

Omnia Año 24, No. 1 (enero-abril, 2018) pp. 53 - 71
Universidad del Zulia. ISSN: 1315-8856
Depósito legal pp 199502ZU2628

Esquemas cognitivos de estudiantes universitarios sobre análisis gravimétrico

Lisette Montilla y Xiomara Arrieta***

Resumen

La química es una ciencia fundamental para el desarrollo tecnológico del país y su estudio atañe a diversos campos de la actividad humana; sin embargo, los estudiantes carecen de suficientes esquemas cognitivos relacionados con esa ciencia que los capacite para enfrentarse a situaciones problemáticas cada vez más complejas. El presente artículo se fundamentó en la teoría de campos conceptuales de Vergnaud (1990), y su objetivo fue analizar los esquemas previos a la clase, utilizados por estudiantes universitarios en la resolución de problemas sobre análisis gravimétrico. La metodología utilizada fue documental, descriptiva, con un tipo de muestra de máxima variación aplicada a estudiantes de Química, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, utilizándose un cuestionario y un guion de entrevista para examinar los ingredientes de los esquemas. Dentro de los resultados obtenidos se destaca la existencia de esquemas inadecuados y en desacuerdo con el conocimiento científico para abordar las situaciones planteadas.

Palabras clave: Teoría de los campos conceptuales, esquema, resolución de problemas, concepto, análisis gravimétrico.

* Lic. en Educación mención Biología y Química, Área Química. MSc. en Ciencias del Ambiente. Profesora. Asociada de la Universidad del Zulia. Investigadora PEII Nivel A. Email: lmontillac@hotmail.com

** Lic. en Educación, mención Cs. Matemáticas; MSc. en Matemática Aplicada, MSc. en Ciencias Aplicadas Área Física; Dra. en Cs Humanas; Postdoctorado en Cs. Humanas. Profesora. Titular de la Universidad del Zulia. Investigadora PEII Nivel C. Email: xarrieta2410@yahoo.com

Schemes of university students about gravimetric analysis

Abstract

Chemistry is a fundamental science for the technological development of the country and its study concerns various fields of human activity; however, students lack sufficient cognitive schemes related to that science that enables them to face increasingly complex problem situations. This article was based on the theory of conceptual fields of Vergnaud (1990), and its objective was to analyze the schemas prior to the class, used by university students in solving problems about gravimetric analysis. The methodology used was documentary, descriptive, with a sample type of maximum variation applied to students of Chemistry, Faculty of Agronomy, University of Zulia, using a questionnaire and an interview script to examine the ingredients of the schemas. Among the results obtained, the existence of inadequate schemas and disagreement with scientific knowledge to address the situations raised stands out.

Key words: Conceptual fields' theory, scheme, solving problems, concept, gravimetric analysis.

Introducción

La química es una ciencia fundamental para el desarrollo tecnológico del país y su estudio atañe a diversos campos de la actividad humana tales como la medicina, agronomía, ambiente, farmacología, criminalística, entre otros, contribuyendo al mejoramiento de la calidad de vida de los miembros de la sociedad en general.

Se han realizado diversos estudios (Morales y Landa, 2004; Galagovsky, 2005; Valero y Mayora, 2009; Lazo, 2012), con el fin de mejorar la calidad de la enseñanza de esta ciencia, sin embargo, se siguen presentando dificultades tales como clases esencialmente expositivas, y se presenta como una simple descripción organizada de fenómenos, donde los alumnos se limitan a memorizar conceptos y fórmulas, sin participación de los estudiantes en la construcción de sus conocimientos.

Al respecto, Vergnaud (1990), sostiene que el indicio del progreso cognitivo es la conceptualización, y por tanto es necesario estudiar, tanto los aspectos conceptuales de los esquemas como las situaciones para los cuales los estudiantes los desarrollan.

El estudio de los esquemas se basó en el análisis de lo que Vergnaud (1990), llama ingredientes de los esquemas, *metas y anticipaciones, reglas de acción, invariantes operatorios y posibilidades de inferencia*, mediante la aplicación de un cuestionario complementado con un guion de entrevista, a 6 alumnos cursantes de la Química, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, durante el II periodo de 2016.

En consecuencia, el presente artículo se fundamentó en la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud y su objetivo fue analizar los esquemas cognitivos previos a la enseñanza formal, utilizados por estudiantes universitarios en la resolución de problemas sobre análisis gravimétrico.

Fundamentación teórica

Teoría de los campos conceptuales de Vergnaud

Es una teoría cognitivista que permite analizar cómo se organizan las ideas y se generan los conceptos y representaciones. Los campos conceptuales son conjuntos de problemas, situaciones, conceptos y estructuras, cuyo dominio requiere a su vez el dominio de conceptos y procedimientos de distinta naturaleza, relacionados entre sí (Vergnaud, 1990). El eje central de esta teoría lo constituye el concepto de esquema, el cual es definido como la organización invariante de la actividad para una determinada clase de situaciones (Vergnaud, 1990, 1996, 2007).

