



REVISTA INTERNACIONAL DE
APRENDIZAJE EN CIENCIA,
MATEMÁTICAS
Y TECNOLOGÍA

VOLUMEN 4
NÚMERO 2

**REVISTA INTERNACIONAL DE
APRENDIZAJE EN CIENCIA, MATEMÁTICAS
Y TECNOLOGÍA**
VOLUMEN 4, NÚMERO 2, 2017



REVISTA INTERNACIONAL DE APRENDIZAJE EN CIENCIA, MATEMÁTICAS Y TECNOLOGÍA
<http://sobrelaeducacion.com/revistas/coleccion/>

Publicado en 2017 en Madrid, España
por Global Knowledge Academics
www.gkacademics.com

ISSN: 2386-7582

© 2017 (revistas individuales), el autor (es)

© 2017 (selección y material editorial) Global Knowledge Academics

Todos los derechos reservados. Aparte de la utilización justa con propósitos de estudio, investigación, crítica o reseña como los permitidos bajo la pertinente legislación de derechos de autor, no se puede reproducir mediante cualquier proceso parte alguna de esta obra sin el permiso por escrito de la editorial. Para permisos y demás preguntas, por favor contacte con <soporte@gkacademics.com>.

La REVISTA INTERNACIONAL DE APRENDIZAJE EN CIENCIA, MATEMÁTICAS Y TECNOLOGÍA es revisada por expertos y respaldada por un proceso de publicación basado en el rigor y en criterios de calidad académica, asegurando así que solo los trabajos intelectuales significativos sean publicados.

REVISTA INTERNACIONAL DE APRENDIZAJE EN CIENCIA, MATEMÁTICAS Y TECNOLOGÍA

Director científico

María del Carmen Escribano Ródenas, Universidad CEU San Pablo, España

Consejo editorial

Aleska Cordero, Universidad Nacional Abierta, Venezuela

Rafael Paniagua Zapatero, Universidad CEU San Pablo, España

Antônio Vanderlei dos Santos, Universidade Regional Integrada, Brasil

Nancy Viana Vázquez, Universidad de Puerto Rico en Rio Piedras, Puerto Rico

Marisol Cipagauta, Corporación Universitaria Minuto de Dios, Colombia

Magda Pereira Pinto, Instituto Federal do Rio de Janeiro, Brasil

Salvador Ponce Ceballos, Universidad Autónoma de Baja California, Mexico

Índice

El Conceptos de Reacción Química: una experiencia significativa en estudiantes universitarios	1
<i>Fernando Fontalvo Asprilla, María Victoria Alzate Cano</i>	
Aprendizaje Basado en la Investigación (ABI) como potencializador del estudio fisiológico de especies agrícolas y arbóreas del bosque Alto Andino, Colombia	9
<i>Martha Patricia Ochoa Reyes, Miguel Antonio Murcia Rodríguez</i>	
Enseñar química y motivar con un click	17
<i>Rosa María García Lopera</i>	
Propuesta didáctica de matemáticas	27
<i>Vinicio Vásquez Bernal</i>	



Table of Contents

The Concept of Chemical Reaction: a Significant Experience in University Students	1
<i>Fernando Fontalvo Asprilla, María Victoria Alzate Cano</i>	
Research-based learning (ABI) as a potentializer of the physiologic study of agricultural and arboreal species in the high andean forest, Colombia	9
<i>Martha Patricia Ochoa Reyes, Miguel Antonio Murcia Rodríguez</i>	
Teaching Chemistry and Motivating with a Click!	17
<i>Rosa María García Lopera</i>	
Didactic Proposal of Mathematics	27
<i>Vinicio Vásquez Bernal</i>	



EL CONCEPTO DE REACCIÓN QUÍMICA: UNA EXPERIENCIA SIGNIFICATIVA EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS

The Concept of Chemical Reaction: a Significant Experience in University Students

FERNANDO FONTALVO ASPRILLA¹, MARÍA VICTORIA ALZATE CANO²

¹ Universidad de Burgos, España

² Universidad de Antioquia, Colombia

KEY WORDS

*Meaningful Learning
Language Chemical
Chemical Reaction*

ABSTRACT

This paper investigates how four students of First Level University of a Chemistry Program, learn a set of concepts and situations interrelated with Chemical Reaction. From the Ausubelian Educational Psychology, the previous concepts are investigated, and later, their modification when they interact with tasks and experimental chemical reactions. The students' answers are analyzed and classified into three categories: Argumentative, Language and Procedural. Initially assume the concept of chemical reaction as a mixture and union of substances, and do not represent with chemical equations. They advance to differentiate mixture and chemical reaction, represent it and conceptualize it as a combination of substances.

PALABRAS CLAVE

*Aprendizaje Significativo
Lenguaje Químico
Reacción Química*

RESUMEN

Este trabajo indaga cómo cuatro estudiantes de Primer Nivel universitario de un Programa de Química, aprenden un conjunto de conceptos y de situaciones interrelacionadas con Reacción Química. Desde la Psicología Educativa Ausubeliana se indaga los conceptos previos, y posteriormente, su modificación cuando interaccionan con tareas y reacciones químicas experimentales. Las respuestas de los estudiantes se analizan y clasifican en tres categorías: Argumentativa, Lenguaje y Procedimental. Inicialmente asumen el concepto de reacción química como mezcla y unión de sustancias, y no representan con ecuaciones químicas. Avanzan a diferenciar mezcla y reacción química, la representan y la conceptualizan como combinación de sustancias.

1. Introducción

La enseñanza y el aprendizaje significativo del concepto de Reacción Química es de interés en este estudio, dado que es central en el currículo de Química y en los procesos de transformación de los materiales, es un concepto esencial de la Química manifiesto en una amplia diversidad de situaciones de modificaciones químicas, que cual pone en acción variadas redes conceptuales que implican a los conceptos sustancia, mezcla, fórmula química, ecuación química y estequiometría entre otros, así como el asumir de modo consciente nombres y símbolos químicos para referirse a las cambios químicos de modo oral y escrito y a las representaciones de ellos en la perspectiva molecular.

El aprendizaje significativo del concepto reacción química mediado por el reconocimiento de diferentes transformaciones químicas tanto de modo conceptual como experimental, y organizadas en un material potencialmente significativo, aporta a la formación académica e intelectual de los estudiantes, les brinda herramientas para la comprensión y aporte en las actividades científicas de su campo de acción, y contribuye al desempeño como profesionales idóneos. Si desde los primeros semestres académicos se enseña en forma significativa y no mecánica y memorística los conceptos relacionados con reacción química, se espera en el transcurso del tiempo un avance conceptual y una estructura cognitiva con mayor grado de generalidad e inclusividad en lo que respecta a la complejidad del significado y los tipos de reacción química.

Resultados de investigaciones muestran que el aprendizaje del concepto de Reacción Química y de tipos de reacción es un proceso complejo, requiere de tiempo y se dificulta a los estudiantes asimilarlo de forma adecuada. La investigación de Stains y Talanquer (2007), da a entender que sólo el proceso de clasificación de reacciones químicas utilizando representaciones de fórmulas moleculares y espaciales por parte de estudiantes de diferentes niveles académicos (pregrado y postgrado en Química), no evidencia un gran avance en la manera como clasifican. De igual forma la investigación realizada por Salsona, Izquierdo y Jong (1998) analizan que el concepto de reacción química, no es fácil de conceptualizar y de asimilar por parte de los estudiantes, aunque tengan experiencias teóricas y prácticas en el aula de clase. De otra parte, experiencias personales y de algunos investigadores universitarios en educación (Alzate, 2006), (Medina de Rivas, 2007), indican que los estudiantes de últimos niveles de secundaria, del semillero de química y de primeros niveles universitarios, se les dificulta asimilar y conceptualizar los conceptos, las representaciones y

el lenguaje para resolver situaciones que involucran reacciones químicas.

La Investigación Conceptos de Reacción Química en estudiantes de Primer Nivel Universitario en una Perspectiva de Aprendizaje Significativo, indaga cómo 4 estudiantes matriculados en el primer semestre del programa de Química de la Universidad de Antioquia, en un curso teórico de Soluciones y Estequiometría, aprenden significativamente el concepto de Reacción Química y conceptos relacionados como sustancia y mezcla, y de esta manera dar un primer paso a estudiar, entender y racionalizar dificultades para el aprendizaje significativo. Mediante un análisis cualitativo descriptivo de un estudio de casos se estudia en un principio los conceptos previos y en segundo lugar, cómo se modifican y avanzan.

2. Marco Teórico

El Marco Teórico que soporta esta investigación cualitativa descriptiva es la Teoría de Aprendizaje Significativo, la cual expone las condiciones necesarias para potencializar un aprendizaje y, por otra parte, el enfoque epistémico molar y molecular de Reacción Química.

2.1. Teoría de Aprendizaje Significativo de David Ausubel

Según Rodríguez, Moreira y otros (2004), la Teoría de Aprendizaje Significativo, fue propuesta por primera vez en 1963 por el profesor David P. Ausubel, con el objetivo de introducir una teoría para el aula de clase enfocada a la manera de cómo la estructura cognitiva del aprendiz se modifica mediante la interacción de un material potencialmente significativo con ideas relevantes y pertinentes precedentes (subsumidores), interacción mediada por el profesor y el lenguaje natural y químico; el docente prepara y organiza el material educativo necesario para favorecer la interacción y provocar una transformación tanto de las ideas planteadas en el material de estudio como del aspecto de interés de la estructura cognitiva del aprendiz. En esta perspectiva es fundamental que el estudiante tenga disposición propositiva para el aprendizaje significativo y un material con significatividad lógica y psicológica que permita la asimilación de significados de modo sustantivo y no mecánico ni arbitrario.

Al ser el concepto de reacción química un concepto fundamental y complejo, se requiere para su aprendizaje que el estudiante articule en su estructura cognitiva los conceptos asimilados de manera significativa, que puede proceder de modo subordinado, superordinado y combinado; según Moreira (2000), en general los estudiantes transitan inicialmente por el aprendizaje mecánico y por el aprendizaje significativo subordinado, por las

relaciones subordinadas de nuevos conceptos a conceptos ya elaborados, los cuales se modifican en la interacción y se reestructuran posibilitando mayor grado de significatividad.

2.2. Concepto de Reacción Química

Los conceptos en química según Jensen (1998) se pueden organizar en tres grandes categorías: molar, molecular y eléctrica y en tres dimensiones: Composición-Estructura, Energía y Tiempo. En este trabajo son relevantes las categorías molar y molecular y la dimensión composición, en cuanto implican las sustancias y las mezclas, las reacciones químicas y la representación molecular en términos de fórmulas químicas y ecuaciones químicas.

Desde el punto de vista macroscópico o molar una reacción química, es un proceso mediante el cual una o más sustancias reactantes bajo ciertas condiciones de Presión, Temperatura y Concentración, cambian la relación cualitativa y cuantitativa entre los elementos que las constituyen, se modifican para ser otras sustancias diferentes, con propiedades tanto físicas y químicas distintas a la(s) sustancia(s) original(es). Las propiedades de las sustancias se modifican en el transcurso de la reacción química, las cuales a nivel experimental se pueden medir y verificar observando cambios en: la temperatura de fusión, ebullición, en la solubilidad, la conductividad, la densidad, la basicidad, la acidez, el índice de refracción, la viscosidad y la fase, esta última depende de las condiciones contextuales de la reacción.

La segunda categoría, la molecular, para interpretar una reacción química, asume que una sustancia son moléculas conformadas por elementos químicos que tienen la capacidad de combinarse con otros elementos por medio de la valencia química. Así, sí en una reacción química cambia la relación que tiene un elemento en una sustancia simple o compuesta y se relaciona con otro(s) elemento(s) para formar otra nueva molécula lo realiza en términos de cambio en la composición cualitativa y cuantitativa, lo cual es perceptible mediante el razonamiento de la valencia química traducido a las modificaciones en la fórmula molecular de cada uno de los reactivos y productos.

En esta investigación se opta por las categorías molar y molecular, al ser de interés observar la posibilidad de un cambio significativo en el concepto de reacción química desde el punto de vista molar y su asimilación cuando los estudiantes utilizan representaciones de la categoría molecular.

3. Metodología

3.1. Enfoque

El enfoque de la investigación está enmarcado en el paradigma cualitativo, el cual permite describir los

comportamientos, acciones y aptitudes de un grupo social de una manera descriptiva al percibir la realidad en donde está inmersa el objeto de estudio, con el fin de caracterizar lo más cercano posible el entorno social (Quintana, 2006). Para el caso de la investigación el grupo social son los cuatro estudiantes, el entorno social el aula de clase, y la realidad la descripción del concepto de reacción química y el lenguaje químico y natural que adquieren al representar cambios químicos durante el desarrollo del curso teórico de Soluciones y Estequiometría.

3.2. Conformación del caso: Participantes

Los participantes de la Investigación son estudiantes de la Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Instituto de Química; matriculados en el programa de Química, inscritos en el grupo 04 de la asignatura Soluciones y Estequiometría en el Horario MJ 6:00-8:00 y en diferentes grupos del laboratorio del curso "Técnicas de Laboratorio Químico", las dos asignaturas son complementarios y la primera es correquisito de la segunda. El curso está dirigido por la asesora de la Investigación, profesora de tiempo completo y la aptitud del investigador en el aula es realizar registros, percibir en los estudiantes aptitudes durante el aprendizaje, y en los talleres posibilitar la consolidación de los conceptos vistos en los cursos teórico y práctico, mediante resolución de problemas de lápiz y papel, pruebas de evaluación sumativa y formativa, el desarrollo de reacciones químicas vía experimental y la elaboración de mapas conceptuales.

3.3. Criterios de selección de los estudiantes

Esta ponencia hace parte de una investigación estructurada de modo secuencial en tres fases: veintinueve, diez y cuatro estudiantes, los cuales fueron seleccionados teniendo en cuenta varios criterios, con el objetivo de describir el avance cognitivo de los estudiantes en el transcurso de la intervención en el curso teórico y en la participación de talleres formativos. Los criterios de selección se deciden con base a cinco registros completos desarrollados por los estudiantes, participación en los grupos de estudio en clase y en los talleres, expresar de modo escrito respuestas y procedimientos según las tres categorías establecidas (Argumental, Lenguaje y Procedimental). Además, en el paso a paso, el compromiso del alumno con el querer aprender de forma significativa y cumplir con el 100% de la asistencia a talleres y clases.

3.4. Categorías de análisis

Para organizar y detallar la descripción de los conceptos previos de reacción química y su posible modificación, se categorizan las respuestas en:

Argumentativa, Lenguaje y Procedimental, cada una estructurada en tres subcategorías o niveles, la primera en Básica, Literal y Conceptual; la segunda en Cotidiano, Científico y Propositiva; y la última, en Bajo, Intermedio y Alto. En la categoría argumentativa se indaga y describe cómo los participantes argumentan sus procedimientos, ya sea matemático, un esquema o el resultado final de una actividad. La segunda describe cómo los estudiantes utilizan el lenguaje natural y químico. La tercera categoría describe cómo los estudiantes

comprenden un enunciado, realizan un esquema y/o plantean un procedimiento matemático.

4. Discusión de Resultados

El análisis de las respuestas de los cuatro estudiantes bajo las tres categorías y subcategorías, y la comparación del avance en la conceptualización y la representación de reacciones químicas se expresa de modo sintético en la siguiente tabla:

Tabla 1. Resultados de los Estudiantes por Categorías y subcategorías de Análisis

Estudiantes	Categorías					
	Argumentativa		Lenguaje		Procedimental	
	Literal	Conceptual	Cotidiana	Propositiva	Baja	Alta
Siete		X		X		X
Diecisiete		X		X	X	
Veinte		X		X	X	
Veintiocho	X		X		X	

Algunas razones de este cuadro se fundamentan, por ejemplo, en las respuestas de dos estudiantes:

Figura 1. Participante Siete. Cuestionario I. Definición de Reacción Química.

Una reacción química en medio acuoso se refiere a la reacción de sustancias en medio de agua. Algunas sustancias son capaces de disociarse en este solvente de acuerdo a la naturaleza de estas:

$$HCl(aq) + H_2O(l) \rightarrow H^+(aq) + Cl^-(aq)$$

Figura 2. Participante Siete. Cuestionario II. Definición de Reacción Química.

