

# LOS SUELOS EN LA ENSEÑANZA DE LA TEORÍA ÁCIDO-BASE DE LEWIS. UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA DE APRENDIZAJE POR INVESTIGACIÓN

SALCEDO TORRES L.E.<sup>1</sup> y GARCÍA GARCÍA J.J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Química. Facultad de Ciencia y Tecnología. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.

<sup>2</sup> Departamento de Enseñanza de las Ciencias y las Artes. Facultad de Educación. Universidad de Antioquía. Medellín, Colombia.

---

## SUMMARY

This article describes and analyses the results obtained in a didactical experimental strategy, structured in the Teaching and Learning model which is based on research.

The students are involved in situations, where problems related with the soil are used in order to help the significative construction of the acid and base's concepts related to the Lewis' Theory in order to increase the students mental ability for analysing and synthesizing and also to develop their attitudes towards science.

---

## INTRODUCCIÓN

La didáctica tradicional basada en la transmisión de contenidos no ha sido eficaz para el aprendizaje de las ciencias, ya que los alumnos, además de demostrar bajos niveles de aprovechamiento escolar (Aliberas, 1989), no construyen actitudes positivas hacia las ciencias (Gil, 1985) y presentan serias deficiencias en el desarrollo de sus capacidades de análisis y síntesis (Segura, 1989).

Como un aporte a la solución de estas dificultades, hemos experimentado una estrategia didáctica basada en el modelo de aprendizaje por investigación (Salcedo y García 1995), tendente a lograr la construcción significativa de los conocimientos pertenecientes a la teoría ácido-base, incrementar las capacidades de análisis y síntesis y favorecer la construcción de actitudes positivas hacia las ciencias por parte de los alumnos. La estrategia didáctica contempla cuatro fases: planeación, evaluación, transición y ejecución.

## HIPÓTESIS Y VARIABLES ESTUDIADAS

La hipótesis de partida de este trabajo supone que la implementación de una estrategia didáctica basada en el modelo de aprendizaje por investigación que utiliza el suelo como generador de situaciones problemáticas posibilita en los estudiantes la construcción significativa de los conocimientos pertenecientes a la teoría ácido-base de Lewis, el desarrollo de las capacidades de análisis y síntesis y contribuye al mejoramiento de las actitudes hacia las ciencias por parte de los alumnos. Las variables estudiadas son:

1. Construcción significativa de los conocimientos pertenecientes a la teoría ácido-base de Lewis.

1.1. Estructuración conceptual de la teoría ácido-base de Lewis.

1.2. Establecimiento de relaciones válidas significativas y complejas entre los conceptos que conforman la teoría ácido-base.

- 1.3. Discriminabilidad entre las unidades conceptuales pertenecientes a la teoría ácido-base.
2. Desarrollo de las capacidades cognitivas de análisis y síntesis.
3. Desarrollo de actitudes positivas hacia las ciencias.

**METODOLOGÍA**

El grupo experimental está constituido por 28 estudiantes del grado undécimo de educación media vocacional, que pertenecen al programa de química industrial del Instituto Nacional de Educación Media Diversificada INEM, localizado en el sector de Kennedy en la ciudad de Santafé de Bogotá.

La estrategia didáctica se concreta en una secuencia estructurada de situaciones problemáticas enmarcadas dentro del estudio de suelos que de una u otra manera están relacionadas con la teoría ácido-base y que constituyen el hilo conductor del trabajo de los alumnos bajo la orientación del profesor. En ella se incluyen, en primer lugar, reflexiones que conducen a evidenciar y aclarar los conocimientos teóricos que poseen los alumnos acerca de la naturaleza eléctrica de la materia y algunos fenómenos cotidianos relacionados con la producción de electricidad, con el fin de que éstos sirvan de organizadores previos a la introducción del concepto de potencial de hidrógeno. En segundo lugar, se establece

una diferenciación entre los procesos de conducción eléctrica y conducción electroquímica y los conceptos ácido-base.

Una vez reconstruidas, confrontadas y aclaradas las concepciones de los alumnos con respecto a las temáticas ya señaladas, se procede a la articulación del concepto de pH y los fenómenos ácido-base al estudio del suelo como fenómeno natural. Esta parte del proceso se desarrolla a través de preguntas a manera de problemas teórico-descriptivos en donde los alumnos evidencian, confrontan y aclaran sus concepciones acerca de la naturaleza y composición del suelo. Luego de este ciclo de problemas, se inicia un ciclo de carácter práctico en el cual los alumnos diseñan procesos experimentales para resolver problemas ligados a las relaciones que se encuentran entre la composición del suelo y las características de pH que presenta. La estructura de problemas trabajada es la que vemos en el cuadro.

Para la ejecución de las actividades programadas se forman pequeños grupos de trabajo, los cuales, con la orientación del profesor y apoyados en la lectura y discusión de documentos adecuados, buscan las soluciones más apropiadas a los problemas planteados. Las actividades programadas y las que surgen en el desarrollo de cada uno de los procesos investigativos se consignan en un programa guía de actividades. Una vez terminada la fase de ejecución de la estrategia didáctica, se procede a evaluar la eficacia de la misma en términos de los cambios que se producen en cada una de las variables estudiadas.