Se puede considerar que un esquema es la causa que mueve a una persona a actuar de la misma manera ante situaciones similares. Por ejemplo, cuando los alumnos resuelven problemas de balanceo de ecuaciones químicas, frecuentemente utilizan el esquema de contar el número de átomos de cada elemento en ambos lados de la ecuación y luego, por ensayo y error, colocar coeficientes en la fórmula de cada compuesto o elemento presente hasta que las cantidades de átomos de cada elemento en los reactivos y productos se igualen.

El concepto de situación también es de suma importancia en la teoría de campos conceptuales debido a que los procesos cognitivos y las respuestas dadas por los estudiantes dependen de las situaciones a las que son enfrentados. Vergnaud (1990), asegura que le da al concepto de situación el sentido de tarea, problema a resolver.

Los esquemas se refieren necesariamente a situaciones y es en la interacción entre ellos donde es posible descubrir nuevos elementos y conceptos. Por tanto, el progreso cognitivo consiste principalmente en el desarrollo de un amplio repertorio de ellos (Vergnaud, 1996). En este sentido, los esfuerzos de la educación deben estar dirigidos al desarrollo sostenido de ese amplio repertorio, procurando evitar que estos esquemas solo sirvan para resolver problemas tipo.

Con el objeto de facilitar la comprensión del concepto de esquema, Vergnaud (1990, 2007), provee unos elementos constituyentes que él llama sus ingredientes. Esto resulta fundamental en el presente trabajo porque el análisis de los esquemas utilizados por los estudiantes cuando se les enfrenta a situaciones sobre análisis gravimétrico se basa completamente en ellos. A continuación, se describe a cada uno:

- Metas y anticipaciones: un esquema siempre se dirige a una clase de situaciones en las que el alumno puede descubrir un posible pro-

pósito de la actividad, sus objetivos, o esperar ciertos efectos o fenómenos. Se trata de que el estudiante entienda la situación planteada, reconozca datos o condiciones del problema, implícitos o explícitos, así como metas y submetas. Cabe destacar que el estudiante ejerce un control casi permanente sobre las metas y anticipaciones mientras se lleva a cabo la acción.

- Reglas de acción: son la parte del esquema que generan tanto la acción como la toma de información y el control de las propias acciones materiales que permiten la modificación de la conducta en situación y comprenden el retroceso, si esta no es posible. Son reglas condicionales del tipo *si* (condición existente en la situación para el estudiante), *entonces* (debe efectuarse alguna acción, toma de información o control).
- Invariantes operatorios: constituyen la base conceptual implícita o explícita contenida en los esquemas. Permiten identificar objetos en una situación, así como sus propiedades, relaciones, transformaciones, obtener la información pertinente, e inferir de ella las consecuencias convenientes para la acción, la toma de información y el control, esto es, las reglas de acción más apropiadas.
- Posibilidades de inferencia: son los razonamientos que contiene necesariamente un esquema para anticiparse a una situación concreta, constituyen el instrumento de adaptación de la actividad y de la conducta a sus características particulares. Las inferencias generan las reglas de acción, están presentes en todo momento porque una acción no puede ser provocada por una situación y luego desarrollarse de manera totalmente automática, es decir, sin control y sin toma de nueva información. Las inferencias son operaciones que permiten pasar de una operación tenida como verdadera a otra que también se considera verdadera.

Metodología

La metodología utilizada fue documental de tipo descriptivo (Hernández et al., 2010). La población estuvo conformada por 28 estudiantes cursantes de Química, en la Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, durante el II periodo de 2016. La muestra fue no probabilística porque no se seleccionó al azar (Hernández et al., 2010), definen las muestras no probabilísticas como aquellas donde la elección de los sujetos depende de razones relacionadas con las características de la investigación. El tipo de muestra también fue diversa o de máxima variación porque estuvo integrada por alumnos nuevos y repitentes, de distintos sexos, habilidades y estilos de aprendizaje, y con disponibilidad y disposición a ser entrevistados. Las muestras diversas o de máxima variación se utilizan cuando se pretende mostrar distintas perspectivas y representar la complejidad del fenómeno estudiado (Hernández et al., 2010).

El estudio se basó en el análisis de cada uno de los ingredientes de los esquemas que utilizaron los alumnos cuando intentaban resolver la siguiente situación problemática, correspondiente al tema de análisis gravimétrico:

Un agricultor tiene opción para comprar dos abonos nitrogenados: urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ y sulfato de amonio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Se asume que los dos son químicamente puros y lo que le interesa adquirir es nitrógeno. El precio de la urea es de 14300 Bs/Kg y el del sulfato de amonio 12700 Bs/Kg. Conviene comprar:

- a) La urea
- b) El sulfato de amonio
- c) mezcla de urea y sulfato de amonio
- d) Ninguno de los dos justifica tu respuesta.



Como complemento al planteamiento de la situación problemática, se utilizó una entrevista semiestructurada, la cual estuvo conformada por 9 preguntas. El análisis de los esquemas se realizó atendiendo a los ingredientes de los esquemas, y con base en indicadores de los mismos, se construyó el guion de entrevista (Cuadro 1) de modo tal que las preguntas realizadas estuviesen en relación directa con ellos. Los invariantes operatorios fueron extraídos de las respuestas escritas y de la grabación de las entrevistas realizadas a cada uno de los estudiantes.