Esta interacción de una o más sustancias las cuales conllevan a la transformación de las mismas y produce una(s) sustancia(s) nueva(s). Estos procesos pueden ser reversibles o irreversibles.

$$2KClO_3 \xrightarrow{MnO_2} 2KCl + 3O_2$$

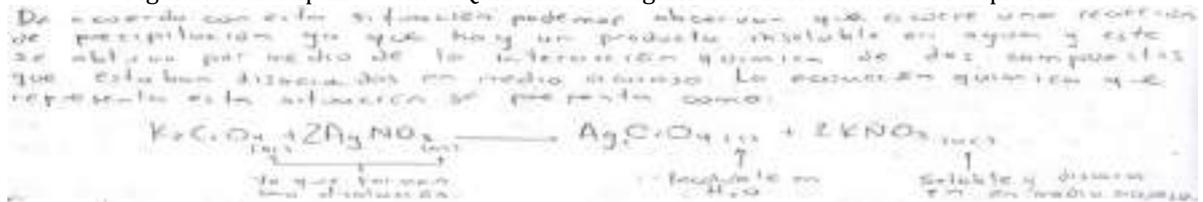
El análisis de estas respuestas a dos cuestionarios (figura 1 y 2) del estudiante **Siete**, el primero al inicio de la investigación y el segundo al final, permite afirmar que la idea previa sobre reacción química confunde mezcla y reacción química, al relacionarse una disolución acuosa, lo cual es consecuente con el ejemplo de la disolución acuosa del cloruro de hidrógeno, después de la intervención progresa en el concepto de reacción química, introduce y amplía en su nueva definición varios aspectos: incluye tipos de reacciones como reversible e irreversibles, descomposición y combinación al mencionar que se produce entre una o varias sustancias, las relaciones estequiométricas que se dan en un cambio químico expresadas en una ecuación química. Esta respuesta muestra el avance en la categoría Argumentativa y subcategoría Conceptual y en la categoría Lenguaje subcategoría Propositiva. Las respuestas de los tres participantes presentan similitudes al avance y conceptualización de cambio químico respecto al participante Siete.

Al indagar el concepto por medio de tres clases de reacciones químicas de neutralización, precipitación y óxido-reducción. Para el primer caso, reconocen en las disoluciones el carácter ácido y básico necesario para la neutralización, la concentración de las especies, al cambio de pH y la producción de una sal disuelta y agua líquida, pero resolver situaciones que involucran cambio químico de neutralización, solo un estudiante, en la del jugo gástrico la resuelve; para el segundo caso, su definición es en términos de "hay un producto insoluble en agua y este se obtuvo por medio de la interacción química de dos compuestos que estaban disociados en medio acuoso", este es el caso del estudiante Veinte mostrado en la figura 3, en el cual aparte de definirla ejemplifica con una ecuación química, y para el tercer caso, en la reacción redox, tres estudiantes plantean la ecuación química, reconocen el reactivo límite e identifica cual es el producto de reacción y la mezcla final por medio de una figura. El concepto de reacción química de los

cuatro estudiantes parece ser en términos de "interacción o combinación de una o más sustancias para formar otras". Los estudiantes **Siete y Veintiocho** hacen referencia a cambios en las propiedades físicas y químicas de reactivos a

productos. Sin embargo, los participantes **Veinte y Veintiocho** al representar escriben ecuaciones químicas de mezclas acuosas para el ácido clorhídrico y sulfúrico.

Figura 3. Participante Veinte. Quiz Clase IV. Significado de Reacción de Precipitación



Respecto al lenguaje, se describe el lenguaje químico que los estudiantes utilizan para representar reacciones químicas con fórmulas de composición, ecuaciones químicas moleculares e iónicas. Inicialmente los participantes no representaban las situaciones planteadas con símbolos químicos, incluso escriben símbolos no relacionados con el lenguaje químico, sin ser autónomos en la escritura de fórmulas y ecuaciones químicas (figura 4). Luego, los participantes escriben las fórmulas en varios casos sin el contexto de las sustancias, representan con ecuaciones

químicas las situaciones que involucran mezclas y sustancias, la dificultad radica en el establecimiento de relaciones de proporcionalidad entre los reactivos y los productos. Es así como el participante **Diecisiete**, no representa con fórmulas químicas o nombra sustancias químicas a partir de un enunciado, al final del trabajo colaborativo, progresa en la representación con fórmulas y ecuaciones químicas (iónicas y netas), para el caso de una reacción química de precipitación, como se puede comparar en las figuras 4 y 5.

Figura 4. Participante Diecisiete. Representación con Fórmulas Química.



Figura 5. Participante Diecisiete. Representación con Ecuaciones Químicas.

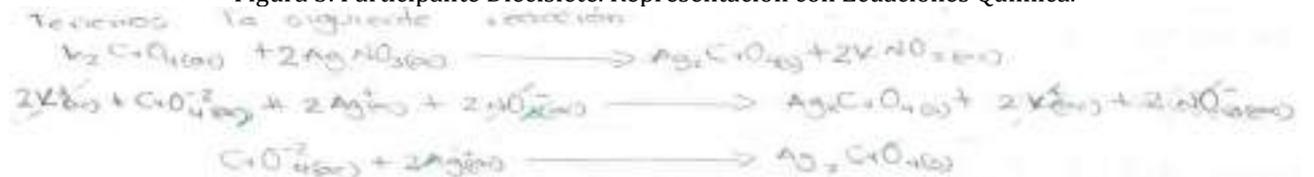


Figura 6. Participante Veintiocho. Mapa Conceptual I sobre Reacción Química.

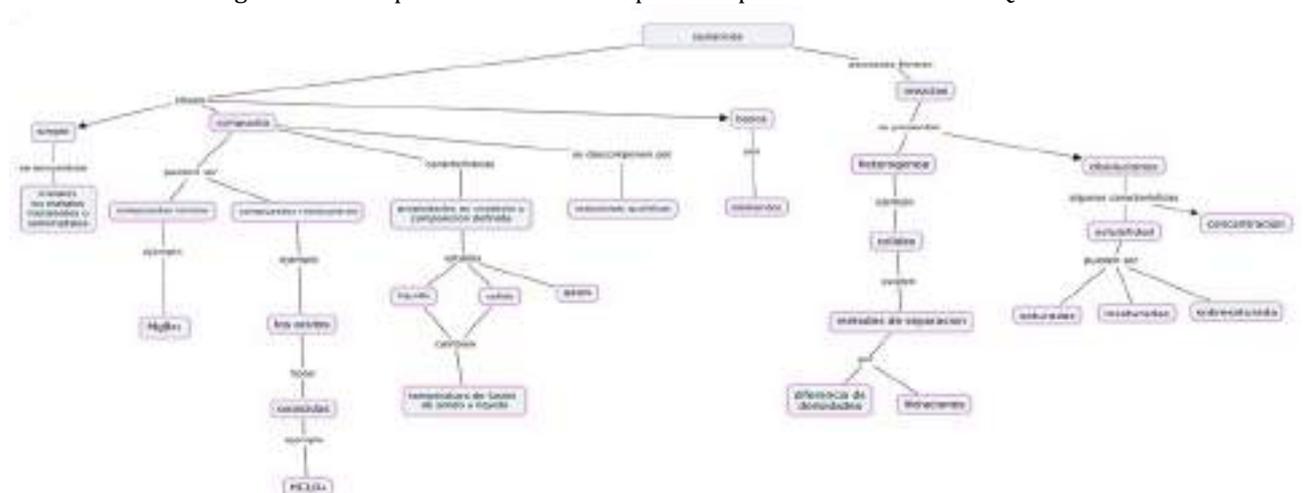
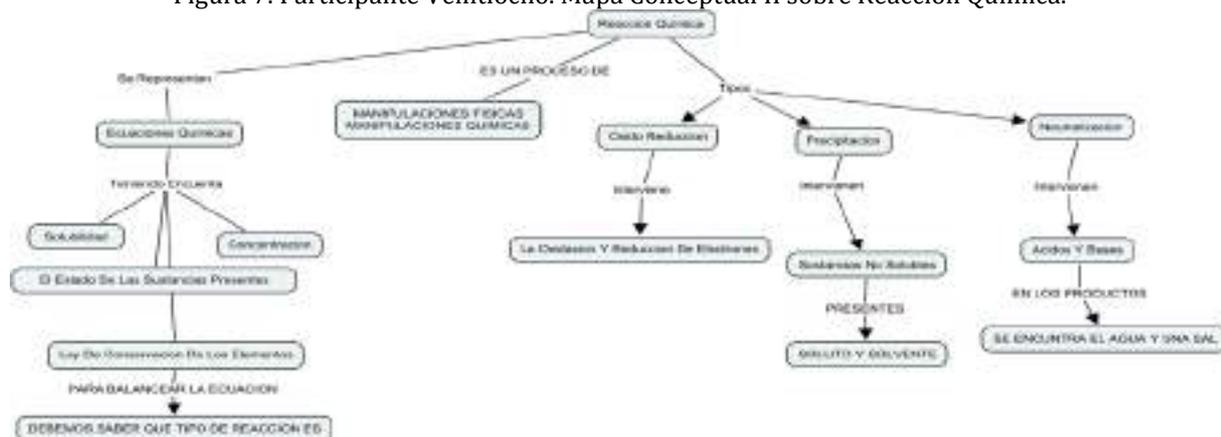


Figura 7. Participante Veintiocho. Mapa Conceptual II sobre Reacción Química.



Para finalizar, al comparar los dos mapas conceptuales sobre reacción química realizados por el estudiantes **Veintiocho** (ver figuras 6 y 7), uno al inicio y otro al final de la intervención en el aula, en el segundo mapa comparado con el primero: toma el concepto de reacción química como concepto central, diferencia y caracteriza tres clases de reacciones químicas y las caracteriza, incluye la representación del cambio químico por medio de ecuaciones químicas, reconoce las relaciones cualitativas y cuantitativas entre reactivos y productos, e incluye las fases de las sustancias. Lo anterior evidencia el avance en la categoría Argumental, al construir su propio concepto sobre reacción química de manera espontánea, debido a que no se le dieron los parámetros y conceptos para tener en cuenta en la realización del mapa conceptual.

5. Consideraciones Finales

El Concepto de Reacción Química manifiesto de forma significativa por los cuatro estudiantes al final de la intervención es: **“interacción o combinación de una o más sustancias para formar otras”**.

Los estudiantes **Siete** y **Veintiocho** hacen referencia a cambios en las propiedades físicas y químicas de reactivos a productos. Sin embargo, los participantes **Veinte** y **Veintiocho** al representar escriben ecuaciones químicas de mezclas acuosas para el ácido clorhídrico y sulfúrico. Respecto al significado sobre cambio químico manifiesto en el intermedio de la investigación, *transformación de sustancias y de su composición*, el cual solo lo expresa los estudiantes **Veinte** y **Veintiocho**, ha progresado: anotan en la definición el término interacción, hacen referencia a las clases de reacciones como descomposición, neutralización y precipitación, incluyen cambios de las sustancias respecto a sus propiedades físicas y químicas, y los ejemplos son coherentes con la respectiva definición de reacción química.

Con base en lo anterior y al relacionar las tres categorías, Argumentativa, Lenguaje y

Procedimental, se describe los cambios de los cuatro estudiantes:

- En la categoría Argumentativa, tres estudiantes avanzaron hasta la subcategoría Conceptual, es decir, construyen sus propias definiciones y conceptos, y argumentan sus respuestas sin la necesidad de preguntárselos; y un estudiante, cumple con todos los registros y queda en la subcategoría literal, usa definiciones literales vista en clase o en libros de texto para argumentar sus respuestas y procedimientos.
- En la categoría de Lenguaje, los tres estudiantes anteriores, avanzaron en la subcategoría Propositiva, usan terminología científica, propone relaciones entre el lenguaje cotidiano y científico. Además, escriben símbolos químicos sin la necesidad de preguntárselos; y un estudiante, en la subcategoría Cotidiana, usa terminología del lenguaje no científico de la química, se basa en el lenguaje natural y cotidiano, presenta dificultad en la representación de sustancias químicas, mezclas heterogéneas y homogéneas (saturadas, insaturadas y sobresaturadas) y reacciones químicas con símbolos químicos, fórmulas químicas y ecuaciones químicas.
- Por último, en la Categoría Procedimental, un estudiante, avanza en la subcategoría Alta, construyen procedimientos alternos para dar solución a situaciones química, construye mapas conceptuales completos, con relaciones entre conceptos variados; y tres estudiantes en la subcategoría Baja, presentan confusiones en plantear procedimientos matemáticos y esquemas de situaciones químicas.

Al hacer una lectura comparativa de las definiciones de los cuatro estudiantes, con el significado planteado por el investigador, en varios aspectos tienen similitudes, lo cual es de esperarse debido a que los talleres y clases se orientaron a expresar e impartir este significado, es decir, los estudiantes construyen su propio concepto retomando aspectos impartidos en el aula. Además, la forma como lo construyen y aprenden

de forma significativa lo hacen de forma Subordinado, al aprender de lo general a lo particular, a medida que se avanza en el conocimiento se vuelve más específico y más preciso. Esto se puede analizar al describir cómo en un principio tenían un concepto general de reacción química y luego fueron especificando en las clases de reacciones, definir las y representarlas.

Cabe mencionar, que las experiencias prácticas con reacciones químicas como material potencialmente significativo, en las cuales los estudiantes participan en los talleres formativos, posibilitan en ellos un mayor conocimiento tanto teórico como práctico de una reacción química, en especial de neutralización, esto se refleja en las respuestas dadas por los estudiantes en los cuestionarios y talleres.

Por último, los resultados de la investigación revelan la complejidad del aprendizaje significativo de conceptos científicos, en este caso de la red conceptual de Reacción Química: sustancias y clases de sustancias, mezclas y clases, homogéneo y heterogéneo, fase de las sustancias y su representación, durante el proceso tanto los estudiantes como los docentes se comprometen de manera consiente a querer aprender y posibilitar en el otro dicho aprendizaje respectivamente. Los estudiantes en algunas pruebas se percibe un progreso en las tres categorías y luego no se observa en nuevos instrumentos dichos avances, señal de la complejidad y no linealidad del aprendizaje, tal como lo mencionan los autores Stains y Talanquer (2007) y Salsona, Izquierdo y Jong (1998).

Referencias

- Alzate Cano, María Victoria (2006). Aprender significativamente y clasificar en química. *Investigações em Ensino de Ciências*, 11(3), 285-302.
- Ausubel, D.P. (1976). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Barcelona: Paidós.
- Furio, C. y Domínguez, M.C (2007). Usual teaching deficiencies when explaining the macroscopic concepts of substance and chemical change, *Journal of Science Education*, 4 (3), 84-92.
- Jacob, C. 2001, Analysis and Synthesis, Interdependent Operations in Chemical Language and Practice, *HYLE-International Journal for Philosophy of Chemistry*, 7, 1, 31-50.
- Jensen, W. Logic, History, and the Chemistry Textbook I. Does Chemistry Have a Logical Structure? *Journal of Chemical Education*, 75 (6) 1998.
- Medina de Rivas, L. (2007). Significados previos de un grupo de estudiantes de grado décimo acerca de los conceptos sustancia, elemento y cambio químico y su posible progreso conceptual. Tesis de Maestría no publicada, Facultad de Educación, Universidad de Antioquia.
- Moreira, Marco Antonio (2000). *Aprendizaje Significativo: Teoría y Práctica*. Editorial Aprendizaje Visor, España.
- Quintana, A. (1996). Un modelo de aproximación empírica a la investigación en psicología y ciencias humanas. *Revista Peruana de Psicología*. 1 (1), 7-25.
- Rodríguez, M. L., Moreira, M. A., Caballero, C., Greca, I. (2004), *Aprendizaje Significativo en la Perspectiva de la Psicología Cognitiva*, Barcelona, ediciones Octaedro, versión electrónica.
- Solsona, Izquierdo y Jong (2003). Explorando el desarrollo cognitivo de los estudiantes sobre cambio químico. *International Journal of Science Education*, 45 (1), 3-12.
- Stains, M. y Talanquer, V. (2008). Classification of chemical reactions: stages of expertise, *Journal of Research in Science Teaching*, 45 (7), 771-793.
- Stavridou H. y Solomonidou C. (1998). Reorganización conceptual y la construcción del concepto de reacción química en educación secundaria. *International Journal of Science Education*, 20 (2), 205-221.
- Van Driel, Wobbe y otros (1998). Desarrollo de concepciones en estudiantes de secundaria de reacción química: introducción al equilibrio químico. *International Journal of Science Education*, 20 (4), 379-392.

APRENDIZAJE BASADO EN LA INVESTIGACIÓN (ABI) COMO POTENCIALIZADOR DEL ESTUDIO FISIOLÓGICO DE ESPECIES AGRÍCOLAS Y ARBÓREAS DEL BOSQUE ALTO ANDINO, COLOMBIA

Research-based learning (ABI) as a potentializer of the physiologic study of agricultural and arboreal species in the high andean forest, Colombia

MARTHA PATRICIA OCHOA REYES, MIGUEL ANTONIO MURCIA RODRIGUEZ

Universidad de Pamplona, Colombia

KEY WORDS

*Research-based learning (ABI)
Interests' pedagogy
Plant physiology
High andean forest
Colombia*

ABSTRACT

Pedagogical strategies following both the ABI model and the interest pedagogy were implemented in order to vegetal physiology lesson students to promote their motivation, basic competences and research abilities, and to develop in a holistic way the conceptualization of plants as open, complex and cybernetic systems. So, higher levels of motivation and researching abilities were achieved, as expressed by better resolutions of biological questions, along with empowering of the experimental design and the statistical method, in addition to a high expository capacity of both written and verbal results during the public defens of talks in national congresses.