TIPO DE PROBLEMA	
PROBLEMAS TEÓRICOS	PROBLEMAS PRÁCTICOS
1. ¿Qué es la electricidad?	10. ¿Qué condiciona el tipo de especies químicas existentes en el suelo?
2. ¿Cómo suceden los rayos ?	11. ¿Cómo se relacionan las especies químicas existentes en el suelo y el pH que éste presenta?
3. ¿Cómo funciona una bombilla?	12. ¿Qué especies químicas se relacionan con la acidez del suelo?
4. ¿Pueden los compuestos químicos producir electricidad?	13. ¿Qué especies químicas se relacionan con la basicidad del suelo?
5. ¿Cómo funciona una pila?	14. ¿Puede cambiar el pH del suelo con la presencia o ausencia de ciertas especies químicas en él?
6. ¿Tiene el hidrógeno un potencial eléctrico?	15. ¿Cuál es el mecanismo que le permite a ciertas especies químicas controlar la acidez o basicidad en el suelo?
7. ¿Qué es un ácido?	16. ¿Qué propiedades de las especies químicas les permiten aceptar o donar iones hidronio (H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> ) ?
8. ¿Qué es el suelo?	17. ¿Qué propiedades de las especies químicas relacionadas con la acidez o la basicidad del suelo podrían hacer a estas especies químicas más ácidas o básicas?
9. ¿Cuáles son las especies químicas que se encuentran en el suelo?	18. ¿Existen otras especies químicas diferentes a las encontradas en el suelo que se puedan clasificar como ácidos o bases?

Para el estudio de la estructuración conceptual que presentan los alumnos con respecto a la teoría ácido base de Lewis, se aplica, a los estudiantes al inicio y al final de la ejecución de la estrategia, una prueba acerca del manejo conceptual de la teoría ácido-base de Lewis (Anexo 1) cuyos resultados se trabajan con la técnica de redes Galois.

Las redes Galois son estructuras algebraicas puras, por medio de las cuales se puede obtener una representación de las estructuras de conocimiento (Andor, Joo y Mero, 1985). Un nodo en una red está conformado por un grupo cerrado de conceptos llamado noción, el cual presenta una conexión con el grupo cerrado de individuos que maneja dichos conceptos; así, el análisis de las redes permite visualizar:

- la estructuración conceptual que presenta el grupo de alumnos acerca de la teoría, identificando los grupos cerrados de conceptos construidos por ellos;
- las relaciones de unión e inclusión establecidas entre estos grupos;
- los conceptos irreconciliables que no se encuentran jamás juntos dentro de un grupo cerrado de conceptos;
- los conceptos más fecundos para generar el mayor número de caminos hacia la construcción total de la teoría;
- los caminos más cortos presentes en la estructura para construir por completo la teoría desde un vacío conceptual inicial.

La prueba aplicada incluye opciones de respuesta desde los puntos de vista de Arrhenius, Bronsted Lowry y Lewis, con el fin de determinar cuál teoría es la más frecuentemente utilizada por los alumnos para explicar los fenómenos ácido-base y el cambio generado una vez finalizada la fase de ejecución de la estrategia. Comprende once ítems que indagan respectivamente acerca de la manera cómo explican los alumnos los fenómenos ácido-base usando los siguientes conceptos:

- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| 1. Electronegatividad                  | 2. Neutralización                    |
| 3. Atracción electrostática            | 4. Hidrólisis ácida                  |
| 5. Hidrólisis básica                   | 6. Número de oxidación (en un anión) |
| 7. Radio iónico (en un anión)          | 8. Dispersión de carga               |
| 9. Cationes como ácidos                | 10. Radio iónico (en un catión)      |
| 11. Número de oxidación (en un catión) |                                      |

Cada uno de los conceptos se representa en la red Galois, por su correspondiente número.

Para estudiar la discriminabilidad conceptual se diseña un test que enfrenta pares de unidades conceptuales pertenecientes a la teoría ácido-base de Lewis, con el fin de que los alumnos establezcan el nivel de discriminabilidad entre ellos (Anexo 2). Los resultados generados se analizan con ayuda de la técnica de medición del cambio (Linn, 1990).

Para establecer las relaciones válidas, significativas y complejas entre los conceptos pertenecientes a la teoría ácido-base de Lewis, se analizan y comparan los mapas conceptuales construidos por los estudiantes antes y después de la ejecución de la estrategia. Este análisis permite a su vez estudiar las capacidades cognitivas de análisis y síntesis de los estudiantes, estableciendo el número de relaciones cruzadas. La razón por la cual se utilizan los mapas conceptuales para indagar acerca del desarrollo de las capacidades de análisis y síntesis obedece a que la presencia de relaciones cruzadas en un mapa conceptual requiere y, a la vez, implica la generación de procesos mentales de análisis y síntesis, que proveen de un carácter global a la estructura de conocimiento representada en el mapa y además designan nuevos atributos de identificación para las unidades conceptuales relacionadas de esta forma (Salcedo y García, 1995).