Cuadro 1. Guión de entrevista para el análisis de esquemas

Ingredientes	Indicadores	Guión de entrevista
Metas y anticipaciones	1. Focaliza el problema	1. ¿Cuál es el contexto de la situación?
	2. Reconoce datos o condiciones explícitas o tácitas	2. ¿Qué datos o condiciones proporciona?
	3. Reconoce las incógnitas	3. ¿Cuál es la pregunta realizada?
Reglas de acción	1. Explica el proceso para obtener la solución	1. ¿Cómo obtuviste la solución?
	2. Argumenta sobre la conveniencia de las acciones que toma	2. ¿Por qué crees convenientes las acciones que tomaste?
	3. Resuelve el problema de otra manera o da una solución alternativa	3. ¿Cómo lo explicarías de otra manera?

Cuadro 1. Continuación

Ingredientes	Indicadores	Guión de entrevista
Invariantes operatorios	1. Teoremas-en-acción en acuerdo con el conocimiento científico 2. Conceptos-en-acción pertinentes con la situación presentada	Los conceptos y teoremas en acción serán extraídos de las respuestas escritas y de la grabación de la entrevista
Posibilidades de inferencia	1. Evalúa los resultados obtenidos 2. Infiere o deduce los resultados 3. Generaliza y reconoce problemas similares a partir de los resultados	1. ¿Por qué crees que tu respuesta es correcta? 2. ¿Puedes sugerir alguna proposición? 3. ¿Existirán nuevas situaciones que surgen a partir de la solución de esta situación? En caso de ser afirmativa tu respuesta, descríbela

Fuente: Las autoras (2017).

Las metas y anticipaciones, reglas de acción y posibilidades de inferencia, fueron codificadas de acuerdo al baremo presentado en el cuadro 2, y los invariantes operatorios según el propuesto en el Cuadro 3.

Cuadro 2. Baremo para codificación de las metas y anticipaciones, reglas de acción y posibilidades de inferencia

Código	Criterio
Adecuadas (A)	Si $Frp(RA) \geq 66,66\%$
Medianamente adecuadas (MA)	Si $33,33\% \leq Frp(RA) < 66,66\%$
Inadecuadas (I)	Si $Frp(RA) < 33,33\%$

Frp(RA): frecuencia relativa porcentual de respuestas acertadas

Fuente: Las autoras (2017).

Cuadro 3. Baremo para codificación de los invariantes operatorios

Código	Criterio
Adecuados (A)	Invariantes operatorios pertinentes con el problema y en acuerdo con el conocimiento científico.
Medianamente adecuados (MA)	Invariantes operatorios parcialmente pertinentes con el problema y en acuerdo con el conocimiento científico.
Inadecuados (I)	Invariantes operatorios no pertinentes con el problema y en desacuerdo con el conocimiento científico.

Fuente: Las autoras (2017).

Con el objeto de categorizar los esquemas utilizados, se le asignó un puntaje a cada código asignado a cada uno de los ingredientes (Cuadro 4). Seguidamente, por cada alumno se suman los puntajes obtenidos obteniéndose ΣP (Cuadro 5).

Cuadro 4. Puntaje asignado a cada código (ingredientes de los esquemas)

Código	(A)	(MA)	(I)
Puntaje	3	2	1

Fuente: Las autoras (2017).

Cuadro 5. Sumatoria de los puntajes de los esquemas de los estudiantes

Alumno	M y A	R d A	IO	P d I	ΣP

Fuente: Las autoras (2017).

Finalmente, se categorizaron los esquemas atendiendo al baremo presentado en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Baremo para la categorización de esquemas

Categorías	Criterio
Adecuados (A)	Si $10 \leq \Sigma P \leq 12$
Medianamente adecuados (MA)	Si $7 \leq \Sigma P \leq 9$
Inadecuados (I)	Si $4 \leq \Sigma P \leq 6$

Fuente: Las autoras (2017).

Resultados

A continuación, se identifican las metas y anticipaciones de los estudiantes. En el Cuadro 7 se muestran las respuestas proporcionadas por ellos durante la entrevista.

Cuadro 7. Metas y anticipaciones de los estudiantes

Alumno	¿Cuál es el contexto de la SP? (P1)	¿Qué datos o condiciones proporciona? (P2)	¿Cuál es la pregunta realizada? (P3)
A1	Menciona unos abonos y el agricultor debe escoger cuál le conviene usar de acuerdo a los precios y la cantidad de nitrógeno que tiene cada uno ellos	El precio de los abonos	¿Qué abono debe usar el agricultor?
A2	Comparar dos abonos para saber cuál usar	El precio de los abonos	¿Qué abono usar, dependiendo del precio?
A3	Un agricultor debe saber cuál abono comprar	El precio de los abonos	¿Cuál abono conviene comprar, si uno es más caro que el otro?
A4	Sobre dos abonos y decir cuál conviene utilizar, considerando el costo claro y la cantidad de nitrógeno también contenida en cada fertilizante	Los precios de los abonos y nos indican cuales vamos a comparar	¿Cuál abono conviene utilizar de esos que me dan?
A5	Sobre un agricultor que debe elegir entre dos abonos	Nos dan el precio de los abonos y las fórmulas	¿Qué abono conviene utilizar?
A6	El contexto es sobre unos fertilizantes que contienen nitrógeno	El precio de los fertilizantes	¿Cuál fertilizante es mejor?

