (2016). Unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje del concepto Enlace Químico (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia
- [6] Pinzón, L. (2014). Aportes de la argumentación en la constitución de pensamiento crítico en el dominio específico de la química (Tesis de maestría). Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.
- [7] Pinochet, J. (2015). El modelo argumentativo de Toulmin y la educación en ciencias: una revisión argumentada. *Ciência & Educação (Bauru)*, 21 (2), 307-327.

- [8] Triana, O. (2016). Enseñanza-aprendizaje de grupos funcionales de la química orgánica, basado en la extracción de principios activos presentes en la especie vegetal *Lippia alba* (Alivia Dolor) (Tesis maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

Biografía.Autor 1: Luz Adriana Ramírez Quintero

Magíster en la enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional sede Manizales; Licenciada en Ciencias Naturales, de la Universidad del Tolima; Tecnóloga Química, de la Universidad Tecnológica de Pereira; Docente de Biología y Química en secundaria y media en el Colegio Liceo Campestre de Pereira.

Biografía.Autor 2: Jorge Eduardo Giraldo Arbeláez

Magister en Ciencias-Química, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá; Profesor asociado Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; Docente Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. ORCID: 0000-0002-4102-5701.

Áreas de investigación: Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias Exactas y Naturales, Química General.

Biografía.Autor 3: Héctor Jairo Osorio Zuluaga

Doctor en Ciencias-Química, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá; Profesor asociado Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; Director Departamento de Física y Química, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; Docente Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; Investigador Asociado Colciencias. ORCID: 0000-0002-0227-588X.

Áreas de investigación: Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias Exactas y Naturales, Química Orgánica.