Para estudiar el desarrollo de actitudes positivas hacia las ciencias, se aplica a los estudiantes, antes y después de la ejecución de la estrategia didáctica, el test CAME (Cognición-Acción- Metodología) sobre actitudes hacia las ciencias.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

### Sobre la construcción significativa de los conocimientos

#### *Estructuración conceptual de la teoría ácido-base de Lewis*

La red Galois preestrategia (Fig. 1) muestra que la unión entre los dos grupos cerrados de conceptos 2, 3, 6 y 3, 4, 6 es igual al grupo de todos los conceptos V; lo que permite inferir que el manejo conceptual que poseen los alumnos acerca de la teoría ácido-base de Lewis se reduce a los conceptos de neutralización (2), atracción electrostática (3), hidrólisis ácida (4) y número de oxidación (reconocido en un anión) (6). En la red Galois postestrategia (Fig. 2), se observa que la unión entre los grupos cerrados de conceptos 1, 10 y 3, 11 es igual al grupo de todos los conceptos V. El análisis de esta situación nos permite inferir que, para los alumnos a los cuales se ha aplicado la estrategia, el manejo de los conceptos de electronegatividad (1), atracción electrostática (3), radio iónico (7) y número de oxidación (6) (reconocidas en aniones estas últimas dos propiedades), para la explicación de los fenómenos ácido-base, se constituye en un manejo más completo de la teoría ácido-base de Lewis.

Es interesante anotar que los conceptos de número de oxidación 6 y 11 y atracción electrostática 3 se encuentran antes y después de la aplicación de la estrategia didáctica como conceptos claves, sobre los cuales se puede reconstruir toda la teoría ácido-base de Lewis. En ambas redes Galois se puede observar que los conceptos de electronegatividad 1 y número de oxidación 6 y 11, (propiedad reconocida tanto en aniones como cationes)

Figura 1  
Red Galois preestrategia. Estructuración conceptual de la teoría ácido base de Lewis.