Fuente: Las autoras (2017).

A las respuestas dadas por los alumnos entrevistados a cada una de las preguntas P1, P2 y P3, se les asigna un Sí o un No de acuerdo a la veracidad o falsedad de las mismas. De la misma manera, a las metas y anticipaciones (M y A) se les asigna un código y un puntaje de acuerdo a los baremos presentados en los cuadros 2 y 4. Estos resultados se muestran en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Codificación de las metas y anticipaciones

Alumno	P1	P2	P3	Frp (RA)	M y A	Puntaje
A1	Sí	No	No	33,33%	Med. adecuadas	2
A2	No	No	No	0	Inadecuadas	1
A3	No	No	No	0	Inadecuadas	1
A4	Sí	No	No	33,33%	Med. adecuadas	2
A5	No	Sí	No	33,33%	Med. adecuadas	2
A6	No	No	No	0	Inadecuadas	1

Fuente: Las autoras (2017).

A partir de los Cuadros 7 y 8, se puede notar que las metas y anticipaciones de la mitad de los estudiantes (A1, A4 y A5), son medianamente adecuadas, y para la otra mitad (A2, A3 y A6), resultaron inadecuadas. En general, el grupo objeto de estudio presentó serias dificultades para reconocer el contexto de la situación problemática propuesta y la pregunta realizada.

A la pregunta sobre el contexto de la situación problemática, donde un agricultor tiene dos opciones para comprar abonos nitrogenados de precio por kilogramo y fórmulas químicas conocidas, y de los cuales solo le interesa adquirir nitrógeno, los alumnos A2, A3 y A5 lo describen de manera incompleta y manifestaron tratarse sobre un agricultor con la tarea de decidir cuál de dos abonos le conviene comprar; asimismo, A6 apenas dijo referirse sobre unos fertilizantes que contenían nitrógeno; solo A1 y A4 lo describen más adecuadamente.

Con relación a los datos proporcionados, los cuales son las ecuaciones químicas de cada fertilizante, el precio por kilogramo de cada uno de ellos y el interés del agricultor por adquirir solo nitrógeno, ningún alumno los identificó plenamente. En efecto, casi todos apenas identifican como dato al precio de los abonos; solo A5 reconoce acertadamente como datos a las fórmulas y al precio de los fertilizantes.

En cuanto a la pregunta realizada, la cual consistía en saber cuál abono conviene comprar si solo desea adquirir nitrógeno, los alumnos solo mencionaron cuál abono conviene comprar sin hacer referencia al interés del agricultor. A6 estuvo más desafortunado al señalar cuál fertilizante es mejor como la incógnita del problema.

De lo expuesto, los alumnos presentan dificultades en reconocer la intención y el interés de la situación problemática. Para Vergnaud (1990), los inconvenientes observados con este ingrediente de los esquemas, no solo dificulta advertir las anticipaciones del objetivo que se pretende alcanzar, los efectos que se van a considerar y las etapas intermedias que pudieran generarse, también se entorpece la organización y generación de cualquier actividad que conlleve a su posible resolución.

Seguidamente se identifican las reglas de acción de los estudiantes que conforman la muestra. En el Cuadro 9 se presentan las respuestas proporcionadas por ellos durante la entrevista.

Cuadro 9. Reglas de acción de los estudiantes

Alumno	¿Cómo obtuviste la solución? (P1)	¿Por qué crees convenientes las acciones que tomaste? (P2)	¿Cómo lo explicarías de otra manera? (P3)
A1	No lo resolví	No lo entiendo	No lo sé profe
A2	Distribuí el 100% en los elementos según los más abundantes en el suelo. El sulfato de amonio es de menor costo y es lo mismo que la urea, aunque el agricultor podría hacerle una prueba a ver cuál es mejor, si tiene los recursos	Esa es la respuesta que yo creo que es, no sé qué más decirle profe	Si los abonos tienen cantidades iguales de nitrógeno, ¿por qué sencillamente no se escoge el más barato y ya?
A3	Busqué en las fórmulas de los fertilizantes y el sulfato de amonio tiene más nitrógeno y es más económico	Porque según el dato, el sulfato tiene dos nitrógenos y la urea tiene dos también	Que dependiendo del compuesto que se necesite, uno mira en la fórmula cuál tiene más y cuál fertilizante es más barato y de ahí uno escoge
A4	Comparando la cantidad de nitrógeno, pude ver que tiene más el sulfato de amonio en las fórmulas	Para mí está bien porque es lo que me indica la fórmula del abono	Esa es la forma, la otra es considerar el precio que sea más barato
A5	La obtuve comparando el precio y las fórmulas	Esa es la forma, comparando. Y las más conveniente es el sulfato de amonio	No sé otra forma de explicarlo
A6	No lo supe hacer	No sé profe	No sabe/ No responde

Fuente: Las autoras (2017).