PALABRAS CLAVE

*Aprendizaje basado en la investigación (ABI)
Pedagogía de los intereses
Fisiología vegetal
Bosque altoandino
Colombia*

RESUMEN

Para promover la motivación, las competencias básicas y las habilidades investigativas en los estudiantes del curso de fisiología vegetal y desarrollar de manera holística la conceptualización de planta como sistema abierto, complejo y cibernético, se implementaron estrategias pedagógicas siguiendo el modelo ABI y la pedagogía de los intereses. Así, se alcanzaron mayores niveles de motivación y de capacidad investigativa, expresada en una mejor resolución de las preguntas biológicas, con empoderamiento del diseño experimental y del método estadístico; además, de una alta capacidad expositiva de los resultados tanto escritos como verbales, junto con la defensa pública de ponencias en congresos nacionales.

1. Introducción

El programa Biología de la universidad de Pamplona, tiene la misión de formar profesionales competentes en ciencias naturales que desarrollen investigación científica para el conocimiento y conservación de nuestra biodiversidad, que es una de las más ricas del planeta. Sin embargo, los estudiantes de fisiología vegetal (séptimo semestre), presentaban problemas en las competencias básicas e investigativas, factores causados, posiblemente, por llevar a cabo procesos pedagógicos, más centrados en el papel del docente que en el educando; se venían aplicando estrategias didácticas poco innovadoras, siendo en la mayoría de los casos, de tipo magistral y autoritaria, privilegiando más la conceptualización y la memorización que el desarrollo del pensamiento científico. Los estudiantes al ingresar al curso, traían un nivel básico de estadística y de diseño experimental, sin embargo, al pretender hacer experimentos básicos de fisiología vegetal, presentaban frustración y angustia, ya que no sabían apropiarse del conocimiento a la realización de un diseño experimental, también se observó deficiencias en el manejo de bases de datos sencillas. Desde el año 2013, periodo en que se detectaron estas falencias, se empezaron a desarrollar estrategias pedagógicas apoyadas por el modelo de "Aprendizaje Basado en la Investigación (ABI)", con la intención de promover activamente el desarrollo de competencias científicas ligadas a los temas de la asignatura, además se pretendía motivar el estudio de la fisiología vegetal de las especies del bosque altoandino, sistemas vegetales de fácil acceso en nuestra ciudad. Un factor importante que se tuvo en cuenta fue el de priorizar en los temas o preguntas que más interesaran a los estudiantes.

2. Referentes teóricos

La estrategia didáctica del Aprendizaje Basado en la Investigación (ABI), potencia el desarrollo de competencias que promueven una actitud investigadora y actualmente ha despertado mucho interés en algunas universidades, a nivel de pregrado y postgrado, involucra en el proceso de aprendizaje acciones de investigación, teniendo como ventajas de su aplicación las de obtener trabajos innovadores e interdisciplinarios, favoreciendo la capacidad investigativa de los estudiantes, convirtiéndose en responsables de su propio proceso de aprendizaje (Torres, 2010).

Cobos et. al (2016) al realizar una revisión sobre el desarrollo histórico del método ABI (RBL, las siglas en inglés), mencionan que los inicios se realizaron partir del informe de la Comisión Boyer, para la educación y la investigación en las universidades de los Estados Unidos,

recomendando la implementación de este método, ya que las universidades estadounidenses carecían de conocimientos científicos adecuados, un bajo compromiso con la creación y producción de conocimiento y la separación de la investigación y la actividades de enseñanza en las aulas universitarias. También señalan, que en el contexto latinoamericano, el Instituto Tecnológico y de Educación Superior de Monterrey en el año 2010, empezó a promover activamente el método con la intención de conectar la investigación con la enseñanza y el aprendizaje, permitiendo la incorporación parcial o total del alumno en una investigación basada en procesos científicos, bajo la supervisión del profesor.

Rojas y Méndez (2013), mencionan que ABI al ser un modelo constructivista presenta algunas ventajas adicionales, en particular serían:

- Ingresar al estudiante en el camino de la investigación y empoderar a los maestros que trabajen en ello.
- Establece un vínculo entre los programas académicos y las áreas potenciales de investigación institucional y grupos de investigación.
- Promueve que los estudiantes durante sus años de estudio sean capaces de desarrollar las habilidades necesarias para investigar (pensamiento crítico, análisis, síntesis, liderazgo, creatividad, espíritu emprendedor, resolución de problemas, etc.) para involucrarlos en el proceso de descubrimiento científico dentro del trabajo en el aula y en sus disciplinas científicas específicas.
- El maestro tiene la capacidad de dirigir el proceso de investigación más eficientemente, hasta el punto de que las experiencias exitosas se puedan extrapolar en el aula.
- Los estudiantes aprenden en el contexto de la investigación buscando nuevos conocimientos y compromiso con el aprendizaje permanente.

Para Peñaherrera et. al (2014), el método ABI es un modelo coherente con la didáctica actual, que se basa en la idea de que los estudiantes se apropien y construyan conocimientos cimentados en la experiencia práctica, el trabajo autónomo, el aprendizaje colaborativo y por descubrimiento, rubros fundamentales para alcanzar dominios en los aprendizajes, desarrollar conocimientos y actitudes para la innovación científica, tecnológica, humanística y social.

Asimismo, ABI es una técnica didáctica que puede utilizarse como herramienta para la formación del pensamiento crítico. Los reportes de diversas

experiencias de aplicación de esta técnica en la enseñanza coinciden en la factibilidad de desarrollar las habilidades del investigador profesional en alumnos de diversos grados académicos, a condición de que se diseñen actividades para adquirir estas destrezas por etapas y bajo la supervisión guiada del profesor. De igual manera señalan la importancia de integrar el análisis de artículos científicos y de fomentar el involucramiento del estudiante en actividades de experimentación científica (Mohamedunni y Sajila, 2014).

En lo referente a las "Competencias Científicas", Hernández (2005), las define como el conjunto de saberes, capacidades y disposiciones que hacen posible actuar e interactuar de manera significativa en situaciones en las cuales se requiere producir, apropiar o aplicar comprensiva y responsablemente los conocimientos científicos, su aprendizaje permite interactúan con las otras competencias, para lograr la formación integral de los educandos. Por su parte, Chona et. al (2006), se refieren a la "Competencia Científica" como la capacidad de un sujeto, expresada en desempeños observables y evaluables que evidencia formas sistemáticas de razonar y explicar el mundo natural y social, a través de la construcción de interpretaciones apoyados por los conceptos de las ciencias; además enuncian que las competencias científicas se categorizaron como básicas, investigativas y de pensamiento reflexivo y crítico, en niveles inicial, intermedio y avanzado. Las competencias científicas básicas incluyen la capacidad de un sujeto para reconocer un lenguaje científico, desarrollar habilidades de carácter experimental, organizar información y trabajar en grupo. Las competencias científicas investigativas se asumen como la capacidad del sujeto de construir explicaciones y comprensiones de la naturaleza desde la indagación, la experimentación y la contrastación teórica, donde se formula un problema genuino que le genera conflicto cognitivo y desde un trabajo sistemático interrelaciona conceptos con los cuales establece argumentaciones que dan cuenta de los fenómenos naturales. Las competencias de pensamiento reflexivo y crítico se entienden como la capacidad que tiene un sujeto de desarrollar procesos cognitivos que van más allá de la selección y procesamiento de la información, permitiéndole integrar creativa y propositivamente los saberes frente a nuevas situaciones, resolviendo problemas desde una postura crítica, ética y de construcción de significados contextualizados.

Adoptando la propuesta de Chona et. al (2006) al curso de fisiología vegetal de la Universidad de Pamplona, se pretende formar competencias científicas básicas, en la comprensión de la planta como sistema abierto, complejo y cibernético a través de la conceptualización y experimentación de los procesos de movimiento del agua entre el suelo - planta - atmósfera, transpiración, fotosíntesis,

crecimiento vegetal, adaptaciones de las plantas en ambientes estresantes; las competencias científicas investigativas se desarrollaran aplicando juiciosamente el método científico sobre propuestas establecidas a partir de las inquietudes o intereses propios de los estudiantes. Se espera que las competencias de pensamiento reflexivo y crítico se den, cuando los estudiantes hayan trascendido del nivel biológico de individuo (planta) al nivel de comunidad biótica (bosque altoandino de la provincia de Pamplona), para explicar las relaciones fisiológicas atmósfera-planta-suelo.

3. Metodología

Las estrategias implementadas para desarrollar las competencias científicas apoyadas en el aprendizaje basado en la investigación (ABI) y la pedagogía de los intereses, obligó a la docente a establecer cambios en las dinámicas de clase, así:

1. Se abandonó totalmente de la clase magistral: Para abordar los temas concernientes a los contenidos programáticos de la asignatura, se reemplaza la clase magistral y se promueve la participación activa del grupo de estudiantes. Con antelación a la sesión de clase, se brinda a los estudiantes la información bibliográfica necesaria sobre el tema a estudiar y se plantea una pregunta biológica. El estudiante debe abordar la lectura, responder al interrogante de forma escrita realizando una síntesis y además socializarla ante el grupo. Los integrantes del grupo, al escuchar las síntesis, aportan para la resolución de la pregunta propuesta por el docente. Por otra parte, la docente apoyada con herramientas visuales, refuerza las ideas inconclusas y deja el espacio abierto para resolver nuevos interrogantes. Esta estrategia pretende el desarrollo de la competencia interpretativa y argumentativa, en la que se circunscribe el manejo de un lenguaje científico, la capacidad de interpretar y de utilizar fuentes de información idónea, la habilidad para desarrollar escritos sintéticos en forma de ensayo y la capacidad de expresar sus puntos de vista clara y coherentemente al grupo de compañeros.

2. Se abandonó el modelo tradicional de las prácticas de laboratorio (formato establecido por las ideas del docente): Se opta por darle relevancia a las ideas e intereses de los estudiantes. Después de abordado el tema correspondiente, se estimula a los estudiantes a que formen grupos de trabajo de cuatro personas, discutan una propuesta para desarrollarla experimentalmente, la docente orienta el proceso y da pautas para que organicen la idea central. Se les indica cómo deben escribirla científicamente, siguiendo las normas del formato de un artículo científico, además, con la participación de un biólogo experto en estadística, se dan sesiones extra clase de diseño experimental, para que se aclaren las dudas y empiecen a ejecutar

su experimento aplicando el método científico. Esta estrategia pretende el desarrollo de las competencias interpretativa, argumentativa y propositiva, ya que los estudiantes deben revisar la información bibliográfica pertinente, socializan en grupo y decidir que pregunta e hipótesis abordar, luego establecer el diseño experimental el cual antes de ejecutarse se expone al grupo para recibir aportes o críticas constructivas.

3. Se realizó una salida de campo al bosque altoandino para relacionar los conceptos abordados en las sesiones de clase en lo referente a las adaptaciones de las plantas al suelo y a la atmósfera: antes de la salida cada grupo de trabajo debe proponer una pregunta a resolver o a aclarar; durante la salida se realizan observaciones y se obtiene material vegetal para mediciones y observaciones microscópicas. La salida aspira desarrollar una reflexión objetiva de las interrelaciones que se ejecutan en una comunidad vegetal, con el clima y el suelo. El estudiante en la salida se enfrenta a otra manera de ver la planta como objeto de estudio, ya que en el laboratorio la ve como individuo, y en la salida la deben relacionar de manera ecosistémica, dentro de una comunidad vegetal.

4. Presentación de resultados de manera escrita y oral. A lo largo del semestre el grupo estudiantes deben presentar tres avances del desarrollo de la propuesta investigativa: De manera escrita, siguiendo el formato de artículo científico y de forma oral. Se realiza esta dinámica para que los estudiantes desarrollen la habilidad de organizar la información obtenida, se resuelvan inconvenientes en la forma de escribir, en la manera de graficar y explicar los resultados estadísticos, además les permite desarrollar la habilidad de argumentación oral.

5. El sistema de evaluación aplicado durante el semestre, permitió a la docente valorar el grado de evolución de las competencias científicas planteando el modelo ABI. Clavijo (2008), enuncia que la evaluación del aprendizaje de un contenido determinado y la enseñanza-aprendizaje para el mismo no son procesos separados. El docente fomenta el aprendizaje comprensivo dando acceso a los estudiantes al diálogo crítico sobre los problemas que encuentran al llevar a cabo sus tareas. Este tipo de evaluación forma parte del proceso de aprendizaje y no es sólo una actividad final, centrada en los resultados. Los procedimientos para hacer posible la evaluación integrada consisten en plantearla de manera interactiva, es decir, durante el proceso de aprendizaje. Se trata de conocer al estudiante y esto precisa: "una atención consciente y reflexiva por parte de los profesores, como una preocupación de estos cuando enseñan". Esta evaluación, no separada del proceso de aprendizaje, tiene su defensa en los paradigmas de investigación que tienen como primera preocupación mejorar las

prácticas reales de educación. En este sentido, la evaluación fue continua y formativa y se realizó de manera integrada al proceso de enseñanza-aprendizaje.

3.1. Diseño Experimental

Para evaluar estadísticamente los avances de las competencias científicas básicas e investigativas de los estudiantes, se utilizaron los resultados de las evaluaciones de cada semestre académico, en la escala de 1 a 5, en tres periodos de tiempo, llamados cortes (I, II, III).

El diseño experimental aplicado, consideró el tiempo de estudio, como el tratamiento con cuatro niveles (2013, 2014, 2016 y 2017). Las variables analizadas fueron: (tabla1).

Tabla 1: Descripción de las variables propuestas en este estudio

VARIABLES	
Opción 1	Opción 2
Material escrito	Trabajo grupal
Desarrollo del diseño experimental	Argumentación o sustentación oral de resultados
	Capacidad de proponer nuevos interrogantes

4. Resultados y Discusión

4.1. Se abandonó totalmente la clase magistral y el modelo tradicional de las prácticas de laboratorio, además se realizó una salida de campo al bosque altoandino.

Estas estrategias generaron un ambiente de aula amigable, en el sentido que se establecieron vínculos académicos e investigativos más colaborativos entre los estudiantes; al inicio del curso la docente propuso los temas que se debían tomar como estudio base (transporte del agua y minerales en la planta, transpiración, fotosíntesis, crecimiento y desarrollo, hormonas), dando con antelación la información bibliográfica y un cuestionarios con máximo cinco interrogantes, en el momento de la sesión de clase, los estudiantes discutían asertivamente y aportaban al estudio del tema, se vio mucha disposición para participar y aprender, la docente actuó como moderadora y aportó en los momentos en los cuales se percibían dificultades en el entendimiento del tema.

Los estudiantes fueron los líderes en las propuestas investigativas a desarrollar, creadas de su propio interés por conocer o ampliar el tema visto de manera teórica. Los temas que más motivaron su estudio, fueron:

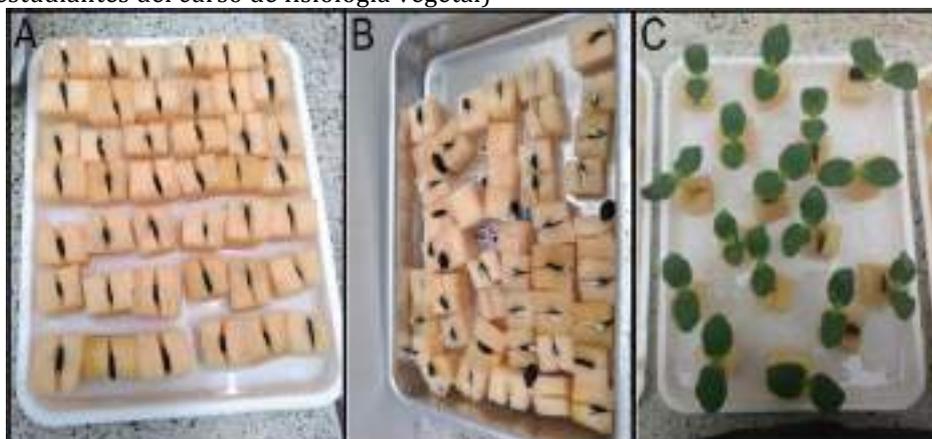
a) Estudio de las adaptaciones morfoanatómicas de las especies nativas: Debido a que el curso es de séptimo semestre, los estudiantes ya venían con una formación básica en

histología vegetal y técnicas de histotecnia, esto permitió que se abordaran propuestas para estudiar, a partir de la morfoanatomía foliar, la relación de las adaptaciones de las especies nativas respecto a las condiciones climáticas locales. Se motivó el estudio de este tópico, a través de salidas de campo y recolecciones de material vegetales en el bosque altoandino: la universidad de Pamplona se privilegia por estar rodeada de cuatro sistemas naturales de vegetación nativa: bosque altoandino (3200 m), bosque andino (2400 m), bosque subandino (1800 m) y bosque seco (600 m). Las salidas de campo a uno de estos sistemas naturales, abrieron las expectativas investigativas en los estudiantes, ya que muchos fenómenos ecológicos no se han estudiado a profundidad. Los cortes anatómicos a mano alzada, las observaciones microscópicas de la anatomía foliar de las especies nativas, a diferentes aumentos, y la realización de

dibujos a lápiz y la toma de registros fotográficos, fueron estrategias que mejoraron la capacidad de atención, aprendizaje y disciplina, para lograr entender como la histología vegetal puede ser base para entender las adaptaciones de las plantas a las condiciones ambientales.

b) Estudios sobre la germinación de semillas agrícolas y de especies arbóreas nativas: dentro de los estudios de fisiología vegetal, un tópico muy importante es entender los factores que influyen en el proceso de germinación (luz, temperatura, escarificación química o física). Los estudiantes, empezaron desarrollando diseños experimentales (figura 1) que socializaban con el grupo para recibir ideas constructivas, luego del conceso general, se realizaba el experimento y se disponía a la toma juiciosa de datos para posteriormente presentar los resultados con análisis estadísticos sencillos.