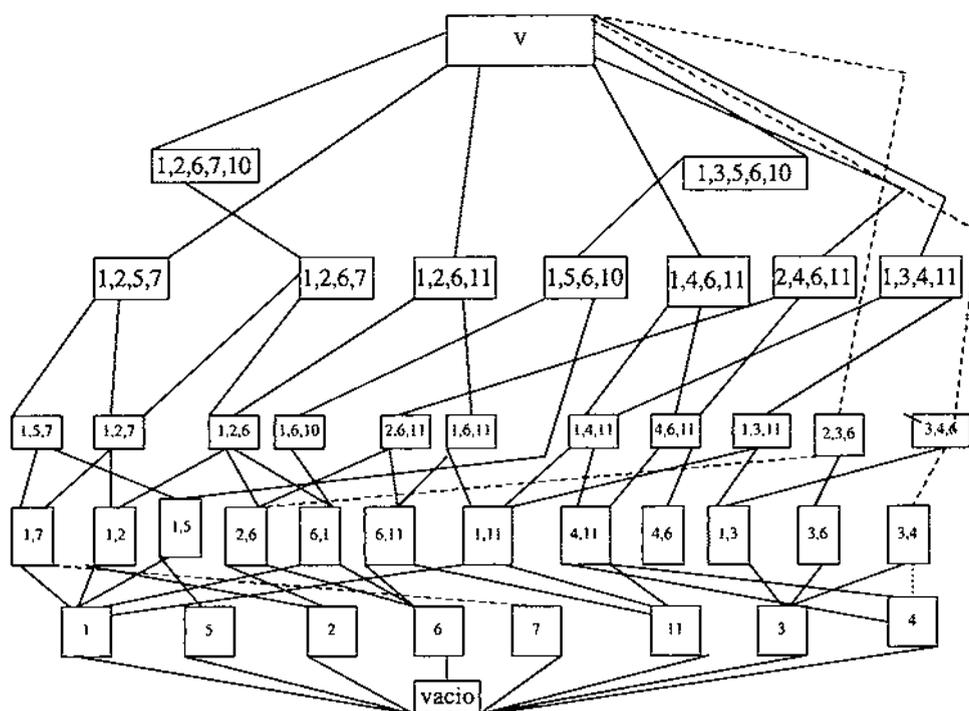


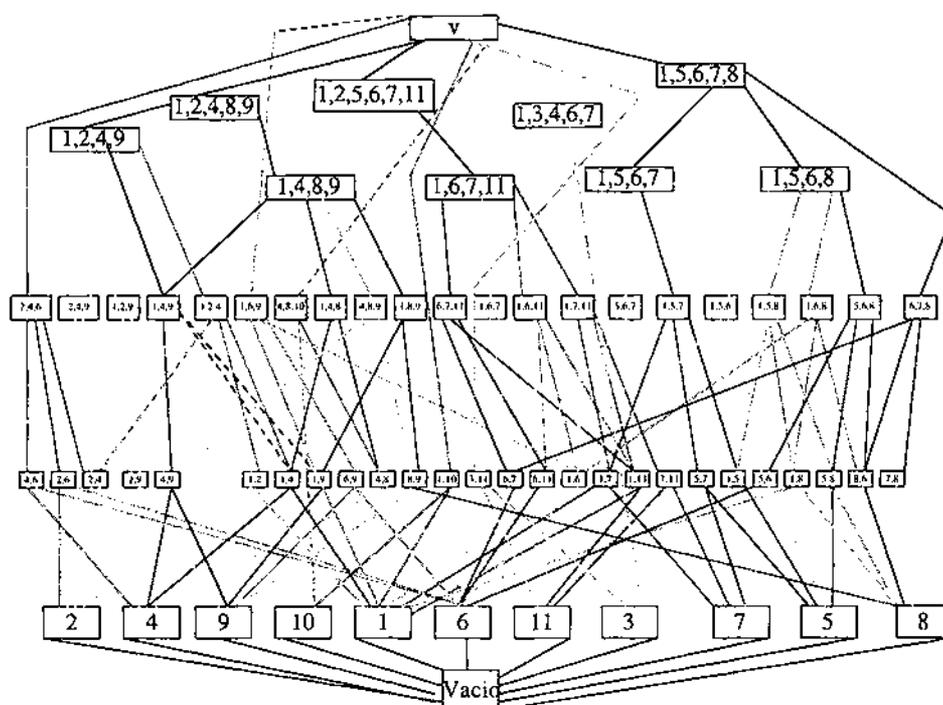
Tabla I  
Redes Galois preestrategia y postestrategia: características relevantes de los grupos cerrados y sus relaciones.

Caracteres relevantes	Máximo número de conceptos por grupo	Conceptos no utilizados	Grupo cerrado de mayor frecuencia	Conceptos con los caminos más cortos a V	Grupos que unidos generan V	Conceptos no reconciliables	Número de nociones	Puntaje total
Red pre-estrategia	5	8-9	{1,6}	3-4	[2, 3, 6] u [3, 11]	4-5	38	101
Red post-estrategia	6		{1,6}	3-10-2-4	[1, 10] u [3, 11]	4-5	67	167

son incluidos por la mayoría de los individuos como parte de los grupos cerrados de conceptos que conforman la estructuración conceptual de la teoría ácido-base de Lewis. En contraste con lo anterior, se observa que los conceptos de hidrólisis ácida (4) e hidrólisis básica (5) no se encuentran reunidos en ningún grupo cerrado de conceptos presente en la redes ni antes ni después de la

aplicación de la estrategia, por ello se les considera irreconciliables en esta estructuración conceptual de la teoría ácido-base de Lewis; de otra parte no es muy común encontrar los conceptos de atracción electrostática (3) y radio iónico (propiedad reconocida en un anión) (7), como parte de los grupos cerrados de conceptos tanto en la red preestrategia como en la red postestrategia.

Figura 2  
Red Galois postestrategia. Estructuración conceptual de la teoría ácido-base de Lewis.



Otro aspecto a notar es que los conceptos de dispersión de carga (8) y de cationes como ácidos (9) no se encuentran en grupos cerrados de conceptos en la preestrategia, pero están presentes en la red postestrategia. En la primera red, los conceptos que ofrecen caminos más cortos para la estructuración conceptual de la teoría ácido-base de Lewis son atracción electrostática (3) e hidrólisis ácida (4); mientras que en la segunda, además de este par de conceptos, también se encuentran los conceptos de neutralización (2) y número de oxidación (reconocida esta propiedad en un catión) (11) como aquellos conceptos que ofrecen los caminos más cortos para la estructuración conceptual de la teoría ácido-base de Lewis. La información aquí consignada se encuentra compilada en la tabla I.

La comparación de las redes preestrategia y postestrategia permite establecer la comprensión a un nivel mayor de complejidad en la estructuración conceptual de la teoría ácido-base de Lewis luego de la aplicación de la estrategia.

*Sobre la teoría utilizada por los alumnos para explicar los fenómenos ácido-base*

Los resultados de la preprueba para determinar el manejo conceptual de los conocimientos referidos a la teoría

ácido-base de Lewis muestran que inicialmente la mayoría de los estudiantes utiliza la teoría de Bronsted-Lowry (81%) para explicar los fenómenos ácido-base, y un porcentaje menor hace uso de la teoría de Svante Arrhenius (19%); ello muestra que, antes de la estrategia, ninguno de los estudiantes explica los fenómenos ácido-base desde la teoría de Lewis.

Los resultados de la postprueba muestran: un descenso significativo en el porcentaje de estudiantes que utiliza la teoría de Svante Arrhenius para explicar los fenómenos ácido-base (4%); una continuidad en el alto porcentaje de estudiantes que utilizan la teoría de Bronsted-Lowry aunque ahora es ligeramente menor (76%); y finalmente, el registro de un porcentaje significativo de estudiantes que utiliza la teoría de Lewis para explicar los fenómenos ácido-base (22%) (Fig. 3).