De manera similar al procedimiento utilizado para el ingrediente metas y anticipaciones, las respuestas dadas por los alumnos entrevistados a cada una de las preguntas P1, P2 y P3, se les asigna un Sí o un No de acuerdo a la veracidad o falsedad de las mismas, y a las reglas de acción (R d A) se les asigna un código y un puntaje de acuerdo a los baremos presentados en los Cuadros 2 y 4. Estos resultados se muestran en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Codificación de las reglas de acción

Alumno	P1	P2	P3	Frp (RA)	R d A	Puntaje
A1	No	No	No	0	Inadecuadas	1
A2	No	No	No	0	Inadecuadas	1
A3	No	No	No	0	Inadecuadas	1
A4	No	No	No	0	Inadecuadas	1
A5	No	No	No	0	Inadecuadas	1
A6	No	No	No	0	Inadecuadas	1

Fuente: Las autoras (2017).

De los Cuadros 9 y 10, se puede apreciar que las reglas de acción de todos los estudiantes resultaron inadecuadas. El grupo tuvo serias limitaciones para aclarar cómo obtuvo la solución, la conveniencia de las acciones que lo llevaron a la misma y proporcionar una explicación alternativa.

Cuando se les interrogó sobre cómo obtuvieron la solución, ninguno de los alumnos proporcionó un método apropiado. A1 y A6 no resolvieron el problema; A5 manifestó haberla encontrado comparando el precio y las fórmulas, pero no dio más detalles a pesar de la insistencia de la investigadora.

A2 sugirió sin ningún sentido distribuir el 100% en los elementos según los más abundantes en el suelo. Luego recomendó hacer una prueba a los abonos para determinar cuál es mejor, lo cual, ni es la pregunta ni tampoco resuelve la situación planteada. Finalmente, se detectan deficiencias en su lenguaje al afirmar que el sulfato de amonio es igual a la urea, pero cuando se le solicitó una explicación, dijo querer referirse a que ambos abonos contenían la misma cantidad de nitrógeno, lo cual es falso aun si ambos tengan la misma masa.

A3 y A4 se basaron en las fórmulas químicas de ambos fertilizantes para decir que el de mayor contenido de nitrógeno es el sulfato de amonio, ignorando los conceptos de masa molecular y porcentaje.

A la pregunta sobre la conveniencia de las acciones tomadas al resolver el problema, A1 y A6 admiten no entender el problema, A2 no fue capaz de proporcionar un argumento y A5 basó sus acciones en que la decisión la tomó comparando ambos abonos, pero no pudo sustentar tal argumento; A3 se contradice al sugerir, basado en las fórmulas químicas, la existencia de cantidades iguales de nitrógeno en el sulfato de amonio y la urea; A4 también defiende su proceso de resolución al indicar que basó su respuesta en las fórmulas de los abonos, sin poder proporcionar alguna explicación adicional.

Con referencia a la solicitud de una explicación alternativa, ninguno de los alumnos logró proporcionarla, y sus respuestas variaron entre aceptar desconocer sobre la situación problemática y explicaciones erradas sobre cuál fertilizante es más conviene comprar.

De lo anterior se puede afirmar que los alumnos presentan inconvenientes en sus esquemas para generar secuencias de acciones en esta situación problemática. Según Vergnaud (1990), las dificultades observadas limitan de manera significativa tanto la selección de información como los controles necesarios para decidir si la misma es conveniente o no y, en cualquier caso, poder mantener o modificar la acción.

A continuación, se identifican las posibilidades de inferencia de los estudiantes que conforman la muestra objeto de estudio. En el Cuadro 11 se presentan las respuestas proporcionadas por ellos durante la entrevista.

Cuadro 11. Posibilidades de inferencia de los estudiantes

Alumno	¿Por qué crees que tu respuesta es correcta? (P1)	¿Puedes sugerir alguna proposición? (P2)	¿Existirán nuevas situaciones que pueden surgir a partir de esta SP? Explique (P3)
A1	No lo resolví	No profe	Que los elementos aparezcan en el envase del fertilizante
A2	Sí es correcta, comparé los dos abonos y son iguales y escogí el más barato	Buscar otros abonos, a lo mejor hay otro más barato todavía	Será comparar otros abonos, es lo único que se puede hacer
A3	Mi respuesta está equivocada porque los dos abonos tienen dos nitrógenos y uno solo debe fijarse en el precio	No sé profe	Bueno sí, el cultivo necesita otras sustancias. Para cultivar no se necesita solo nitrógeno, puede que se necesite azufre y sirva el sulfato de amonio
A4	Sí porque el que tiene más nitrógeno es el sulfato de amonio	No... de verdad no	No, a menos que se usen otros abonos con precios semejantes
A5	Sí, con esos precios y la misma cantidad de nitrógeno estoy segura que conviene más el sulfato de amonio	Ninguna	Si me dieran más abonos pero con diferentes cantidades de nitrógeno, entonces me fijo cuál tiene más y escojo ese
A6	No sabe/No responde	Ni idea	Tampoco sé profe

Fuente: Las autoras (2017).

En el Cuadro 12 se les asigna un código y un puntaje a las posibilidades de inferencia (P d I) encontradas procediendo de la misma manera que en las metas y anticipaciones y las reglas de acción.