Figura 1. Diseño experimental para estudiar los factores que influyen en la germinación de semillas de calabaza (*Cucurbita ficifolia*). Se observan los tratamientos con sus unidades experimentales y sus repeticiones. A) Fase de germinación, semillas colocadas al interior de espuma de poliuretano, B) Germinación de la radícula, C) Plántulas de *Cucurbita ficifolia*, con hojas de los cotiledones. (Fuente: informe final del trabajo de los estudiantes del curso de fisiología vegetal)



c) Estudios sobre crecimiento y desarrollo vegetal. Otros temas de interés por parte de los estudiantes fueron el del crecimiento y desarrollo vegetal, bajo la influencia de hormonas, elementos nutritivos, metales pesados o micorrizas. Se realizó la misma dinámica comentada en el ítem b.

4. 2. Presentación de resultados de manera escrita y oral.

Los estudiantes generaron la cultura de aplicar rigurosamente el método científico y de escribir la información y los resultados obtenidos en forma de artículo científico. Se debían presentar tres informes escritos y sustentación oral que se evaluaban de 1 a 5. Los anteriores resultados permitieron evaluar la efectividad de las estrategias aplicadas. Lo más importante fue la generación de una mayor capacidad interpretativa y argumentativa; además, se

elevó el compromiso y la responsabilidad en la entrega de resultados y se perfeccionó la presentación oral de los mismos. Algunos de estos trabajos han participado en eliminatorias de semilleros de investigación en el ámbito regional y nacional; al igual que en congresos nacionales de botánica.

4. 3. El sistema de evaluación aplicado durante el semestre, permitió a la docente valorar el grado de evolución de las competencias científicas planteando el modelo ABI.

Opción 1: El análisis del material escrito y desarrollo del diseño experimental, de los estudiantes del curso de fisiología vegetal, se evaluó en tres cortes I; II; III (Figura 2 y tabla 2).

Se realizó análisis de varianza multivariado (MANOVA), con sus respectivas pruebas de comparación múltiple de Tukey (HSD), mediante el uso del programa IBM-SPSS versión 24 (2016). En la figura 2 se observa que durante los años 2013 y 2014 hubo valores altos en el primero y segundo corte, es decir, los estudiantes presentaron mayor habilidad interpretativa en sus primeros escritos que incluían la revisión del material bibliográfico, la pregunta biológica, las hipótesis de trabajo y el diseño experimental; sin embargo, para el tercer corte la condición cambia, presentándose una disminución en las medias, debido posiblemente a que en los escritos finales se exigía argumentaciones y discusiones propias de los

estudiantes referentes a los resultados de sus propios experimentos, por lo cual se evidencia que los alumnos presentaban deficiencias en las competencias argumentativas y propositivas. Durante los años 2016 y 2017, el comportamiento fue inverso, debido a que los cortes I y II presentaron valores medios significativamente más bajos que para el tercer corte (tabla 2), este comportamiento se debe posiblemente, a que en estos años el número de estudiantes (N) es mayor en relación a los años 2013 y 2014, haciendo que el trabajo colaborativo mejorará notablemente, tanto en la presentación de informes finales como en el desarrollo de sus diseños experimentales.

Figura 2. Análisis del material escrito y desarrollo del diseño experimental de los estudiantes del curso de fisiología vegetal de la Universidad de Pamplona.



Tabla 2. Análisis del material escrito y desarrollo del diseño experimental: Manova, Tukey (HSD)

CORTE I				CORTE II			CORTE III				
AÑO	N	Subconjunto			AÑO	Subconjunto		AÑO	Subconjunto		
		1	2	3		1	2			1	
2016	17	2,935			2017	2,957		2013	3,0		
2017	14	3,086	3,086		2016	3,641	3,641	2014	3,0		
2014	2		4,0	4,0	2014		4,0	2016	3,471		
2013	5			4,18	2013		4,34	2017	3,607		
Sig.		0,971	0,055	0,953	Sig.		0,162	0,148	Sig.		0,765

Opción 2: Valora el trabajo en grupo, las argumentaciones para responder la pregunta biológica, defensa oral o sustentación de los resultados y la capacidad para proponer nuevos interrogantes, en tres cortes I; II; III (Figura 3 y tabla 3). Se realizó análisis de varianza multivariado (MANOVA), con sus respectivas pruebas de comparación múltiple de Tukey (HSD), mediante el uso del programa IBM-SPSS versión 24 (2016). Los cortes I y II no presentaron diferencias significativas a lo largo del tiempo; sin embargo, el corte I del 2017 fue el menor; mientras que, en el segundo corte del 2017 se obtuvo el mayor

registro (tabla 3), lo cual muestra que los estudiantes avanzan en sus competencias argumentativas y propositivas aplicando el método ABI y la pedagogía de los intereses. En contraste, el tercer corte evidenció diferencias significativas entre el 2013 y el 2016, esta diferencia refleja que los métodos aplicados en la asignatura se hacen más efectivos a medida que se avanza en las discusiones grupales.

Figura 3. Análisis del trabajo grupal (argumentación y defensa oral de los trabajos escritos) de los estudiantes del curso de fisiología vegetal de la Universidad de Pamplona.

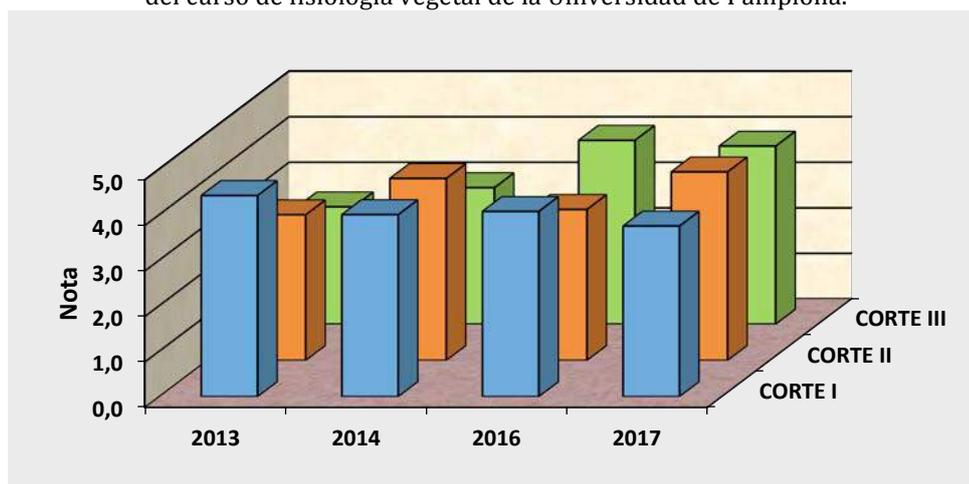


Tabla 3. Análisis del trabajo grupal (argumentación y defensa oral de los trabajos escritos): Manova, Tukey (HSD)

CORTE I			CORTE II		CORTE III		
AÑO	N	Subconjunto	AÑO	Subconjunto	AÑO	Subconjunto	
		1		1		1	2
2017	14	3,75	2013	3,2	2013	2,58	
2014	2	4,0	2016	3,318	2014	3,0	3,0
2016	17	4,071	2014	4,0	2017		3,914
2013	5	4,42	2017	4,143	2016		4,041
	Sig.	0,409	Sig.	0,393	Sig.	0,817	0,152

5. Conclusiones

Se evidenció que la aplicación del método ABI y la implementación de la pedagogía de los intereses aportaron y enriquecieron sustancialmente el desarrollo académico e investigativo de los estudiantes del curso de fisiología vegetal, generando mayor capacidad crítica y creativa en la proposición y argumentación de nuevos interrogantes en el campo de la biología vegetal de

los distintos biomas boscosos de la región andina colombiana. Esta investigación pedagógica sigue dejando en claro que los docentes deben estar atentos a los resultados alcanzados en cada curso, para proponer cambios en las dinámicas del trabajo de aula o en los métodos de enseñanza, con el fin de lograr incentivar el desarrollo del pensamiento científico en los estudiantes acorde con la evolución de las nuevas propuestas científicas.

Referencias

- Clavijo, G. A. (2008). La evaluación del proceso de formación. Cartagena de Indias. Colombia. http://www.colombiaaprende.edu.co/html/productos/1685/articles-178627_ponen7.pdf
- Cobos, F., Peñaherrera, M. and Ortiz, A. M. (2016). Design and validation of a questionnaire to measure research skills: Experience with engineering students. *Journal of Technology and Science Education*. JOTSE, 2016 – 6(3): 219-233 – Online ISSN: 2013-6374 – Print ISSN: 2014-5349. <http://dx.doi.org/10.3926/jotse.227>.
- Chona, G., Arteta, J., Ibáñez, X., Martínez, S., Pedraza, M., Fonseca, G. (2006). ¿Qué competencias científicas promovemos en el aula? *TED: Tecné, Episteme y Didaxis* N^o 20. pp 62-79. DOI: <http://dx.doi.org/10.17227/01203916.1061>
<http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/1061/1072>
- Hernández, C. A. (2005). ¿Qué son “las competencias científicas”? Foro Educativo Nacional. Colombia. http://www.colombiaaprende.edu.co/html/docentes/1596/articles-89416_archivo_5.pdf
- Mohamedunni, M.N y K.M Sajila. (2014). Reconsidering the Teaching-Research Nexus in Higher Education. *Higher Education for the Future*. Vol. 1 (2): 123-138. <https://doi.org/10.1177/2347631114539871>
- Morales, O., Rincón, A., & Romero, J. (2005). Cómo enseñar a investigar en la universidad. *Educere*, Vol. 9(29), 217-224. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=35602910>
- Peñaherrera, M., Chiluzza, K. y Ortiz, A. (2014). Inclusión del Aprendizaje Basado en Investigación (ABI) como práctica pedagógica en el diseño de programas de postgrados en Ecuador. Elaboración de una propuesta. *Journal for Educators, Teachers and Trainers*, Vol. 5(2), pp. 204 – 220. <http://www.ugr.es/~jett/index.php>
- Rojas, M., & Méndez, R. (2013). Cómo enseñar a investigar. Un reto para la pedagogía universitaria. *Educación y Educadores*, vol. 16, núm. 1, enero-abril, 2013, pp. 95-108 Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83428614001>
- Torres, T. A. (2010). Aprendizaje Basado en la Investigación. Técnicas Didácticas. *Programa de Desarrollo de Habilidades Docentes*, 15. Monterrey, México. Recuperado de http://www.itesca.edu.mx/documentos/desarrollo_academico/Metodo_Aprendizaje_Basado_en_Investigacion.pdf



ENSEÑAR QUÍMICA Y MOTIVAR CON UN ¡CLICK!

Teaching Chemistry and Motivating with a Click!

ROSA MARÍA GARCÍA LOPERA

Universitat de València, España

KEY WORDS

*Clickers
Electronic Voting Systems
Motivation
Teaching Methodology
Active Learning
Computer-based Learning
Chemistry*

ABSTRACT

The use of electronic response systems or "clickers" is a popular way to engage students and create an active-learning environment, especially within large courses of general subjects for first-year undergraduates. The present work examines with detail the methodology, the tasks and the results obtained respect to the students' learning, participation, and engagement in the classroom. In general, students perceived that clickers provided a significant enhancement to their learning, and teachers obtained real-time feed-back of how the concepts are assimilated or not by the students in order to quickly introduce improvements in their teaching.

PALABRAS CLAVE

*Clickers
Sistemas de votación
electrónica
Motivación
Metodología docente
Aprendizaje activo
TIC
Química*

RESUMEN

El uso de sistemas electrónicos de respuesta o "clickers" es una metodología que persigue involucrar a los estudiantes y crear un entorno de aprendizaje activo, especialmente en cursos numerosos de asignaturas básicas de los primeros cursos universitarios. En este trabajo se explica con detalle la metodología utilizada, las tareas realizadas y el resultado que sobre el aprendizaje y la participación de los estudiantes ha tenido el uso de esta herramienta tecnológica en clase. En general, los estudiantes percibieron que los clickers les proporcionaron una mejora significativa de su aprendizaje, y el profesorado obtuvo feed-back en tiempo real de cómo los conceptos son asimilados o no por los estudiantes para poder introducir mejoras en su docencia.

Introducción

En las últimas décadas se ha producido un profundo cambio en el desarrollo y difusión del conocimiento, provocando su fragmentación y un aumento de las necesidades de formación. Todo ello como consecuencia, entre otros: de los continuos avances científico-tecnológicos; de la evolución de los patrones de comportamiento social; de los procesos de globalización económicos y culturales; de los cambios en la organización empresarial orientados a la calidad; de la incidencia de las nuevas tecnologías de la información y la aparición de las redes sociales, y de proyectos globales de creación y difusión del conocimiento (como Creative Commons, GNU/Linux Project, Open Directory o Wikipedia). Estos movimientos tienen importantes implicaciones en la Universidad, que está obligada a abordar reformas e innovaciones sustantivas de sus fines, papel social y funcionamiento. Como institución social, la Universidad siempre ha sabido adaptarse a los diversos cambios políticos y culturales de la civilización occidental, sin que disminuyera su relevancia como centro de desarrollo y difusión de la cultura y el conocimiento. Además, los gobiernos de muchos países han tomado conciencia de la necesidad de innovar y renovar la enseñanza superior como medio de avanzar en la senda del desarrollo.

El Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) (http://ec.europa.eu/education/policy/higher-education/bologna-process_es) es un sistema educativo europeo de calidad que persigue fomentar en Europa el crecimiento económico, la competitividad internacional, la movilidad y la cohesión social, mediante la educación y la formación de los ciudadanos a lo largo de la vida. El impacto del Proceso de Bolonia en la enseñanza universitaria ha sido profundo. En primer lugar, ha exigido el cambio de mentalidad desde una enseñanza centrada en los conocimientos a otra centrada en las competencias, cuestión que el docente debe contemplar a la hora de planificar su docencia. Por otra parte, exige del profesor una profunda revisión de su docencia para establecer la carga de trabajo del estudiante y las metodologías docentes adecuadas para conseguir los objetivos y resultados de aprendizaje (Villa, 2004; Bain, 2007; Rué, 2007; Zabalza, 2010). Como exponen Gros y Romaña (2004), "la profesión docente del siglo XXI poco tendrá que ver con la imagen de un profesor subido a la tarima e impartiendo su clase frente a un grupo de alumnos" siendo la formación, en este desafío profesional, un elemento clave para su éxito. En pocas palabras, "*no podemos seguir enseñando a las generaciones del futuro con las herramientas que formaron parte de nuestro pasado*".

El *concepto clave* en todo este proceso ha sido el de innovación. La *innovación* está de moda en casi todos los ámbitos de la sociedad y se equipara a significados tales como mejora, evolución, calidad, avance, progreso o desarrollo. El problema reside en concretar claramente en qué consiste la innovación dentro del proceso de mejora de la docencia en el sistema universitario (Alonso Tapia, 2001). En este sentido, es fundamental cuidar la formación de los estudiantes en competencias tanto personales como profesionales, puesto que la mera adquisición de conocimientos ya no es suficiente. En la enseñanza actual de cualquier disciplina hay que asumir estas nuevas necesidades realizando mejoras en las prácticas docentes. Entre los métodos para conseguir estas mejoras están la valoración del trabajo personal del alumno, las actividades no presenciales y la pérdida de protagonismo de la clase magistral. Este tipo de actividades sólo se pueden desarrollar mediante el uso de todas las posibilidades que ofrece Internet y las nuevas TICs (Valero y Navarro, 2008; Martínez Tomás et al., 2011).