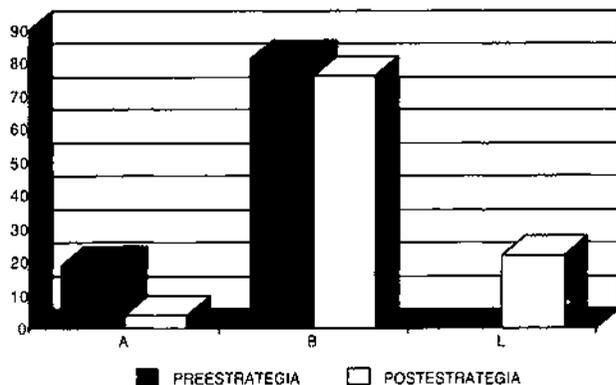
*Sobre la discriminabilidad conceptual entre los conceptos pertinentes a la teoría ácido-base de Lewis*

Los resultados antes de la estrategia muestran que la mayoría de los estudiantes se encuentra en un nivel medio de discriminabilidad conceptual (92%), y un pequeño porcentaje de estudiantes se encuentra en un nivel bajo de discriminabilidad conceptual (8%). Una vez aplicada la estrategia, los resultados muestran que:

Figura 3

Distribución porcentual del grupo experimental de acuerdo con la teoría ácido-base usada.

A: Arrhenius; B: Bronsted-Lowry; L: Lewis.



a) aún la mayoría de los estudiantes se encuentra en un nivel medio de discriminabilidad conceptual (79%); b) disminuye el número de estudiantes que presenta niveles bajos de discriminabilidad conceptual (4%) y, c) lo que es más importante, un buen número de alumnos presenta niveles altos de discriminación conceptual (17%) (Fig. 4).

Se encuentra una correlación entre los niveles de discriminabilidad conceptual y el manejo de las tres teorías ácido-base:

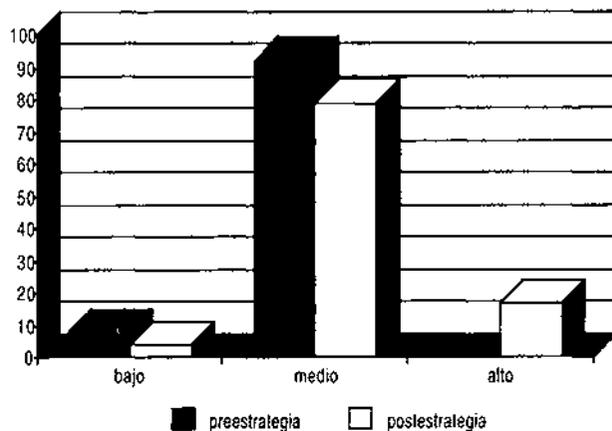
– El uso de la teoría de Svante Arrhenius para explicar los fenómenos ácido-base se correlaciona con un bajo nivel de discriminabilidad conceptual.

– El uso de la teoría de Bronsted-Lowry para explicar los fenómenos ácido-base se correlaciona con un nivel medio de discriminación conceptual.

– El uso de la teoría de Lewis para explicar los fenómenos ácido-base se correlaciona con un nivel alto de discriminación conceptual.

Figura 4

Distribución porcentual del grupo experimental de acuerdo con el nivel de discriminabilidad.



El análisis de los resultados sobre discriminabilidad conceptual a través de la técnica de medición del cambio (Linn, 1990) muestra que el cambio operado es del 34% (Tabla II), presentando cambios positivos en todos los pares conceptuales excepto en el de electronegatividad-polaridad.

Tabla II

Discriminabilidad conceptual por pares de unidades conceptuales pertinentes a la teoría ácido-base de Lewis.

Par conceptual	Neutralización Coordinación	Acidez pH	Basicidad pOH	Electronegatividad Polaridad	No Redox- Carga nuclear	Hidrólisis Hidratación
Preestrategia	39,6% D 60,4% R	34,6% R 65,4% I	3,8% D 30,8% R 66,4% I	23% D 54% R 23% I	65,3% D 27% R 7,7% I	100% I
Postestrategia	14,2% D 39,2% R 42,8% I	32,1% D 67,9% R	37,5% D 62,5% R	32,1% D 53,5% R 17,1% I	67,8% D 32,2% R	64,2% D 17,8% R 17,8% I

D: Diferentes

R: Relacionados

I: Idénticos

Tabla III  
Resumen de características. Mapas conceptuales sobre la teoría-ácido base. Preestrategia.

Grupo de pares conceptuales	Jerarquía	Conceptos	Relaciones	Relaciones cruzadas
1	8	14	18	0
2	9	31	35	1
3	11	22	26	1
4	8	13	14	0
5	10	24	20	0
6	11	24	22	0

Tabla IV  
Resumen de características. Mapas conceptuales sobre la teoría ácido-base. Postestrategia.

Grupo de pares conceptuales	Jerarquía	Conceptos	Relaciones	Relaciones cruzadas
1	7	23	30	0
2	9	40	45	3
3	11	40	49	2
4	4	29	25	2
5	10	30	33	2
6	10	30	35	3

*Sobre la construcción de relaciones válidas, significativas y complejas entre los conceptos pertinentes a la teoría ácido-base de Lewis*

En cuanto a los parámetros establecidos por Novack (1984) al comparar los puntajes promedio de los mapas conceptuales construidos por los alumnos antes y después de la aplicación de la estrategia, se encuentra un puntaje promedio de 71,6 y 98,6 puntos respectivamente; lo que evidencia un mayor nivel de complejidad de los mismos después de la estrategia (Tablas III y IV).