Cuadro 12. Codificación de las posibilidades de inferencia

Alumno	P1	P2	P3	Frp (RA)	P d I	Puntaje
A1	No	No	No	0	Inadecuadas	1
A2	No	No	No	0	Inadecuadas	1
A3	No	No	No	0	Inadecuadas	1
A4	No	No	No	0	Inadecuadas	1
A5	No	No	No	0	Inadecuadas	1
A6	No	No	No	0	Inadecuadas	1

Fuente: Las autoras (2017).

En los Cuadros 11 y 12 se observa que las posibilidades de inferencia de todos los estudiantes fueron inadecuadas. El grupo bajo estudio no fue capaz de evaluar las respuestas proporcionadas, sugerir alguna proposición a partir de lo discutido, ni proponer nuevas situaciones problemáticas derivadas de esta.

Ante la pregunta por qué crees correcta tu respuesta, A1 y A6 vuelven a aceptar su desconocimiento al respecto; A2 y A5 basan su respuesta únicamente en el precio de cada kilogramo de abono, dejando de lado otras variables necesarias en el problema como el porcentaje de nitrógeno contenido en cada fertilizante; A5 admite una equivocación en su respuesta, y la corrige asegurando erradamente la existencia de cantidades iguales de nitrógeno en los dos abonos; A4 dice porque el sulfato de amonio contiene más nitrógeno sin explicar el origen de tal aseveración.

La propuesta de sugerir alguna proposición tampoco tuvo soluciones favorables, más aún, sus respuestas ni siquiera fueron proposiciones, a pesar de que la profesora volvió a explicarles el significado de las mismas y les incluyó ejemplos. A2 recomendó buscar otros abonos con menor precio sin hacer referencia a sus porcentajes de nitrógeno, y los demás estudiantes no pudieron realizar tal sugerencia.

Resultados similares se obtuvieron cuando se les preguntó si existirán nuevas situaciones que pudieran derivarse del presente problema. Sus respuestas no constituyeron nuevas situaciones problemáticas, y las mismas variaron entre aceptar su desconocimiento y sugerencias erradas para determinar el abono más conveniente.

La función de una inferencia es generar proposiciones tenidas como verdaderas a partir de otras proposiciones más antiguas tenidas como verdaderas (Vergnaud, 2007). Esto conlleva a ver las inferencias como relaciones entre propuestas encadenadas por proposiciones que permiten la adaptación de la actividad del estudiante a la situación planteada. Los problemas observados en el grupo al respecto pueden servir

como indicadores de dificultades en sus razonamientos que limitan su capacidad de establecer conclusiones, deducir resultados, evaluarlos, generalizar a partir de ellos, y explicarían la frecuente inacción de los estudiantes ante un problema planteado.

Asimismo, las inferencias permiten seleccionar las reglas y anticipaciones a partir de las informaciones (metas y anticipaciones) y los conocimientos (invariantes operatorios) disponibles en el alumno (Vergnaud, 1990). Como puede verse, este ingrediente de los esquemas involucra toda la actividad generada por los otros tres. Los resultados obtenidos en las posibilidades de inferencia también pudieran explicar las debilidades encontradas en los estudiantes con respecto a las metas y anticipaciones y reglas de acción.

Ahora se procede a identificar los invariantes operatorios de los estudiantes que constituyen la muestra. En el Cuadro 13 se presentan las respuestas proporcionadas por los alumnos, las cuales fueron extraídas de lo escrito en el cuestionario y de sus discursos durante la entrevista.

Cuadro 13. Invariantes operatorios de los estudiantes

Alumno	Conceptos en acción (TEA)	Relación CEA / Conocimiento científico	Teoremas en acción (TEA)	Relación TEA / Conocimiento científico
A1	- Fertilizante - Elementos - Costo	Inadecuados	- El nitrógeno es el mejor fertilizante para las plantas	Inadecuados
A2	- Fertilizante - Elementos - Prueba de laboratorio - Costo - Suelo	Inadecuados	- El sulfato de amonio es lo mismo que la urea - El porcentaje de nitrógeno en cada fertilizante se determina con una prueba en el laboratorio - El sulfato de amonio y la urea tienen el mismo porcentaje de nitrógeno - El abono más conveniente es el más barato	Inadecuados

Cuadro 13. Continuación

Alumno	Conceptos en acción (TEA)	Relación CEA / Conocimiento científico	Teoremas en acción (TEA)	Relación TEA / Conocimiento científico
A3	<ul style="list-style-type: none"> - Fertilizante - Sustancias - Compuesto - Fórmula - Cultivo 	Inadecuados	<ul style="list-style-type: none"> - La urea y el sulfato de amonio tienen dos nitrógenos - El abono más conveniente es el de menor precio por tener cantidades iguales de nitrógeno - Para cultivar no se necesita solo nitrógeno, puede ser que también se necesite azufre 	Inadecuados
A4	<ul style="list-style-type: none"> - Fertilizante - Cantidad de nitrógeno - Fórmula - Costo 	Inadecuados	<ul style="list-style-type: none"> - El sulfato de amonio tiene más nitrógeno que la urea - El abono más conveniente es el más barato 	Inadecuados
A5	<ul style="list-style-type: none"> - Abono - Cantidad de nitrógeno - Fórmula - Costo 	Inadecuados	<ul style="list-style-type: none"> - El sulfato de amonio y la urea tienen el mismo porcentaje de nitrógeno - El abono más conveniente es el más barato si los dos tienen la misma cantidad de nitrógeno - Si dos abonos tienen cantidades diferentes de nitrógeno, conviene el que tenga más cantidad 	Inadecuados