Por todas estas razones, desde el curso académico 2003-04 al 2009-10 y antes de la implantación de los actuales Grados (curso 2010-11), la Facultat de Química de la Universitat de València llevó a cabo un Proyecto Piloto de Innovación Educativa. Su principal reto fue realizar una adaptación de las metodologías de enseñanza-aprendizaje a las recomendaciones y necesidades del EEES. Para ello había que realizar un profundo cambio del modelo de enseñanza centrado ahora en el trabajo y aprendizaje de los estudiantes y en el fomento y desarrollo de competencias que les posibilitaran un aprendizaje continuo a lo largo de la vida (el llamado "long life learning" o L³).

Para alcanzar este reto se desarrollaron muchas actividades y metodologías docentes innovadoras como: mini-simposiums con ponencias invitadas, comunicaciones orales y pósters; talleres de lectura; trabajo cooperativo interdisciplinar; visitas a empresas y museos acompañadas de un dossier de trabajo; uso de portafolios; cuestionarios on-line; utilización de plataformas de e-learning; visionado de videos para las prácticas de laboratorio; canales temáticos en youtube; foros y chats de debate en clase; etc. (Pou Amérigo, 2004; Pou y Ochando, 2007; García-Lopera et al., 2007, 2008 y 2011). Y también se adquirió un equipo de votación electrónica (también conocido como "clickers") que nos pareció interesante incorporar, de forma puntual, durante las clases expositivas para aumentar la atención, participación y motivación.

Estos sistemas son una herramienta muy popular que pretende facilitar la participación del estudiante usando ejercicios interactivos en el aula diseñados para evaluar la comprensión del alumno de un tema en particular. Además de aumentar la motivación y participación, también aportan bastantes beneficios pedagógicos adicionales pues

incluyen la respuesta formativa instantánea tanto para estudiantes (Sancerni, 2015) como para el profesorado (Skinner, 2009; Gibbons et al., 2017; Niemeyer et al., 2018). Desde hace ya unos años, el uso de esta herramienta supone un apoyo a las clases magistrales y se viene utilizando de diferentes maneras y en muy variados contextos académicos (Remón et al., 2014; García-Lopera, 2013 y 2015). Asimismo, promueve oportunidades para la colaboración o instrucción entre pares (individual o en grupo) que es otra estrategia muy participativa en el aula (Smith, 2009).

El efecto del uso del clicker en el aprendizaje de los estudiantes ha sido evaluado en una gran variedad de disciplinas dentro de las ciencias, particularmente en química (MacArthur et al., 2008 y 2013), en física (Reay et al., 2008; Deslauriers et al., 2011), en ciencias de la tierra (Zimmerman, 2006); y en algunos estudios dirigidos a materias muy específicas como los laboratorios (Sevian et al., 2011).

Objetivos y competencias

El objetivo fundamental de nuestra propuesta fue realizar algo diferente durante las clases presenciales que pudiera resultar motivador para el tipo de estudiante actual (muy digital); que llamara su atención y rompiera la rutina de las clases expositivas de teoría; que, en cierto modo, involucrara a los estudiantes y aumentara su participación; que, aún con rigor, permitiera divertirse; y, finalmente, que

incorporara el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC).

También pretendíamos conseguir que el estudiante preparara de forma autónoma y previa a su asistencia, las prácticas de laboratorio. Para ello, le íbamos a proponer la realización con los “clickers” de un cuestionario nada más llegar a la sesión de laboratorio.

Otro de los objetivos importantes era poder obtener *feedback* del proceso educativo, tanto para el profesor (¿qué conceptos no han quedado claros?, ¿qué errores conceptuales se repiten?, ¿en qué aspectos conviene profundizar?, etc..) como para el alumno, ya que le permite saber cómo va su proceso de aprendizaje (si es correcto, si debe corregir su forma de estudiar, etc...).

Con todo ello en mente, para poder trabajar y consolidar conceptos químicos impartidos en clase y en el laboratorio, y al mismo tiempo promover el trabajo en equipo, hemos planteado el uso de los “mandos a distancia” (clickers o zappers, en nomenclatura anglosajona). La actividad persigue desarrollar, entre otras, cinco competencias básicas fundamentales, cuatro transversales y, al menos, seis competencias específicas que se detallan en la Tabla 1. Es un hecho constatado por otros autores que el uso de los clickers puede facilitar la mejora de habilidades tan fundamentales como la resolución de problemas de cualquier índole (Levesque, 2011).

Tabla 1. Competencias a fomentar con el uso de los sistemas de votación electrónicos e incluidas en el Libro Blanco del Grado en Química (2004)

Básicas y Generales	Transversales	Específicas
Capacidad inductiva y deductiva	Poseer habilidades básicas en tecnologías de la información y comunicación	Demostrar conocimientos y comprensión de hechos, conceptos, principios y teorías relacionadas con las áreas de la Química
Resolución efectiva de problemas	Capacidad de gestión de la información	Resolver problemas cualitativos y cuantitativos
Toma de decisiones	Evaluación propia del aprendizaje	Evaluar, interpretar y sintetizar los datos e información
Aprender de forma autónoma	Trabajo en equipo	Llevar a cabo procedimientos experimentales estándar
Razonamiento crítico		Interpretar los datos procedentes de observaciones y medidas en el laboratorio según su significación y de las teorías que las sustentan
		Valorar los riesgos en el uso de sustancias químicas y de procedimientos de laboratorio

Fuente: Extracto del Libro Blanco de Química financiado por la ANECA, 2004.

Metodología

Para el diseño de cualquier material, estrategia, tarea o ejercicio de aprendizaje significativo, creemos que hay que partir de una premisa: la de preparar actividades docentes de las que el alumno no pueda “escapar” sin haber aprendido, en palabras de los profesores Valero y Navarro (2008).

Por ello, en clase hacemos tres tipos de planteamientos, según que la actividad sea de trabajo en clase y consolidación de conceptos; de estudio previo y preparación de sesiones de laboratorio; o para mantener la atención y la participación. En los dos primeros casos, la calificación conseguida se tiene en cuenta en el apartado “evaluación continua” de las diferentes

asignaturas donde se aplica, y que se comunica previamente a los estudiantes en la Guía Docente.

En el primer caso, se propone a los estudiantes un cuestionario de trabajo sobre conceptos teóricos y/o pequeños ejercicios numéricos en formato *powerpoint*. Si el grupo de clase es muy numeroso, como es habitual en los primeros cursos del Grado y en asignaturas básicas, se trabaja en pequeños grupos para fomentar el trabajo colaborativo en equipo y la instrucción por pares.

El cuestionario se reparte, primero en papel para trabajarlo y discutirlo en grupos de 4-5 estudiantes, y cuando finaliza el tiempo requerido para la actividad, se evalúa en el momento contestando con el mando a distancia. Para ello, se

Figura 1. Trabajo en el aula utilizando los sistemas de votación electrónica: (a) proyección de la pregunta a resolver, (b y c) trabajo en pequeños grupos para su resolución, y (d) envío de respuestas para su evaluación y retroalimentación



Fuente(s): Rosa M. García Lopera (no publicado).

En el segundo caso, al llegar al laboratorio, los estudiantes realizan (individualmente) un cuestionario sobre las tareas previas realizadas en casa (visionado de videos, lectura del guión, consulta de materiales disponibles en la plataforma virtual, ...). El objetivo es llegar al laboratorio con los conocimientos adecuados de lo que se va a hacer, por qué y cómo. Este trabajo es evaluado por el software del equipo de votación e incorporado a la evaluación continua del estudiante. Esta actividad se realiza al inicio de cada sesión de laboratorio, para poder corregir todas las imprecisiones, errores o dudas que el alumno pueda tener *antes de* realizar

el trabajo experimental. Obsérvese que el trabajo de laboratorio de un químico debe ser muy riguroso y no debe dejarse al albur, a la prueba y error, pues los productos utilizados son caros y potencialmente tóxicos y contaminantes como para tener que repetir los ensayos por no haber realizado un estudio previo adecuado. Un ejemplo del tipo de preguntas realizadas antes de una sesión de laboratorio puede verse en la Figura 2. También se presentan las respuestas obtenidas a cada pregunta en porcentajes, junto a la solución correcta, lo que permite, como ya hemos dicho, analizar y corregir *in situ* los conceptos no asimilados.

Figura 2. Ejemplos de preguntas del cuestionario previo a una sesión de laboratorio, junto al porcentaje de respuestas correctas e incorrectas.

<p>1. ¿Cómo se denomina el objeto que aparece en la figura?</p> <p>A. vaso de precipitados B. bureta <input checked="" type="radio"/> C. erlenmeyer D. matraz aforado</p>	<p>4. En el equilibrio ion cromato-ion dicromato:</p> <p>A. En medio básico es más estable el ion cromato B. En medio básico es más estable el ion dicromato C. El color amarillo es del ion dicromato D. El color naranja es del ion cromato</p>	
<p>A B C D</p>		

Fuente(s): Rosa M. García Lopera (no publicado).

En tercer lugar, también hemos utilizado esta metodología docente, aunque sin fines evaluativos, para mantener la atención y la participación durante las clases expositivas de teoría (lecciones magistrales). Mientras el/la profesor realiza las explicaciones, introduce de vez en cuando, preguntas tipo test sobre lo explicado, y pide al/la estudiante que responda con el mando; de forma similar al modo en que funciona la plataforma de aprendizaje basada en el juego *Kahoot* (<https://kahoot.it>).

Equipo necesario

Para realizar actividades docentes en clase con esta metodología es necesario disponer de:

- software (programas o aplicaciones). En nuestro caso, optamos por un equipo de Turning Technologies® (<https://www.turningtechnologies.com>).
- un receptor de señal
- mandos a distancia
- material docente, que es la clave, pues sin dicho material el equipo no sería suficiente.

El software se complementa básicamente con las aplicaciones *Powerpoint* para preparar los cuestionarios y las preguntas, y *Excel* para mostrar los resultados y para que el profesor disponga de diferentes formatos de informes y estadísticas que le permitan analizarlos, bien por pregunta, por alumno, por grupo, global, etc... (ver Figura 3).

Figura 3. Diferentes tipos de informes obtenidos tras la sesión/cuestionario de trabajo con clickers: (a) individual, con los resultados a cada pregunta y (b) global, de todo el grupo.

Turning Results by Participant (Response Detail)		a
Correct =	Response	
Incorrect =	Response	
No Value =	Response	
Nombre y Apellidos	Responses	
1) En la cinética del CV, cuando el orden parcial de reacción es 1, el tiempo de vida media:	No depende de su concentración	
2) Las medidas de absorbancia del CV se hacen a una longitud de onda:	590 nm	
3) El CV contiene un catión violeta. Se ha estudiado su cinética de decoloración por adición de:	NaOH	
4) En el estudio de la descomposición del H ₂ O ₂ , usamos como catalizador:	Yoduro potásico	
5) En el estudio de la cinética del H ₂ O ₂ , se deduce que, respecto a [H ₂ O ₂], es de orden:	Uno (1)	
6) En la valoración potenciométrica de CH ₃ COOH con NaOH hemos de añadir:	NaCH ₃ COO	
7) El indicador ideal para valorar HCl con NaOH es:	Azul de Bromotimol (6-8)	
8) El pH en el punto de equivalencia de la valoración de NaOH con ftalato ácido de K, será:	Depende de los moles de ftalato	
9) La gráfica de la imagen representa:	El DpH/DV frente al Vmedio	
10) El ácido fosfórico tiene tres (3) valores de pka porque :	Es un ácido poliprótico	
Correct %		75%

Turning Statistics Report (All Group)					b
Mean Correct %:	81,25%				
Median Correct %:	82,50%				
Mode Correct %:	80, 90%				
Device ID	Last Name	First Name	Total % Correct		
269D15			0%		
269D91			90%		
269C84			80%		
269C92			95%		
269CA6			85%		
269CB1			0%		
269CB3			55%		
269CD0			80%		
269CD9			90%		
269CF2			75%		

Fuente(s): Fuente(s): Rosa M. García Lopera (no publicado).

Por último, nos gustaría comentar que, actualmente, los dispositivos móviles (smartphones y/o tablets) permiten también ser utilizados como mandos a distancia, bien a través de aplicaciones de pago (comprando las licencias correspondientes) o gratuitas como Socrative (Puche Gil, 2017).

Valoración

Cualquier iniciativa o actividad encaminada a conseguir unos objetivos no tiene sentido sin un análisis posterior respecto de la consecución de los mismos. Es interesante hacer una reflexión por

parte del profesorado participante y de las opiniones vertidas por los protagonistas, los estudiantes.

Aunque no se han utilizado herramientas cuantitativas y estadísticas para evaluar el grado de consecución de los objetivos marcados, las evidencias que hemos recopilado muestran que la actividad ha permitido un avance significativo en la adquisición de las competencias antes mencionadas. Es evidente que su desarrollo completo es un objetivo de la titulación, y en ningún caso se puede pretender lograrlo en un único curso. Sin embargo, constatamos un progreso indudable, habida cuenta

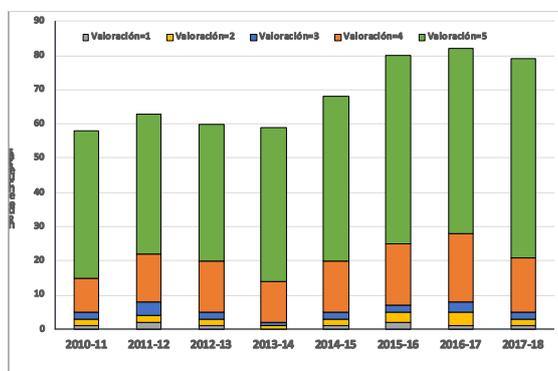
Tabla 2. Resultados de las encuestas realizadas en diferentes cursos académicos a estudiantes de primer curso del Grado en Química sobre la utilidad del uso de clickers en su aprendizaje.

Curso	nº encuestas	1	2	3	4	5	Nota media ponderada
2010-11	58	1	2	2	10	43	4,59
2011-12	63	2	2	4	14	41	4,43
2012-13	60	1	2	2	15	40	4,52
2013-14	59	0	1	1	12	45	4,71
2014-15	68	1	2	2	15	48	4,57
2015-16	80	2	3	2	18	55	4,51
2016-17	82	1	4	3	20	54	4,49
2017-18	79	1	2	2	16	58	4,62

Fuente(s): Rosa M. García Lopera (no publicado).

Como puede verse en la Tabla 2 y en la Figura 5, mayoritariamente y curso tras curso, los estudiantes tienen una buena opinión de esta metodología y la encuentran muy útil y motivadora.

Figura 5. Valoraciones (de 1 a 5) obtenidas en las encuestas realizadas a los estudiantes de primer curso del Grado en Química sobre la utilidad en su aprendizaje del uso de clickers en clase.



Fuente(s): Rosa M. García Lopera (no publicado).

Además del resultado cuantitativo, nos gustaría dejar por escrito algunas de las opiniones manifestadas libremente por los estudiantes en el apartado “observaciones” de la encuesta:

- “ha sido muy divertido”,

de que son estudiantes de primer curso y que es su primera experiencia de este tipo.

Desde que iniciamos el uso de esta metodología, en el curso 2003-04, hemos recogido la opinión de los estudiantes mediante una encuesta anónima en la que valoran de 1 (poca) a 5 (mucha) la utilidad de las diferentes metodologías y herramientas utilizadas en clase en su aprendizaje, y entre ellas, la del sistema de votación electrónica. La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos en las encuestas para los últimos ocho cursos en los que está implantado el Grado en Química.

- “hemos aprendido química de una forma más amena”,
- “nos sirve para aprender a investigar sobre las cosas y a buscarnos la vida un poco por nuestra cuenta”
- “lo pasé muy bien trabajando con mis compañeros”
- “creo que se ajusta claramente a una de las competencias perseguidas en el proyecto de innovación educativa”
- –”al alumno no solo se le debe enseñar a trabajar en grupo, también hay que enseñarlo a trabajar por sí solo, a valerle por sí solo, a sobrevivir”
- “estaría encantada si más profesores realizaran en clase este tipo de actividades”

En cuanto a la valoración que hacemos los profesores que hemos implementado esta herramienta, cabe decir que nos permite obtener “feed-back” rápido (en tiempo real) y continuo sobre el aprendizaje de los estudiantes. Se pueden detectar de forma inmediata aquellos aspectos del tema que no han quedado claros, y, por tanto, corregir el desarrollo de las clases sin esperar a la realización de los exámenes o pruebas de evaluación. También pensamos que ayuda en la evaluación continua del propio estudiante para informarle de su progreso a lo largo del curso. Desde el punto de vista de la carga de trabajo, permite ahorrar tiempo al profesor ya que el programa corrige automáticamente el cuestionario.