**Sobre el desarrollo de las capacidades cognoscitivas de análisis y síntesis**

El análisis de los mapas conceptuales construidos por los estudiantes antes y después de la aplicación de la estrategia establece que el promedio de relaciones cruzadas por cada mapa conceptual construido por los grupos de alumnos antes de la aplicación de la estrategia didáctica es de 0,33, y varía a 2,0 después de ella (Tablas III y IV),

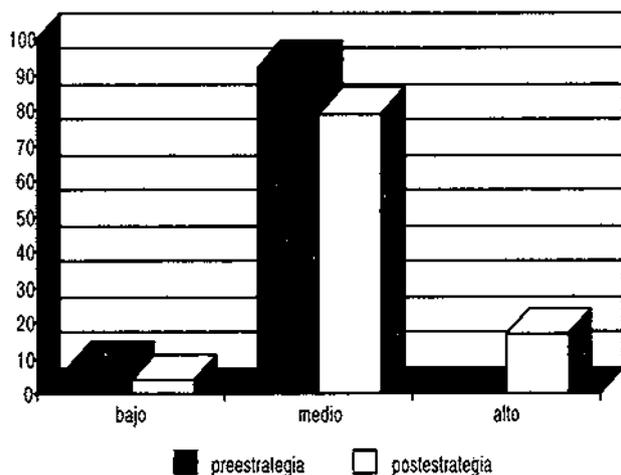
lo que indica una relación de 1 a 6 entre el número de relaciones cruzadas construidas por los alumnos antes y después de la aplicación de la estrategia didáctica y, por tanto, un significativo avance en el desarrollo de las capacidades de análisis y síntesis en los estudiantes, de acuerdo con el presupuesto teórico de que los tipos de relaciones establecidas por los individuos entre los conceptos son generadoras y están acompañadas de determinados procesos cognitivos, en este caso las capacidades de análisis y síntesis.

**Sobre el desarrollo de actitudes hacia las ciencias**

El análisis de los resultados arrojados por la aplicación del test CAME sobre actitudes hacia las ciencias antes y después de la aplicación de la estrategia permite inferir que se produce un cambio positivo del 5% en las actitudes hacia las ciencias en los estudiantes; este pequeño aumento puede estar relacionado con la naturaleza misma de la variable (actitudes), que requiere un mayor tiempo de intervención pedagógica para generar cambios más apreciables en la misma (Fig. 5).

Figura 5

Distribución porcentual del grupo experimental de acuerdo con el nivel de actitudes hacia las ciencias.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Esta experiencia investigativa nos permite hacer algunas afirmaciones de carácter didáctico que, a nuestro juicio, pueden ser de relevancia:

– Es posible enseñar y aprender química haciendo uso de sistemas naturales como campos de problematización, desde los cuales se seleccionan situaciones que sirven de matriz a una estructura programática curricular basada en un grupo de problemas con carácter secuencial y cuya resolución se realiza a través del proceso de investigación en el aula; el desarrollo y concretización de esta matriz generará la construcción de programas-guía de actividades innovadoras.

– La utilización de los procesos investigativos en el aula como estrategia didáctica, que también permiten al individuo pensar sobre los fenómenos posibilitándole así la discusión y contextualización crítica de los conceptos, favorece su construcción significativa de los conoci-

mientos, entendiendo esta última como la combinación de tres factores, a saber: el establecimiento de relaciones válidas, significativas y complejas entre los conceptos, el mejoramiento de los niveles de discriminabilidad entre los mismos y la complejización de la estructuración conceptual de las teorías a las cuales dichos conceptos pertenecen.

– La implementación de los procesos de investigación en el aula mediante los cuales se evidencia el carácter innovador de las ideas, la flexibilidad en su desarrollo, al igual que sus posibilidades de argumentación y contrastación, genera una visión racionalista moderada y propia del realismo no representativo acerca del conocimiento científico, lo que favorece un cambio positivo en los componentes de acción y metodológico en las actitudes hacia las ciencias.

– La aplicación de una estrategia didáctica basada en la resolución de problemas, que ponga en acción el pensamiento explicativo y predictivo de los estudiantes y que les proporcione la oportunidad de establecer relaciones nuevas entre los conceptos y los fenómenos, influye significativamente en el desarrollo de sus capacidades cognitivas de análisis y síntesis.

El carácter siempre inacabado de nuestras tareas investigativas nos obliga a proponer a manera de recomendación el llevar a cabo dos nuevos trabajos de investigación que surgen a partir de éste, cuyos temas centrales podrían ser los siguientes:

– Indagación acerca de la estructuración conceptual que poseen los estudiantes de ciencias y los maestros en ejercicio sobre las grandes teorías en ciencias, con la ayuda de la técnica de las redes Galois. Este trabajo resultaría muy útil con el fin de establecer las rutas críticas (caminos más cortos) seguidas por los individuos para estructurar las teorías científicas y poder utilizarlas en la programación de los contenidos académicos a fin de aproximar la estructura conceptual de los individuos a la estructuración lógica que poseen las teorías científicas.

– Establecimiento de las posibles relaciones que pueden existir entre la técnica del mapa conceptual y la técnica de redes Galois, pues ambos son instrumentos que se utilizan para visualizar estructuras de conocimiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDOR, C.S., JOO, A. y MERO, L. (1985). Galois lattices: a possible representation of Knowledge Structures. *Evaluation in Education*, 9(2), pp. 658-663.