Cuadro 13. Continuación

Alumno	Conceptos en acción (TEA)	Relación CEA / Conocimiento científico	Teoremas en acción (TEA)	Relación TEA / Conocimiento científico
A6	- Fertilizante - Costo - Cantidad de nitrógeno	Inadecuados	- El precio de los fertilizantes está relacionado con la cantidad de nitrógeno que contengan - Todos los fertilizantes suministran nitrógeno al suelo	Inadecuados

Fuente: Las autoras (2017).

A los invariantes operatorios (IO), proposiciones consideradas como verdaderas por los alumnos (teoremas-en-acción) y a los conceptos que a ellos le parecieron pertinentes (conceptos en acción), se les asigna un código y un puntaje de acuerdo a los baremos presentados en los Cuadros 3 y 4. Estos resultados se muestran en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Codificación de los invariantes operatorios

Alumno	CEA	TEA	IO	Puntaje
A1	Inadecuados	Inadecuados	Inadecuados	1
A2	Inadecuados	Inadecuados	Inadecuados	1
A3	Inadecuados	Inadecuados	Inadecuados	1
A4	Inadecuados	Inadecuados	Inadecuados	1
A5	Inadecuados	Inadecuados	Inadecuados	1
A6	Inadecuados	Inadecuados	Inadecuados	1

Fuente: Las autoras (2017).

A partir de los Cuadros 13 y 14, se puede observar que los invariantes operatorios de todos los alumnos resultaron inadecuados. En el grupo objeto de estudio se identificaron conocimientos en desacuerdo con los aceptados por la comunidad científica.

La proposición extraída de A1, el nitrógeno es el mejor fertilizante para las plantas, es totalmente errada porque dicho elemento es un gas y no es por sí solo un fertilizante.

A2 y A5 ignoran inicialmente las fórmulas químicas de cada fertilizante y el primero de ellos recomienda una prueba de laboratorio para determinar cuál de los abonos contiene mayor porcentaje de nitrógeno; luego recurren a las fórmulas y decretan la igualdad de los porcentajes de

nitrógeno por los subíndices 2, dejando en evidencia la confusión entre cantidad de átomos del elemento y porcentaje, y el desconocimiento del concepto de masa molecular. La afirmación también deja ver deficiencias en el lenguaje al expresar “el sulfato de amonio es lo mismo que la urea” y los lleva a una conclusión desacertada y contradictoria con su recomendación inicial: “el abono más conveniente es el más barato”.

Errores similares fueron cometidos por A3, pero ella adicionalmente sugirió, totalmente desconectado de lo pedido en el problema, el uso de otros “abonos” como el azufre, dejando entrever su presunción de que cada elemento constituyente de una molécula de cada fertilizante, es en sí mismo un fertilizante.

A4 afirma, sin ningún tipo de argumentos “el sulfato de amonio tiene más nitrógeno que la urea”, y también revela su desconocimiento, tanto de las fórmulas químicas de los compuestos como el concepto de masa molecular, al recomendar la compra del fertilizante más barato.

A6 hace afirmaciones vagas, desconectadas de los objetivos del problema: “el precio de los fertilizantes está relacionado con la cantidad de nitrógeno que contengan” y “todos los fertilizantes suministran nitrógeno al suelo”.

La función principal de los invariantes operatorios es la de dirigir el reconocimiento por parte del estudiante de información pertinente de la situación, e inferir de ella la meta a alcanzar y las reglas de acción adecuadas para su abordaje, permitiendo la aprehensión de información sobre el problema en cuestión (Vergnaud, 1990). En este sentido, los resultados obtenidos por los alumnos en este ingrediente de los esquemas, conllevan a parecer obvio que el carácter inadecuado de los mismos, limita la vinculación entre la teoría y la práctica, y por tanto, explica las limitaciones observadas en los otros tres ingredientes. Además, puede decirse que sus invariantes operatorios inadecuados, obstaculizaron el análisis y dominio de la situación problemática planteada y será más difícil llevar a cabo el proceso de conceptualización.

A manera de síntesis, en el cuadro 15 se puede observar, según el baremo presentado en el cuadro 6, que los esquemas identificados en todos los estudiantes resultaron inadecuados para resolver la situación problemática planteada.

Cuadro 15. Esquemas de los estudiantes

Alumno	M y A	R d A	IO	P d I	ΣP	Esquemas
A1	MA	I	I	I	5	Inadecuados
A2	I	I	I	I	4	Inadecuados
A3	I	I	I	I	4	Inadecuados
A4	MA	I	I	I	5	Inadecuados
A5	MA	I	I	I	5	Inadecuados
A6	I	I	I	I	4	Inadecuados

Fuente: Las autoras (2017).