No obstante, nos gustaría añadir que hay que ser medidos en el uso de estos dispositivos ya que, si se utilizan continuamente, la distracción generada puede superar a los objetivos a alcanzar, perdiendo de vista que estamos repasando y profundizando conceptos clave. Siendo realistas, hay una serie de dificultades que no es posible evitar. Una de las más llamativas es que la realización de estos proyectos consume tiempo de clase y los actuales planes de estudio de las Universidades Españolas tienen dicho tiempo muy tasado.

Conclusiones

Después de más de una década desarrollando proyectos de innovación educativa en primer curso de la Licenciatura en Química, la experiencia acumulada nos dice que cualquier estrategia de aprendizaje activo resulta de enorme utilidad para fomentar la implicación del estudiante y para que éste consiga relacionar entre sí los contenidos vistos en la asignatura, logrando de este modo un aprendizaje significativo e integrador. Además, el uso de metodologías relacionadas con las nuevas tecnologías, favorece muy claramente el desarrollo de un buen número de competencias genéricas y específicas.

También hemos comprobado que las calificaciones obtenidas por los estudiantes con el sistema de respuesta electrónica, se correlacionan directamente con las obtenidas en los exámenes. Es

más, el aprendizaje activo y significativo redundará en una mejora de las calificaciones de los exámenes y con una disminución del fracaso, en línea con lo observado por otros autores (Graham et al., 2013).

Es un hecho que “para obtener resultados diferentes hay que hacer cosas diferentes”, y por ello, animamos al profesorado a incorporar este tipo de actividades en su docencia, adaptando obviamente el formato al nivel del curso y a cada asignatura concreta. Creemos sinceramente que otra educación es posible.

Agradecimientos

A los órganos de la Universitat de València que hicieron este trabajo posible: el Servei de Formació Permanent, la Oficina de Convergència Europea y el Vicerectorat de Convergència Europea i Qualitat, que nos ha proporcionado apoyo financiero a través de diferentes proyectos: Finestra Oberta-58/FO/15, DocenTIC-105/DT11/40, UV-SFPIE-DOCE12-80854, UV-SFPIE-FO12-80995.

A los profesores Luís E. Ochando Gómez y Rosendo Pou Amérigo, por formar parte de un equipo docente ilusionado y muy inquieto.

Y por último, a los auténticos protagonistas del proceso de enseñanza-aprendizaje, los estudiantes, cuyo esfuerzo e ilusión en este trabajo en equipo nos permite afirmar rotundamente que ha sido muy productivo.

Referencias

- Alonso Tapia, J. (2001). *Motivación y estrategias de aprendizaje. Principios para su mejora en alumnos universitarios*, en García-Valcárcel Muñoz-Repiso, A. (coord.), pp. 79-112, La Muralla, Madrid.
- Bain, K. (2007). *Lo que hacen los mejores profesores universitarios*. Publicacions Universitat de València (PUV), Valencia.
- Deslauriers, L., Schelew, E., Wieman, C. (2011). Improved Learning in a Large-Enrollment Physics Class. *Science*, 332, 862–864. DOI: 10.1126/science.1201783
- García-Lopera, R. (2013). Motivación en el aula: uso de clickers. *Actas de la Jornada de Intercambio sobre Estrategias de Enseñanza de las Ciencias*. Valencia, España. http://mmedia.uv.es/buildhtml?user=asamar4&path=/cream/Jornadas/Ensenanza_Ciencia/&name=RosaGarciaLopera.mp4
- (2015). Zapeando en clase: ¿es posible aprender y divertirse con un click?. *Jornada sobre Sistemas de Votación Electrónica en la Docencia Universitaria (JSVE)*. Valencia. http://mmedia.uv.es/html5/g/cream//43060_rosa_garcia.mp4
- García-Lopera, R., Pou, R., Ochando, L. E. (2007). El mini-simposium como herramienta de aprendizaje activo y colaborativo. *Actas de la II Reunión INDOQUIM 2007 (Innovación Docente en Química)*, pp. 127-128. Vigo, España. ISBN-13: 978-84-611-7615-1
- (2008). Cóctel de competencias genéricas: taller de lectura + trabajo en equipo en formato mini-simposio. *Actas de la III Reunión INDOQUIM 2008 (Innovación Docente en Química)*. Cádiz, España. ISBN-13: 978-84-9828-201-7
- (2011). Química en cada mes del año: la elaboración de un calendario como actividad transversal en equipo. *Actas de la VI Reunión INDOQUIM 2011 (Innovación Docente en Química)*. Alicante, España.
- Gibbons, R. E., Laga, E. E., Leon, J., Villafañe, S. M., Stains, M., Murphy, K., Raker, J. R. (2017) Chasm Crossed? Clicker Use in Postsecondary Chemistry Education. *J. Chem. Educ.*, 94, 549–557. DOI: 10.1021/acs.jchemed.6b00799
- Graham, M. J., Frederick, J., Byars-Winston, A., Hunter, A.-B., Handelsman, J. (2013). Increasing Persistence of College Students in STEM. *Science*, 341, 1455–1456. DOI: 10.1126/science.124048
- Gros, B. y Romaña, T. (2004). *Ser profesor. Palabras sobre la docencia universitaria*. Ediciones Octaedro, Barcelona.
- Levesque, A. A. (2011). Using Clickers to Facilitate Development of Problem-Solving Skills. *CBE Life Sci. Educ.*, 10, 406–417. DOI: 10.1187/cbe.11-03-0024
- MacArthur, J. R., Jones, L. L. (2008). A Review of Literature Reports of Clickers Applicable to College Chemistry Classrooms. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 9, 187–195. DOI: 10.1039/B812407H
- (2013). Self-Assembled Student Interactions in Undergraduate General Chemistry Clicker Classrooms. *J. Chem. Educ.*, 90, 1586–1589. DOI: 10.1021/ed400009n
- Martínez Tomás, M.C. et al. (2011). La evaluación y seguimiento del estudiante de forma telemática: el proyecto cuestionarios. *@tic Revista de Innovación Educativa*, 6, 91-95.
- Ochando Gomez, L.E., Pou Amerigo, R. (2007). Actividades de aprendizaje cooperativo en el marco de un proyecto de innovación educativa en la Facultad de Química de la Universitat de València. En *Aprendizaje activo de la Física y la Química* (ed.: G. Pinto), Equipo Sirius, Madrid, pp. 175-182.
- Pou Amérigo, R. (2004). Innovación Educativa en el Marco de la Convergencia Europea: Una Experiencia Piloto en Química. *Revista de la Red Estatal de Docencia Universitaria*, 4, 47-59.
- Pou-Amerigo, R., Ochando Gomez, L.E., Serrano-Andres, L. (2007). Teaching innovation in the framework of the european higher education area: an ects experience in chemistry. *INTED2007 Proceedings*. IATED, Valencia. ISBN: 978-84-611-4517-1
- Puche Gil, J. (2017). Aplicaciones innovadoras en el nuevo proceso de enseñanza-aprendizaje universitario: Remind y Socrative. *VII Congreso Internacional de Tecnología, Ciencia y Sociedad*. Valencia, España.
- Reay, N., Li, P., Bao, L. (2008). Testing a New Voting Machine Question Methodology. *Am. J. Phys.*, 76, 171–178. DOI: 10.1119/1.2820392
- Remón J., Sebastián V., Romero E., Arauzo J. (2014). Efecto del uso de nuevos métodos interactivos en la formulación de preguntas en el aula sobre el grado de participación y acierto de los alumnos. *II Congreso de Innovación Docente en Ingeniería Química*. Valencia.
- Rué, J. (2007). *Enseñar en la Universidad: el EEES como reto para la educación superior*. Ed. Narcea, Madrid.
- Sancerni Beitia M.D. (2015). Clickers: una buena práctica de autoevaluación. *Jornada sobre Sistemas de Votación Electrónica en la Docencia Universitaria (JSVE)*. Valencia.
- Sevian, H., Robinson, W. E. (2011). Clickers Promote Learning in All Kinds of Classes—Small and Large, Graduate and Undergraduate, Lecture and Lab. *J. Coll. Sci. Teach.*, 40, 14–18.
- Skinner, S. (2009). On Clickers, Questions, and Learning. *J. Coll. Sci. Teach.*, 38, 20–23.

- Smith, M. K. et al. (2009). Why peer instruction improves student performance on in-class concepts questions. *Science*, 323, 122-124. DOI: 10.1126/science.1165919
- Valero García M., Navarro Guerrero, J.J. (2008). Diez metáforas para entender (y explicar) el nuevo modelo docente para el EEES. *@tic Revista de Innovación Educativa*, 1, 3-8.
- Villa, M. (2004). *Educadores orientados al aprendizaje*. En: Michavila, F. y Martínez, J. (eds). *La profesión de profesor de universidad*. Madrid: Cátedra UNESCO de Gestión Política, pp. 53-60.
- Zabalza, M.A. (2010). Ser profesor universitario hoy. *La cuestión universitaria*, 5, 69-81.
- Zimmerman, A. R., Smith, M. C. (2006). Engaging Today's Students in Earth Science. *Transactions American Geophysical Union*, 87, 339-344. DOI: 10.1029/2006EO340003



PROPUESTA DIDÁCTICA DE MATEMÁTICAS

Didactic Proposal of Mathematics

MARCO VINICIO VÁSQUEZ BERNAL

Universidad Nacional de Educación (UNAE), Ecuador

KEY WORDS

*Concrete
Material
Abstraction
Assimilation
Model*

ABSTRACT

The teaching of mathematics generates problems when the process is broken and it is forgotten that this science arises from a concrete reality, that for its understanding it is necessary to construct symbolic models and conclude in the abstraction of those results, if the teaching process is initiated from the symbolic cutting that process and generating the known difficulties. This work seeks that the learning of mathematics arise from the concrete for each student to build their knowledge and assimilate the mathematical contents in their own way, the teacher only guides and facilitates the process. It also shows the positive results of it.

PALABRAS CLAVE

*Material
Concreto
Abstracción
Asimilación
Modelo*

RESUMEN

La enseñanza de matemáticas genera inconvenientes cuando se rompe el proceso y se olvida que esta ciencia surge de una realidad concreta, que para su entendimiento es necesario construir modelos simbólicos y concluir en la abstracción de esos resultados, si se inicia el proceso de enseñanza desde lo simbólico cortando ese proceso y generando las conocidas dificultades. Este trabajo busca que el aprendizaje de matemáticas surja de lo concreto para que cada estudiante construya su conocimiento y asimile los contenidos matemáticos a su manera, el docente únicamente guía y facilita el proceso. Además evidencia los resultados positivos del mismo.

1. Antecedentes

La Unidad Educativa Andrés F. Córdova está situado en el centro urbano del Cantón Cañar, es la institución educativa de nivel medio más antigua de la localidad, conocida por su vinculación con la colectividad, habiéndose iniciado como Escuela de Artes y Oficios en 1908, bajo la regencia municipal, en 1940 se estructura como colegio fiscal de la República del Ecuador, con carreras netamente técnicas como sastrería y carpintería, luego se abrirá la especialidad de mecánica y la de contabilidad.

Su vocación de carreras prácticas hizo que se le reconozca como colegio técnico, luego Instituto Técnico e Instituto Tecnológico Superior, hasta la actualidad, donde se le designa como Unidad Educativa Andrés F. Córdova, separando del Instituto Superior Andrés F. Córdova que bajo la nueva ley funciona autónomamente.

Esa vinculación constante de esta institución con su entorno, ha hecho que se le conozca comúnmente como "El Técnico", lo que además reconoce la pertinencia de la misma con los requerimientos sociales de Cañar y su entorno.

El alumnado de esta Institución educativa en su gran mayoría provienen de sectores rurales del Cantón Cañar, así como también de los hermanos cantones El Tambo y Suscal, lo que hace que la multiculturalidad de nuestra realidad sea una característica de nuestra unidad educativa. Además de que deriva en que los fenómenos sociales que afectan nuestro entorno fruto de la migración se vivan al interior de este establecimiento, done según una encuesta realizada anteriormente indica que el 83% del alumnado ha sufrido o vive la desintegración familiar que el éxodo masivo hacia el exterior, principalmente a los Estados Unidos de América y a España.

Es notorio también la heterogeneidad de nuestros alumnos, ya que estos provienen de todo tipo de establecimientos de educación inicial.

La institución funciona en modalidades diurna y nocturna, donde acuden alrededor de 1600 alumnos, el número de profesores entre los de planta y los contratados es de 80.

2. Justificación

La heterogeneidad indicada obliga a que dentro de la institución se generen procesos de homogenización en las distintas ramas, además es notorio el poco agrado que los alumnos sienten hacia la materia de las matemáticas.

Es una realidad que alumnos de todos los niveles y de cualquier condición coincidan en señalar a las matemáticas como la cátedra que mayormente complica su rendimiento académico, particularmente en una encuesta realizada en la Unidad Educativa, en septiembre del 2012, el 85 por

ciento de los encuestados se manifiestan así, y lo hacen por distintas razones:

- Su carácter abstracto (64 %)
- El método del profesor (53%)
- No se tiene bases (48%)
- Es distinta a las demás (42%)
- Procedimientos (35%)
- No es de aplicación práctica (33%)
- Otros (28%)

Si recordamos que ésta ciencia forma parte del currículo desde la educación básica hasta los estudios superiores, merece entonces una atención especial, ya que se sabe que a más de que es parte intrínseca de las ingenierías y de otras carreras técnica, su rol es también generar un pensamiento lógico, crítico e integrador, puntal fundamental del desarrollo académico actual.

Tomaremos entonces los resultados obtenidos en la investigación y en base de ellos iremos construyendo una propuesta que mejore la concepción de esta ciencia en los estudiantes, buscando que la madre de las ciencias sea entendida en su naturaleza amigable.

3. Objetivos

3.1. Hipotesis

Para lograr lo buscado nos planteamos la siguiente hipótesis:

"El entendimiento cabal de la naturaleza de las matemáticas incide en el rendimiento académico del alumnado."

De donde surgen además los siguientes objetivos:

3.2. Objetivo general

Desarrollar un esquema de enseñanza de matemática, fundamentados en su naturaleza concreta que despierte el interés de los alumnos.

3.3 Objetivos específicos

- Entender la naturaleza concreta de las matemáticas.
- Entender las fases CONCRETA, GRÁFICA, SIMBÓLICA y DE ABSTRACCIÓN, en el proceso de enseñanza de las matemáticas.
- Generar procedimientos prácticos para la enseñanza de las matemáticas.
- Identificar la relación entre las matemáticas y el desarrollo común de nuestra vida.

4. Marco teórico

Para desarrollar este trabajo nos basaremos en los lineamientos del modelo pedagógico constructivista, esto es APRENDER HACIENDO.

Lo que proponemos es innovaciones con experiencia concreta.

Utilizaremos además lineamientos que sugieren que los procedimientos deben ser humanistas, integradores de evaluación continua e integral.

Para lo cual es necesario que recordemos algunos conceptos generales: ¿Qué es el número?

En esta pintura (Figura 1) hallada en la cueva de Pech-Merle se encuentra un caballo moteado en negro. Aparte de las curiosas puntuaciones que cubren su cuerpo hay que observar las impresiones de manos humanas, posiblemente en representación del número que se poseía de esta clase de caballos.

Figura 1



El número es algo que ésta con nosotros a lo largo de todos nuestros actos, nos permite entender la realidad (ubicación, edad, condición, metas, etc.) y lo utilizamos con tanta cotidianidad que parece que alcanza tangibilidad en nuestro entorno y que su presencia es natural. Idea carente de toda realidad, el número surge y existe en la mente del hombre, es una herramienta fundamental que permite entender nuestro entorno, pues sirve para indicar cantidad, orden e información, se lo representa a través de dígitos, es el concepto más universal creado por el hombre, cobra sentido práctico cuando se le asocia al concepto de unidad y constituye la base de la comunicación, pudiendo aseverarse que no es posible estructurar una oración completa sin utilizar algún elemento derivado de número y unidad.

El concepto del número es básico para entender la naturaleza de las matemáticas que en su desarrollo irán creando las operaciones con estos con sus procedimientos y algoritmos, es necesario además indicar que según expertos, el número surge para ayudar a cuantificar las posesiones, por ejemplo para cuidar el ganado un pedazo de rama representaba una oveja y la acumulación de estas indicaba por analogía cuantas ovejas estaban en el rebaño, este método completamente práctico debió complicarse cuando la cantidad del rebaño aumentaba, entonces se idearon formas ya no de representar únicamente unidades sino cantidades fijas (cinco, diez, cincuenta, etc.) tal vez con ramas más grandes, es decir al tamaño de la rama se le asociaba un valor o es posible que se utilizaron otros elementos naturales como piedras u hojas, un desarrollo ya significativo que permitió desarrollar la operación básica de conteo, que arranco una

ciencia de ámbitos infinitos, donde el concepto abstracto es una respuesta a la realidad.