AUSUBEL, D. (1978). *Psicología cognitiva, un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.

DEL CARMEN, L. (1988). *Investigación del medio y aprendizaje*. Barcelona: Grao.

CHALMERS, A. (1989). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid: Siglo XXI.

CAÑAL, P. y ROLAND, R. (1987). Investigando la realidad próxima, un modelo didáctico alternativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 5(2), pp. 89-97.

CLARK, T.J. (1984). Another procedure for writing Lewis structures. *Journal of Chemical Education*, 61(2), p. 100.

- DRAGO, R.S. (1972). *Ácidos y bases*. Barcelona: Reverté.
- DRIVER, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), pp. 109-121.
- FURIÓ, C. y GIL, D. (1978). *El programa-guía, una propuesta para la renovación de la didáctica de la física y química en el bachillerato*. Valencia: ICE. Universitat de València.
- LINN, R.L. (1990). Change assesment. *Educational Research Methodology and Measurament as an International Handbook*. Melbourne: Pergamon Press.
- MACOMBER, R.L. (1984). Analogy for the leveling effect. *Journal of Chemical Education*, 61(2), pp. 128.
- MORIN, E. (1988). *El conocimiento del conocimiento*. Serie el método, 3. Madrid: Cátedra Teorema.
- NOVACK, J.D. y GOWIN, D.B. (1984). *Learn to Learn*. EEUU: Cambridge University Press.
- PIAGET, J. (1970). *Epistemología y pedagogía*. Barcelona: Ariel.
- POPLIN, E.L. (1984). The effect of the neutral ions on acid-base balance. *Journal of Chemical Education*, 61(2), pp. 117-118.
- SALCEDO, L. y GARCÍA, J. (1995). Un modelo pedagógico de aprendizaje por investigación. Estrategia didáctica para desarrollar conceptos, actitudes y capacidades de análisis y síntesis en los estudiantes. *Actualidad Educativa*, Año 2 (6), pp. 57-64.
- SALTZMAN, M.D. (1984). The bond of conformity W.A. Noyes and the initial failure of the Lewis Theory in América. *Journal of the Chemical Education*, 61(2), pp. 119-123.
- SEABORG, G.T. (1984). The research style of Gilbert Newton Lewis, acids and bases. *Journal of Chemical Education*, 61(2), pp. 93-100.
- STRIKE, K.A. y POSSNER, G.T. (1982). *A Conceptual Change view of Learning and Understanding*. Cognitive structure and conceptual change. EEUU: Academic Press.
- TOULMIN, S. (1972). *La comprensión humana. El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza.
- VANDERWERF, C.A. (1961). *Acids and Bases and the Chemistry of Covalent Bond*. Nueva York: Van Nortand.
- ZANLER, M. y TALATY, E.R. (1984). The 6-N +2 ruler for writing Lewis octect structures. *Journal of Chemical Education*, 61(2), pp. 124-127.

[Artículo recibido en octubre de 1994 y aceptado en octubre de 1996.]

ANEXO 1

**PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ESTRUCTURA CONCEPTUAL DE LAS TEORÍAS ÁCIDO-BASE DE LEWIS**

1. Al comparar el fluoruro de hidrógeno diluido (HF) con el hidruro de berilio ( $\text{BeH}_2$ ), se puede afirmar que:

- a) El HF es más ácido porque produce mayor capacidad para donar su protón a una base.
- b) El  $\text{BeH}_2$  es más ácido porque produce una mayor concentración de iones de hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) al ser diluido en el agua.
- c) El HF es el más ácido de los dos porque el flúor es más electronegativo que el berilio.
- d) Ninguna de las anteriores.
- e) No sé.

Justificación \_\_\_\_\_

Grado de seguridad de 1 a 10 \_\_\_\_\_

2. Cuando reaccionan soluciones acuosas con cantidades equimolares de hidróxido de sodio (NaOH) y ácido clorhídrico (HCl), la solución resultante presenta un pH neutro. La neutralidad en el pH se explica porque:

- a) Los protones del ácido disociado son capaces de aceptar la densidad electrónica proveniente de los grupos hidroxilo originados desde la base disociada.
- b) En la solución resultante existe igual cantidad de iones hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) e iones hidroxilo ( $\text{OH}^-$ ).
- c) El hidróxido de sodio tiene la misma capacidad de aceptar protones que la que tiene el ácido clorhídrico para donarlos.
- d) Ninguna de las anteriores.
- e) No sé.

Justificación \_\_\_\_\_

Grado de seguridad de 1 a 10 \_\_\_\_\_

3. La reacción entre el ácido clorhídrico (HCl) y el acetato de sodio ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ) produce ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) y cloruro de sodio (NaCl). Este fenómeno tiene la siguiente explicación:

- a) El ion acetato ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ) es capaz de aceptar un protón proveniente del ácido clorhídrico.
- b) El ion acetato comparte su densidad de carga electrónica con el protón proveniente del ácido clorhídrico.
- c) El ácido clorhídrico aumenta la concentración del ion hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) en la solución acuosa provocando la producción de ácido acético.
- d) Ninguna de las anteriores.
- e) No sé.