Consideraciones finales

Los esquemas de aprendizaje sobre análisis gravimétrico, utilizados por los estudiantes cuando se enfrentaron a la situación problemática planteada, resultaron inadecuados. Se observó una conceptualización mínima, sin argumentos en sus respuestas o basados en el sentido común. Igualmente, utilizaron un lenguaje deficiente, tanto en el cuestionario escrito como en sus discursos durante la entrevista.

Con respecto a los ingredientes de los esquemas, las metas y anticipaciones fueron inadecuadas y medianamente adecuadas, revelando la existencia de dificultades para reconocer el contexto de la situación problemática, las incógnitas y los datos. Por tanto, los esquemas utilizados impusieron limitaciones a los estudiantes para descubrir posibles propósitos de la situación problemática o esperar ciertos efectos o fenómenos.

Las reglas de acción fueron inadecuadas, indicando que no fueron capaces de explicar el proceso para llegar a la solución, evaluar la conveniencia de las acciones realizadas, ni resolver el problema de otra manera. Los argumentos orales y escritos no fueron acordes con el conocimiento científico, hubo indecisión, contradicción y fueron expresados con lenguaje deficiente.

Las posibilidades de inferencia también resultaron inadecuadas. Los alumnos no fueron capaces de evaluar los resultados obtenidos o, cuando lo hicieron, presentaron argumentos deficientes en cuanto al lenguaje y no acordes con el conocimiento científico. Tampoco pudieron inferir alguna proposición ni generar situaciones problemáticas a partir de los resultados obtenidos. A partir de esto, se puede decir que tuvieron pocas posibilidades de anticiparse o adaptarse a las situaciones presentadas, y sus posibilidades en la generación de reglas de acción también fueron muy limitadas.

Los invariantes operatorios utilizados no fueron acordes con el conocimiento científico. De acuerdo con Vergnaud (1990), puede decirse que estos impidieron identificar adecuadamente elementos en las situaciones problemáticas, así como sus propiedades, relaciones, generar consecuencias convenientes para la acción a partir de información pertinente, e inferir nuevas proposiciones a partir de razonamientos.

A pesar de las discrepancias entre los invariantes operatorios de los alumnos y el conocimiento científico y los resultados desfavorables en las metas y anticipaciones, reglas de acción y posibilidades de inferencia muestren esquemas insuficientes para ser aplicados a toda clase de situaciones, Vergnaud (1990), recomienda no ver a los alumnos como deficientes en comparación con los especialistas, si no como un sistema dinámico con mecanismos regulatorios capaces de asegurar su progreso cognitivo, y que estos conocimientos pueden ser considerados como precedentes de conceptos científicos a ser adquiridos, los cuales deben ser activados y guiados por el profesor.

Dados los resultados obtenidos en esta investigación, donde se encontraron esquemas cognitivos deficientes para la resolución de situaciones problemáticas sobre análisis gravimétrico, en un próximo artículo se propondrá un modelo didáctico, consistente con la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud, donde se incluye una metodología basada en resolución de problemas, aprendizaje cooperativo, trabajo de laboratorio, mapas conceptuales, TIC, la consideración de estilos de aprendizaje y de los principios facilitadores de aprendizaje significativo crítico de Moreira (2010).

Referencias bibliográficas

- Galagovsky, Lydia (2005). **“La enseñanza de la química pre-universitaria: ¿Qué enseñar, cómo, cuánto, para quiénes?”**. Revista Química Viva. Año 4 No. 1. pp. 8-22.
- Hernández, Roberto; Fernández, Carlos y Baptista, Pilar (2010). **Metodología de la investigación**. Quinta edición. Editorial Mc-Graw Hill/Interamericana. Editores, S.A. de C.V. México, D.F.
- Lazo, Leontina (2012). **“Estrategia para la enseñanza y el aprendizaje de la química general para estudiantes de primer año de universidad”**. Revista Electrónica Diálogos Educativos. Vol. 12 No. 23. pp. 66-89.
- Morales, Patricia y Landa, Victoria (2004). **“Aprendizaje basado en problemas”**. Theoria. Revista de teoría, historia y fundamentos de la ciencia. Vol. 13. pp. 145-157.
- Moreira, Marco (2010). **Aprendizaje significativo crítico**. Indivisa. Boletín de estudios de investigación. No.6. pp.83-101.
- Valero, Patricia y Mayora, Freddy (2009). **“Estrategias para el aprendizaje de la química de noveno grado apoyadas en el trabajo de grupos cooperativos”**. Sapiens. Revista Universitaria de Investigación. Año 10 No. 1. pp. 109-135.
- Vergnaud, Gerard (1990). **“La teoría de los campos conceptuales”**. Revista Recherches en Didactique des Mathématiques. Vol. 10 No. 2,3. pp. 133-170.
- _____ (1996). **“Algunas ideas fundamentales de Piaget en torno a la didáctica”**. Perspectivas: Revista trimestral de educación comparada. Vol. 26 No. 1. pp. 195-207.
- _____ (2007). **“¿En qué sentido la teoría de los campos conceptuales puede ayudarnos a facilitar aprendizaje significativo?”**. Investigações em Ensino de Ciências. Vol. 12 No. 2. pp. 285-302.