5. Metodología

Alguna vez en un curso de didáctica a docentes una de las asistentes me preguntó ¿Cómo mostrar que una de las operaciones aritméticas básicas puede representar una realidad concreta?, cuestionamiento sincero que denunciaba una realidad preocupante, los algoritmos y la fase simbólica de las matemáticas se tomaba como la única realidad de esta ciencia, olvidando su naturaleza tangible, olvidando que las operaciones aritméticas son modelos de la realidad, es decir surgen de ella y sirven únicamente como herramienta para realizar la operación constante del conteo de unidades, es necesario entonces proponer una cátedra que retome los elementos básicos y el proceso humanista de esta ciencia, y que respetando el desarrollo histórico lo ponga al servicio de la gente.

En ningún momento intentamos irrespetar los estamentos de la matemática formal, donde teoremas, axiomas y postulados de forma rígida demuestran los avances de la ciencia, lo que proponemos es que estos no sean limitados a la fase simbólica sino que se abran a lo concreto y sustenten su accionar en la aplicación práctica, fundamentalmente porque así la madre de las ciencias será amigable a todos y sobre todo cumplirá la finalidad de generar razonamiento lógico en la mente de quienes tomando como insumo las circunstancias de vida construyen conocimiento.

Para reforzar nuestra propuesta recordaremos un concepto sobre los modelos constructivistas:

Stefany Hernández Requena, dice “La teoría constructivista se enfoca en la construcción del conocimiento a través de actividades basadas en experiencias ricas en contexto. El constructivismo ofrece un nuevo paradigma para esta nueva era de información motivado por las nuevas tecnologías que han surgido en los últimos años. Con la llegada de estas tecnologías (wikis, redes sociales, blogs...), los estudiantes no sólo tienen a su alcance el acceso a un mundo de información ilimitada de manera instantánea, sino que también se les ofrece la posibilidad de controlar ellos mismos la dirección de su propio aprendizaje. Este trabajo intenta examinar el vínculo entre el uso efectivo de las nuevas tecnologías y la teoría constructivista, explorando cómo las tecnologías de la información aportan aplicaciones que al ser utilizadas en el proceso de aprendizaje, dan como resultado una experiencia de aprendizaje excepcional para el individuo en la construcción de su conocimiento. Cambiar el esquema tradicional del aula, donde el papel y el lápiz tienen el protagonismo principal, y establecer un nuevo estilo en el que se encuentren presentes las mismas herramientas pero añadiéndoles las aplicaciones de las nuevas

tecnologías, aporta una nueva manera de aprender, que crea en los estudiantes una experiencia única para la construcción de su conocimiento”

Con el objetivo planteado y teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, proponemos una metodología que tiene como directriz dogmática el constructivismo crítico que sigue los siguientes pasos:

- a) Identificar los temas de la asignatura de matemáticas cuyo cabal entendimiento genera problema en el alumnado.
- b) El docente debe recabar toda la información teórica y de experiencias similares en otros establecimientos o en años anteriores.
- c) El profesor, en base de lo investigado, estructurará actividades absolutamente concretas que ayuden a que los estudiantes entiendan mejor el tema.
- d) Realizar la actividad en clase.
- e) Sistematizar el proceso registrando el mismo, especialmente todos los resultados obtenidos, especialmente los que asomaron esporádicamente en su desarrollo.

Siguiendo esta metodología y para establecer algunas actividades que evidencian la realidad tangible de las matemáticas, mostrando la esencia de esta ciencia, planteamos actividades, lo más simples posibles, más estas deben sujetarse a las siguientes normas:

- El alumno debe el actor fundamental, que manipulando los objetos encuentra los diversos resultados.
- La explicación teórica debe ser explícita y posterior a los resultados obtenidos.
- El profesor es un involucrado más que guía el proceso, más no adelanta ni propone ningún resultado.
- Se trabajara de lo individual a lo grupal y a lo general.
- Los materiales a utilizarse deben ser inofensivos y respetando el medio ambiente.
- Todos los resultados presentados tienen el mismo valor cualitativo, sabiendo que pueden surgir algunos no previstos.

6. Actividades

Con lo indicado, presentamos aquí algunas actividades que utilizando la metodología planteada, a manera de ejemplos planteamos algunas actividades:

6.1 Multiplicación gráfica

Existe un proceso para multiplicación, utilizado antiguamente por el pueblo chino, el mismo surge simplemente de contar cuantos puntos surgen como intersección de rectas, y con ello es posible llegar a la respuesta.

El proceso es el siguiente:

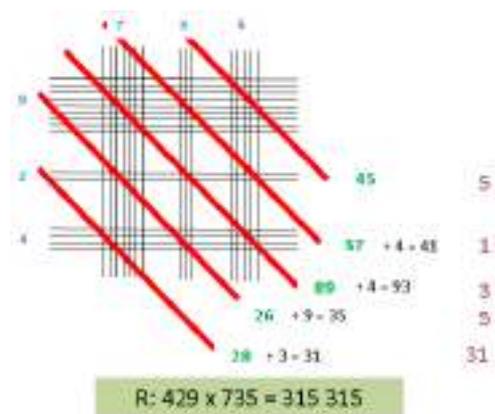
- I. Ubicar los dos multiplicandos, uno de forma horizontal y otro de forma vertical, de abajo

hacia arriba y de izquierda a derecha, en el sentido de la numeración decimal.

- II. Junto a cada dígito y en dirección perpendicular a la del número se trazaran tantas líneas como sea el valor absoluto de cada dígito (si el dígito es cero no trazamos recta alguna).
- III. Se trazaran diagonales de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, de forma que la misma atravesase los grupos de centésimas, decimas, unidades, decenas, centenas, unidades de mil, etc.
- IV. Se contarán todos los puntos de corte de los grupos por donde atravesase cada diagonal, anotando al fin de estas, el resultado.
- V. Iniciando por la diagonal ubicada más a la derecha, El dígito de la unidad se ubicará en su extremo, de existir otros dígitos, estos se sumaran con el resultado obtenido para la diagonal inmediatamente a la izquierda, dejando fijo, de igual forma, el último dígito, repitiendo el proceso hasta llegar a la primera diagonal de la derecha, donde se escribirá el resultado completo.
- VI. El número que tiene por dígitos los que resultan del paso anterior, para cada una de las diagonales, iniciando por la derecha es el resultado de la multiplicación.

La demostración la hacemos práctica y visual (Figura 2), siguiendo los pasos propuestos multiplicamos 429 por 735.

Figura 2



Ubicamos los multiplicandos, 429 en sentido vertical, iniciando con el 4 (centenas) y hacia arriba las demás, en sentido horizontal el 735, iniciando con el 7 (centenas) y los demás a la izquierda.

Junto a cada dígito trazamos tantas líneas como sea el dígito, en forma horizontal trazamos cuatro líneas, más arriba dos y por último nueve, en sentido vertical, iniciamos con un grupo de siete, a la derecha tres y a continuación cinco.

Se trazaran diagonales (las de color rojo) de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, de forma que la misma atravesase los grupos de unidades, decenas, centenas, unidades de mil,

decenas de mil y centenas de mil, recordando que en nuestro caso tenemos dos números de tres cifras, es decir tendremos cifras para centenas, decenas y unidades, además sabemos que si multiplicamos unidades por unidades, el resultado es unidades, y así, si multiplicamos unidad por decenas el resultado será decena, si multiplicamos unidad por centena, tendremos centena, hasta multiplicar centena por centena, cuyo resultado decenas de mil, es decir tendremos cinco resultados desde unidades hasta decenas de mil.

Contamos todos los puntos de corte de los grupos por donde atravesase cada diagonal, en nuestro caso tenemos 45 unidades, 37 decenas, 89 centenas, 26 unidades de mil y 28 decenas de mil.

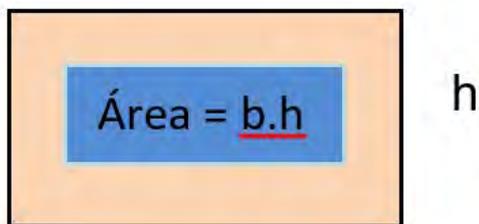
En la diagonal de unidades fijamos el 5 y el 4 sumamos a la siguiente diagonal, es decir las decenas que resultan en la diagonal de unidades pasa a la diagonal de decenas, $37 + 4 = 41$, el 1 queda en esa diagonal y el cuatro pasa a la diagonal de las centenas, así hasta la diagonal de las decenas de mil, a donde se añaden 3 proveniente de la anterior, dando como resultado 31.

El resultado será construido con los dígitos 31-5-3-1-5, que si los unimos resulta el número 315315, que es el resultado de la multiplicación, que podemos verificar de cualquier manera.

6.2. El área de una figura geométrica

DEFINICION DE ÁREA: El área de una figura geométrica, se entiende como el espacio bidimensional limitado por la forma.

En base de la definición expuesta se puede indicar que el área de un rectángulo se define como base por altura.



b

b es la base.

h es la altura.

Área = base por altura.

Esta definición es básica y sirve para el calcular el área de cualquier figura geométrica.

PRISMA: es una figura geométrica de lados rectos.

TRIÁNGULO: Es un polígono de tres lados (un polígono se construye con al menos tres lados).

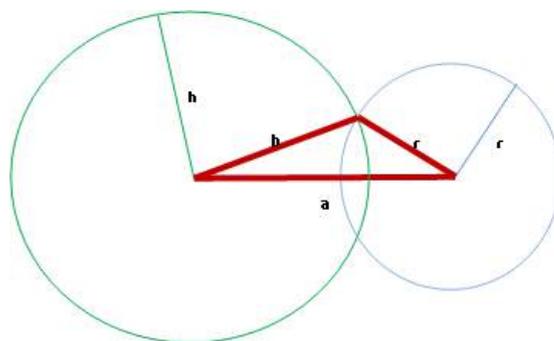
Construcción de triángulos:

CONDICIÓN: Para construir un triángulo debe cumplirse para cada uno de los lados que: "la suma de los dos lados debe ser mayor al tercero".

Procedimiento:

- I. Se gráfica el lado mayor (a).
- II. Con compás, se hace centro en uno de los extremos, se abre una magnitud igual a uno de los otros lados dados y se traza un círculo (b).
- III. De igual forma, con compás, se hace centro en el otro extremo, se abre una magnitud igual al tercer lado y se traza un círculo (c).
- IV. Se une los puntos de corte de los círculos con los extremos del primer segmento trazado y se tienen dos triángulos (figura 3).

Figura 3.



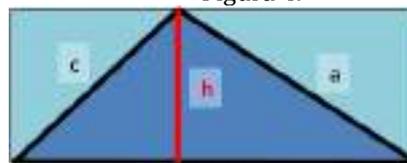
El proceso de construcción por si solo explica la condición.

6.2.1 Área de un triángulo

El área de un triángulo es la mitad del área del rectángulo que lo inscribe.

En la Figura 4, se observa claramente que el área del triángulo resulta de tomar la mitad del área del rectángulo que lo contiene, en la figura 5, rotamos ese triángulo, lo cual en nada modifica el valor de dicha área y generaliza la formula.

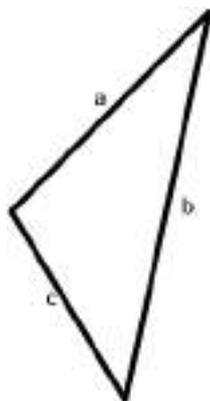
Figura 4.



b

$$\text{Area} = \frac{b \cdot h}{2}$$

Figura 5.



De donde se observa claramente que el área de un triángulo es el semiproducto de la base por la altura, pudiendo tomarse como base cualquiera de sus lados, teniendo en cuenta que la altura debe tomarse con respecto al lado escogido como base.

6.2.1.1 Fórmula del semiperímetro

La fórmula anteriormente obtenida tiene el inconveniente que se requiere calcular el valor de la altura, cualquiera de ellas, lo que en la práctica es muy complicado, por lo que con ayuda de las funciones trigonométricas, se obtienen las siguientes formulas:

$$\text{Area} = \frac{a \cdot b \cdot \text{Sen}C}{2}, \text{Area} = \frac{a \cdot c \cdot \text{Sen}B}{2}, \text{Area} = \frac{b \cdot c \cdot \text{Sen}A}{2}$$

Que se expresa como el semiproducto de dos de sus lados por el seno del ángulo que forman, lo que también en la práctica es complicado.

Surge entonces la fórmula del semiperímetro (p):

$$p = \frac{a + b + c}{2}$$

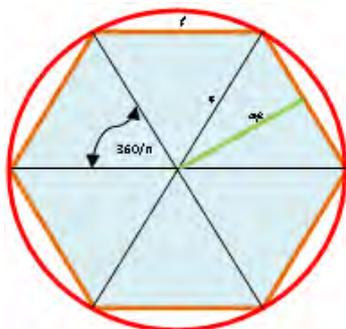
$$\text{Area} = \sqrt{p(p - a)(p - b)(p - c)}$$

Expresión que calcula el área de un triángulo en función únicamente de sus lados, lo que hace de esta fórmula una herramienta útil y práctica.

6.2.2. Área de un polígono regular

Un polígono regular de n lados está compuesto por n triángulos isósceles donde l es el valor del lado, r, el radio del círculo que lo inscribe y ap, la apotema o altura de cada triángulo con respecto al lado (figura 6).

Figura 6.



Entonces el Área será: $\frac{n \cdot l \cdot ap}{2}$ ó $\frac{n \cdot r^2 \cdot \text{Sen}(\frac{180}{n})}{2}$

O también $\frac{n \cdot l \cdot \sqrt{4r^2 - l^2}}{4}$

Aunque también existe un desarrollo que da como resultado:

Área = $\frac{nl^2}{4 \text{tg}(\frac{180}{n})}$ que puede expresarse como

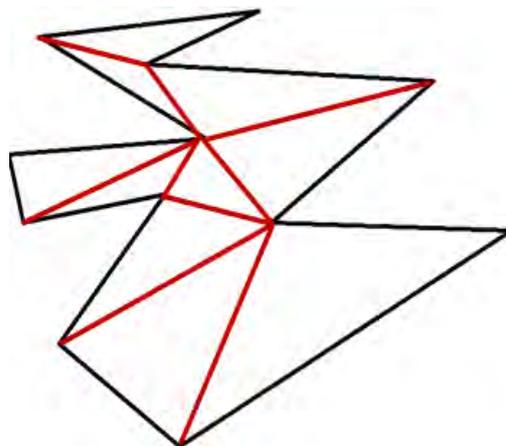
$\frac{nr^2 \text{Sen}(\frac{360}{n})}{2}$ que cuando es grande tiende a $\text{Area} = \pi r^2$, que es el área de un círculo, justamente porque un polígono regular cuando tiene gran cantidad de lados toma la forma de un círculo.

6.2.3. Área de un polígono irregular

Debemos indicar que “CUALQUIER POLIGONO IRREGULAR DE n LADOS PUEDE DIVIDIRSE EN n-2 TRIANGULOS.

En la figura 7 se observa como un polígono irregular de doce lados es recubierto por diez triángulos escalenos, lo que implica que el área de dicho polígono será el resultado de la suma aritmética de las áreas de los diez triángulos y para ello es posible recurrir a la fórmula del semiperímetro que calcula el área a partir de los valores de los lados. Debe recalcarse que esta partición en triángulos no es única y debe responder más bien a los requerimientos prácticos.

Figura 7.

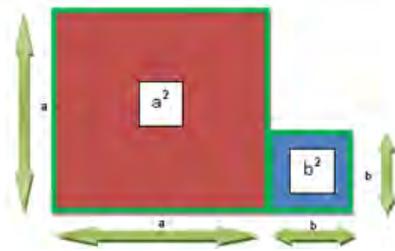


6.3. El Teorema de Pitágoras

Este teorema es uno de los más conocidos de geometría y de las matemáticas, del mismo existen infinidad de demostraciones, más intentando enmarcarnos en la realidad que vivió Pitágoras, exponemos aquí una de ellas:

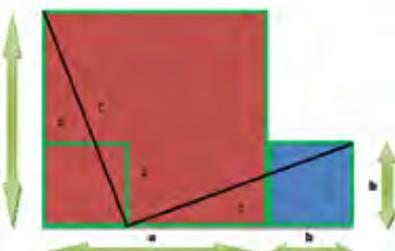
Partiendo de dos cuadrados cualesquiera, uno de lado a y área a², otro de lado b y área b² (figura 8).

Figura 8.



En una esquina del cuadrado mayor marcamos lo correspondiente al cuadrado menor (figura 9).

Figura 9.

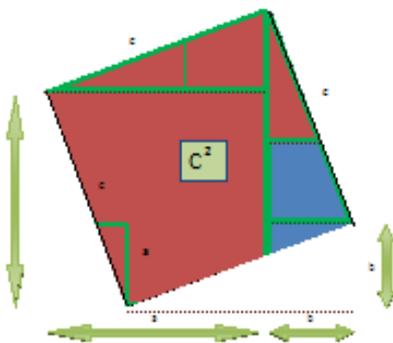


Luego trazamos las rectas que completan el triángulo rectángulo con catetos a y b, que es este caso llamamos c, es decir c es la hipotenusa del triángulo rectángulo abc.