Justificación \_\_\_\_\_

Grado de seguridad de 1 a 10 \_\_\_\_\_

4. Soluciones acuosas de sales como el acetato de sodio ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ) o carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) presenta una reacción básica cuando son examinadas con el papel tornasol, ello se debe a:

- a) La capacidad que tiene el anión de estas sales de recibir protones provenientes de la fracción acuosa liberando iones hidroxilo ( $\text{OH}^-$ ).
- b) La capacidad natural de todas las sales de aumentar la cantidad de iones hidroxilo en una solución acuosa.
- c) La existencia en la fracción acuosa de protones con carga eléctrica positiva que se atraen electrostáticamente con el anión de la sal dejando libre a los iones hidroxilo.
- d) Ninguna de las anteriores.
- e) No sé.

Justificación \_\_\_\_\_

Grado de seguridad de 1 a 10 \_\_\_\_\_

## INVESTIGACIÓN Y EXPERIENCIAS DIDÁCTICAS

---

5. Soluciones acuosas en las cuales se presentan complejos como los cationes hidratados de aluminio  $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$  y cinc  $\text{Zn}(\text{H}_2\text{O})_4^{2+}$ ; producen reacciones ácidas cuando no son examinadas con el papel tornasol debido a que:

- a) Estos complejos son capaces de donar protones a la fracción acuosa no asociada de la solución y ésta última de aceptarlos.
- b) Existe una repulsión electrostática entre el metal y el hidrógeno que pertenece a las moléculas de agua asociadas, por ello sale del complejo para formar iones hidronio ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ).
- c) Estas sales hidratadas son capaces de aumentar la concentración de los iones hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) en la solución acuosa.
- d) Ninguna de las anteriores.
- e) No sé.

Justificación \_\_\_\_\_

Grado de seguridad de 1 a 10 \_\_\_\_\_

6. Cuando se comparan los compuestos  $\text{Ni}(\text{OH})_3^{2-}$  y  $\text{Ni}(\text{OH})_4^-$  se puede afirmar que presentan:

- a) Igual basicidad por tener la misma capacidad de aumentar la concentración de los iones hidroxilo ( $\text{OH}^-$ ) en una solución acuosa.
- b) Igual basicidad por tener capacidad equivalente para aceptar protones ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) desde un ácido.
- c) El  $\text{Ni}(\text{OH})_3^{2-}$  es más básico porque su menor número de oxidación le posibilita donar mayor densidad electrónica a una base.
- d) Ninguna de las anteriores.
- e) No sé.

Justificación \_\_\_\_\_

Grado de seguridad de 1 a 10 \_\_\_\_\_

7. Cuando se compara el ion amino  $\text{NH}_2^-$ , es posible afirmar que:

- a) El ion amino es más ácido por tener mayor capacidad de aumentar la concentración de iones de hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) en una solución acuosa.
- b) El ion amino es más básico, pues su mayor tamaño le permite donar más fácilmente su carga.
- c) El ion fluoruro es menos básico, pues no puede donar protones ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) en una solución acuosa.
- d) Ninguna de las anteriores.
- e) No sé.

Justificación \_\_\_\_\_

Grado de seguridad de 1 a 10 \_\_\_\_\_

8. La acidez del ácido yodhídrico HI comparada con la del ácido fluorhídrico HF es:

- a) Igual, porque ambos tienen la misma capacidad de donar iones hidronio ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) a una base.
- b) Mayor, debido al tamaño y estabilidad del ion yoduro ( $\text{I}^-$ ) respecto al ion fluoruro ( $\text{F}^-$ ).
- c) Igual, pues ambos aumentan en igual cantidad la concentración de ion hidrógeno en una solución acuosa.
- d) Ninguna de las anteriores.
- e) No sé.

Justificación \_\_\_\_\_

Grado de seguridad de 1 a 10 \_\_\_\_\_

9. En el siguiente listado de especies químicas, encierre en un círculo aquellas que pueden ser calificadas dentro del grupo de los ácidos:

$\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ .

Justificación \_\_\_\_\_

Grado de seguridad de 1 a 10 \_\_\_\_\_

10. Cuando se comparan las características ácido-básicas del ion amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) con el ion sodio ( $\text{Na}^+$ ), puede afirmarse que:

- a) El ion amonio es más ácido por estar en capacidad de donar iones hidronio ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) a una base.
- b) El ion amonio es más ácido por estar en capacidad de aumentar la cantidad de iones hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) en la solución acuosa.
- c) El ion amonio es menos ácido que el ion sodio debido a que este último cuenta con un menor radio iónico.
- d) Ninguna de las anteriores.
- e) No sé.

Justificación \_\_\_\_\_

Grado de seguridad de 1 a 10 \_\_\_\_\_

11. La acidez del ion potasio ( $\text{K}^+$ ) comparada con la del ion calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) puede catalogarse como:

- a) Igual, porque ninguno de ellos puede donar iones hidronio ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) a una base.
- b) El ion calcio es más ácido debido a su mayor número de oxidación.
- c) Igual, porque ninguno de los dos produce iones hidrógeno en una solución acuosa.
- d) Ninguna de las anteriores.
- e) No sé.

Justificación \_\_\_\_\_

Grado de seguridad de 1 a 10 \_\_\_\_\_