Existen áreas de los cuadrados iniciales que quedan fuera de las hipotenusas trazadas.

Esas áreas podemos moverlas, como se observa en la figura 10, completando el cuadrado de área c^2 .

Figura 10.

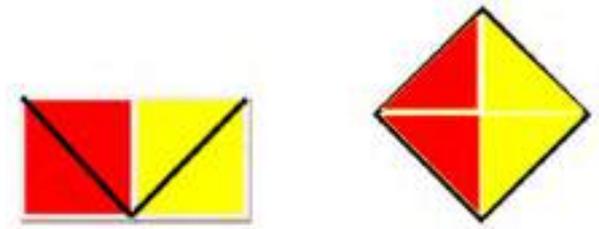


Con lo indicado queda demostrado que “La suma de las áreas de los cuadrados construidos sobre los catetos de un triángulo rectángulo es igual al área del cuadrado construido sobre la hipotenusa del mismo”.

Que escuetamente se resume en el conocido:
 $c^2 = a^2 + b^2$

Si los cuadrados son de lados iguales, la demostración se reduce significativamente a lo que se observa en la figura 11.

Figura 11.



Sin embargo este resultado es posible generalizarlo, indicando que la figura a construirse en cada lado del triángulo rectángulo en lugar del cuadrado puede ser cualquier figura geométrica semejante en los tres lados, quedando el enunciado de la siguiente manera: “La suma de las áreas de dos figuras geométricas semejantes construidas sobre los catetos de un triángulo rectángulo es igual al área de otra figura semejante construida sobre la hipotenusa del mismo”.

6.4. Cuadrado de un binomio

Todos los productos notables pueden desarrollarse geoméricamente, como una muestra desarrollaremos aquí el cuadrado de un binomio.

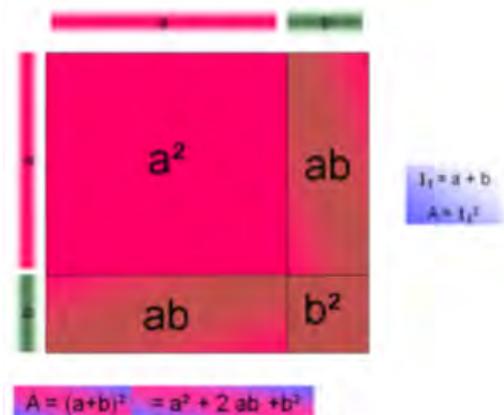
Nos basamos en el área de un rectángulo que por definición es base por altura, y en el caso particular del cuadrado es l_1^2 , (figura 12).

Figura 12.



Si dividimos cada lado en dos partes a y b, se tiene que el cuadrado se divide en cuatro partes como se observa en la figura 13.

Figura 13.



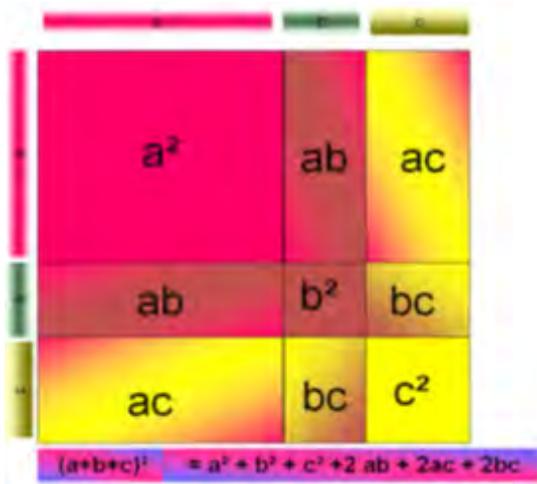
Donde la misma área se puede expresar como la suma aritmética de las cuatros resultantes, entonces:

$$(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$$

Que se conoce como desarrollo del cuadrado de un binomio o también como Trinomio cuadrado perfecto a su segundo miembro.

Este resultado fácilmente puede generalizarse a desarrollo de trinomios o expresiones algébricas de más términos, así en la figura 14 se tiene el desarrollo para un trinomio:

Figura 14.



Está claro que este procedimiento puede generalizarse ya sea en la forma geométrica, dividiendo el lado en el número de términos que contenga la expresión algebraica que deseamos elevar al cuadrado o simplemente intuyendo sobre los resultados, ya que se observa que siempre existirán los cuadrados de cada termino más dos veces el producto de todas las posibles combinaciones de dos de ellos.

Es posible desarrollar en la practica un desarrollo para el cubo de un trinomio, en las fotografías se observa un desarrollo de un tetranomio al cubo, por supuesto que esto ya no es posible graficarlo, lo que se puede es construir el cubo, como se observa.

El cubo responde al desarrollo de:

$$(a + b + c)^3 = a^3 + 3a^2b + 3a^2c + 3ab^2 + 3b^2c + 3ac^2 + 3bc^2 + 6abc$$

La fotografía 1 muestra como los veinte y siete pedazos pueden armar un cubo perfecto, que es la base del resultado establecido. Debe estar claro que en el proceso hay muchos otros resultados, que los alumnos pueden reconocer.

Fotografía 1.



6.5. Identificación de elementos de un triángulo

Es conocido que en los triángulos se han definido las alturas, las bisectrices, las medianas y las mediatrices, y que además la intersección de las tres alturas es un punto único denominado ortocentro, igual para la bisectrices, cuyo punto de intersección se conoce como incentro, de las medianas el punto de intersección se llama baricentro y la de las mediatrices circuncentro, cada uno de ellos con propiedades propias.

- Lo que se busca aquí es que los alumnos encuentren estos elementos, para lo cual se plantea el siguiente proceso.
- Se pide que construyan en papel distintos triángulos y que los corten.
- Se define cada una de las rectas y se indica cómo encontrarlas siguiendo ciertas normas:
- Para hallar el punto medio de una línea, simplemente doblaremos sobre si misma esta línea, uniendo los extremos, el punto que resulte en el extremo opuesto es el punto medio.
- Para hallar la recta que divida en dos partes iguales a un ángulo, se debe doblar de forma que coincidan los dos lados que forman dicho ángulo, se ajustamos y apretamos el papel, se creara en el papel la recta que divide en dos partes iguales a un ángulo.
- Para trazar una perpendicular a una recta dada, simplemente fijamos un punto y doblamos el papel haciendo que coincida en el lado, se genera una recta que inicia en el punto escogido y que es perpendicular al lado seleccionado.
- Se pedirá que los alumnos marquen cada línea y los puntos de intersección surgirán espontáneamente.

6.6. Productos de binomio de primer grado

Este ejercicio, sirve para evidenciar la realidad del algebra, debidamente realizado permite obtener algunos resultados importantes que enumeramos a continuación y que no son los únicos:

- Diferenciar las unidades de las variables.
- Diferenciar las dimensiones de una variable X, X², X³.
- Entender que lo positivo y negativo son elementos distintos a pesar de que pueden tener igual magnitud.

Para desarrollar este ejercicio, exponemos ciertos acuerdos:

La unidad es un cubo pequeño, puede ser de 1cm x 1cm x 1cm.

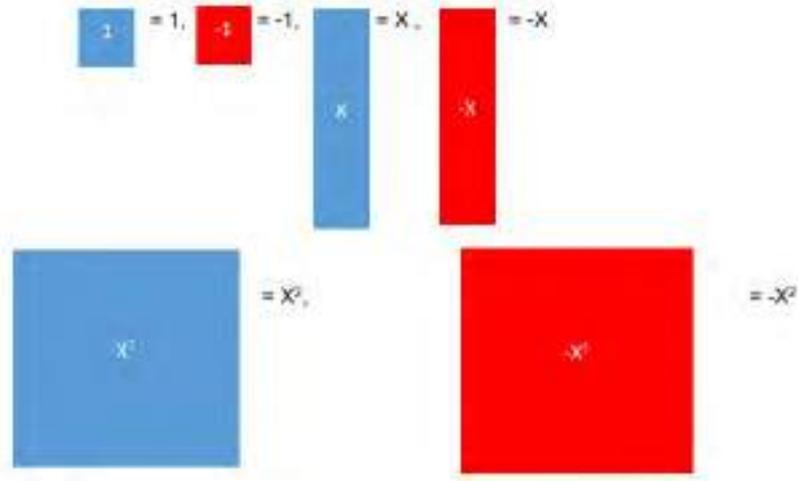
La variable X es una tira de una longitud arbitrariamente asignada, se recomienda que la longitud no sea de una medida múltiple de 1cm, para que no se preste a confusión, puede ser algo como 6,5 cm, el ancho será de 1 cm y el espesor también de 1 cm.

X^2 será representada por un cuadrado que tenga como lado la longitud asignado a X, en nuestro caso será un cuadrado 6,5 cm x 6,5 cm y con 1 cm de espesor.

X^3 se representara como un cubo cuyo lado sea igual al asignado a la longitud de X, en nuestro caso será 6,5cm x 6,5 cm x 6,5 cm.

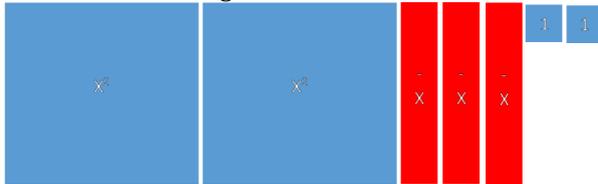
Para los signos acordaremos que el color azul representa lo positivo y lo rojo será lo negativo.

Es decir, intentando poner esto en dos dimensiones: tendremos la siguiente representación:



De tal forma que la expresión $2X^2 - 3X + 2$, podría expresarse de la forma que se presenta en la figura 14.

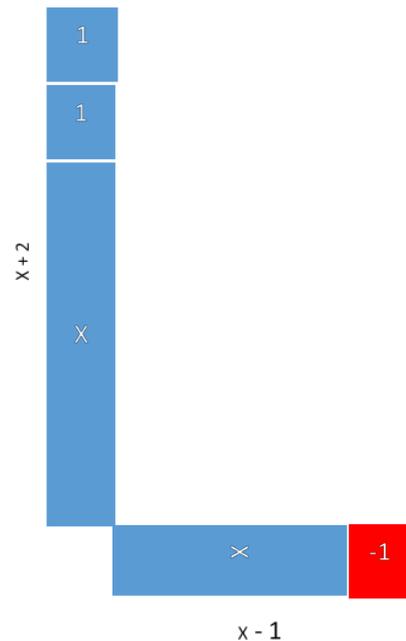
Figura 14.



NOTA: Aquí no se puede graficar X^3 , por razones de dimensiones, más en la práctica si es posible.

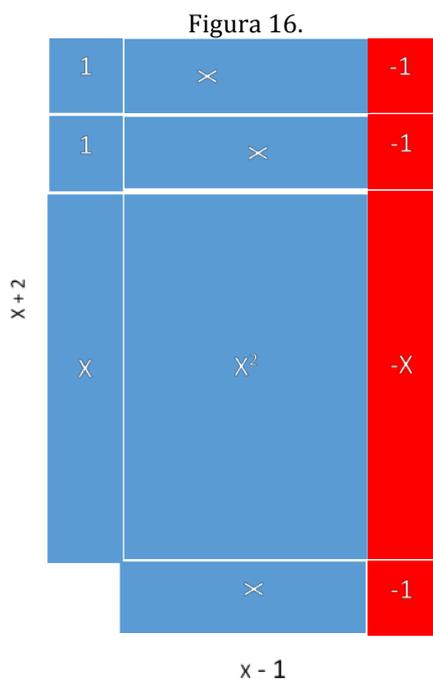
Luego recurrimos nuevamente al concepto de área y podemos representar el producto algebraico de $(X+2)*(X-1)$, de la manera que se observa en la figura 15.

Figura 15.



Donde en el sentido vertical colocamos uno de los factores y en sentido horizontal el otro, luego simplemente pedimos que rellenen con los elementos que poseen el espacio del rectángulo generado, tal como se aprecia en la figura 16, recordando simplemente las reglas de los signos,

aplicando a nuestro ejemplo se tendrá lo que se observa a un lado.



Se puede observar que el área se llena con un cuadrado azul, dos tiras azules, una tira roja y dos cuadraditos rojos que representaría:

$$x^2 + 2x - 1x - 2,$$

Que luego de reducir términos semejantes los x y los $-x$, se tendría: $x^2 + x - 2$, que justamente es el resultado analítico del producto planteado.

Con lo visto podemos hacer: producto de polinomios, factoro, productos notables, división de polinomios, mas estas operaciones surgen de ubicar correctamente esos elementos simbólicos perfectamente tangibles. Es de indicarse que con estos conceptos hemos logrado, conjuntamente con nuestros alumnos construir una máquina que permite realizar las operaciones planteadas.

7. Cambios obtenidos

Con la aplicación de estos procesos se ha logrado que los alumnos tengan más interés en la materia de las matemáticas, lo que obviamente redundo en un mejoramiento académico, además el dictar clases se convierte en un espacio más amigable (fotografía 2), donde tanto el profesor como cada uno de los alumnos aportan para generar el nuevo conocimiento.

Fotografía 2. Alumnos operando con la "calculadora Algebrática"



Es notorio también como los alumnos se tornan más críticos y buscan de forma más efectiva los resultados, preguntan más y se logra que alumnos que generalmente no participaban en clase, sean más activos, buscando mostrar sus resultados.

El profesor busca siempre utilizar esta metodología para cualquier tema que tenga que explicar, generando más investigación.

8. Conclusiones

Con estos ejemplos, estimo se muestra como las matemáticas surgen de la practican y sirven para solucionar problemas de la vida práctica, reiterando que en ningún momento se busca opacar los desarrollos netamente teóricos que llegan al mismo resultado, más bien se propone buscar procesos más amigables que ayuden en el proceso enseñanza aprendizaje, que siempre es posible encontrarlos por cuanto las matemáticas surgen de lo concreto.

El proceso enseñanza aprendizaje de las matemáticas se sujeta a la razón histórica del desarrollo de la ciencia y lo práctico es la esencia de la misma.

Las matemáticas y la lógica están íntimamente relacionadas y su existencia se retroalimenta continuamente, por ello el razonamiento es el único medio valido que permite entender la ciencia, otro mecanismo distorsiona esta realidad.

La importancia de entender los procesos en matemáticas es vital para una comprensión cabal de la ciencia.

9. Recomendaciones

Los procesos de enseñanza aprendizaje de las matemáticas deben fundamentarse en el razonamiento y ser ajenos a la memorización, utilizando esta capacidad más bien como una herramienta de apoyo para la presentación del conocimiento.

La única manera de enseñar un proceso es fundamentándolo y ejecutándolo, el enumerar los pasos no ayuda y más bien confunde.

Referencias

- Adams, J.L. (1999): Guía y juegos para superar bloqueos mentales, Gredosa, Barcelona.
- De Alonso, M. (2002): Los juegos en el aula, Servicio de Publicaciones de CSI-CSIF.
- Gardner, M. (1988): Matemática para divertirse, Granice, Barcelona.
- Ramírez, R. (2003): "El ingenio no tiene edad", Encuentro de profesores de matemáticas de Primaria y Secundaria, Castellón 2003.
- Ramírez, R. y Morales, S. (2002): "¿Cuánto de ingenio hay en un problema de ingenio?", Investigación en el aula de matemáticas. Resolución de problemas, Cardemos, J.M. y otros (Eds.), Departamento de Didáctica de la Matemática y SAEM THALES, Granada, pp. 223-228. Revista Quo, n.º 95, Agosto 2003, pp.110-111.
- Stewart, I. (2000): Ingeniosos encuentros entre juegos y matemática, Gredosa, Barcelona.
- Calvo-Fernández Pérez, Salvador (2001). «Estrella mágica de cinco puntas». Ministerio de Educación y Ciencia (España).
- *[http://www.primaria.profes.net/especiales2.asp?id_contenido=35109 Estrellas mágicas, por Ramón García Solano]
- *[http://descartes.cnice.mecd.es/materiales_didacticos/CuadMag/Estrellas_magicas.htm Estrellas mágicas, por Salvador Calvo-Fernández Pérez]

Anexos

Anexo 1.

Fotografía 3. Demostración del Teorema de Pitágoras con esta metodología



Anexo 2.

Fotografía 4. Trabajando con la máquina "calculadora algebraica"



Anexo 3

Fotografía 5. El cuadrado matemático “más grande del mundo”



Anexo 4

Certificación conferida por el lcto. Xavier Cárdenas Molina, Rector de la Unidad Educativa cuando la innovación se presentó



Anexo 5

Certificación del dr. Víctor Cárdenas Ordoñez, actual Rector de la Institución que certifica la utilización positiva de la propuesta.



GLOBAL  KNOWLEDGE
ACADEMICS



ISSN: 2386-8791