

# APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE ALGUNOS CONCEPTOS QUÍMICOS, A TRAVÉS DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Luis Javier Narváez Zamora\*

## Resumen

La resolución de problemas es una alternativa eficaz para alcanzar el aprendizaje significativo de conceptos inherentes a las soluciones químicas. A tal conclusión llegó el estudio realizado en estudiantes de Licenciatura en Ciencias Naturales, de la Universidad Surcolombiana de Neiva (Huila), quienes matricularon el curso de Química General en el primer periodo académico del año 2007. El diseño cuantitativo utilizado permitió caracterizar los puntos de partida y de llegada conceptual del grupo objeto de estudio (36 estudiantes, divididos en 10 subgrupos de trabajo con un problema específico cada uno, los cuales se resolvieron en forma colaborativa). Se alcanzó un aprendizaje significativo del 77,67% a partir de las concepciones alternativas del 64,20%, derivadas de experiencias académicas anteriores. El incremento del 13,47% como ganancia conceptual y la ubicación del Z calculado en la zona de alta significancia de la curva normal, permitieron demostrar la eficacia del método de resolución de problemas para aprender significativamente la temática abordada.

**Palabras clave:** *Aprendizaje significativo, resolución de problemas, soluciones químicas, enseñanza de la química.*

## Meaningful learning of concepts inherent in the chemical solutions, through problem-solving

## Abstract

Problem-solving is an effective alternative to achieve meaningful learning of concepts inherent in the chemical solutions. This study is about students of Bachelor in Sciences, at the University of Surcolombiana Neiva (Huila), who were enrolled in the course of General Chemistry in the first period of the 2007 academic year. The quantitative design used allowed the characterization of the possible points of departure and arrival of the conceptual object of study group (36 students, divided into 10 subgroups with a specific issue each, all resolved collaboratively), to achieve a significant learning 77.67% from alternative conceptions of 64.20% from previous academic experiences. The increase of 13.47% of conceptual profit and the location of Z calculated in the area of high significance of the normal curve, demonstrated that the effectiveness of problem solving to learn the issues raised significantly.

**Key words:** meaningful learning, problems resolution, chemical solutions.

Artículo recibido: 09/02/09 Aprobado: 15/04/09

\* Maestría en Educación con acentuación en procesos de enseñanza aprendizaje. Instituto Tecnológico de Monterrey, México. Profesor de la Licenciatura en Ciencias Naturales. Universidad Surcolombiana, Neiva, Huila. E-mail: lujanarza@gmail.com.

## 1. Introducción

La preocupación del autor como profesional de la educación de este, el siglo del conocimiento, se concentra en los procesos de aprendizaje de las ciencias naturales, una de las áreas de mayor dificultad conceptual en todos los niveles de educación, debido fundamentalmente a la incidencia de las estrategias didácticas usadas para su enseñanza, derivadas casi en su totalidad del conductismo. Este modelo educativo centrado en la transmisión del conocimiento, de amplio uso y aplicación mundial, requiere ser replanteado por otro modelo en el cual quien aprende, sea el responsable de su aprendizaje; la postura de Novak frente a esta circunstancia es preocupante, además de interesante: “nadie enseña a nadie, ni nadie aprende por mí, quien quiere aprender lo hace por voluntad propia”; obviamente necesita un guía, un facilitador conceptual, un maestro interesado en que los estudiantes aprendan, un mediador entre el estudiante y el conocimiento.

La estrategia educativa busca evitar que la enseñanza se traduzca en la incorporación arbitraria del conocimiento en la estructura cognitiva del estudiante; para ello se requieren tres condiciones no muy difíciles de alcanzar: en primer lugar, la decisión autónoma del estudiante para aprender, su disposición emocional y actitudinal; en segundo lugar, el material de aprendizaje debe tener una estructura interna lógica y organizada, susceptible de dar lugar a la construcción de significados; finalmente, el estudiante debe ser capaz de vincular sustancialmente el nuevo material de aprendizaje con sus preconceptos.

Por otra parte, la anterior estrategia le permite al maestro organizar su labor cotidiana, adelantando algunas acciones sencillas, como por ejemplo: caracterizar la estructura cognitiva inicial de sus estudiantes para poder desarrollar una didáctica pertinente a sus necesidades conceptuales. Ausubel, al resumir su obra magna, plantea esta idea en las siguientes palabras: “averigüese lo que el estudiante ya sabe y enséñese consecuentemente”. Para ello se hacen necesarios los organizadores previos que favorezcan la creación de relaciones adecuadas entre los saberes previos y los nuevos. Los organizadores tienen la finalidad de facilitar la enseñanza receptivo significativa, con lo cual, sería posible considerar que la exposición organizada de los contenidos, propicia una mejor comprensión (Caldeiro 2005). Entre esos organizadores se ubican los problemas, cuya resolución cumple con la finalidad antes propuesta.

Este trabajo de investigación cuantitativa, en el que el aprendizaje significativo como variable dependiente se puede medir, tal como lo plantean Kerlinger y Lee (citados por Hernández, Fernández y Baptista 2007,45) y Giroux y Tremblay (2004, 95), postula la aplicación de la resolución de problemas como estrategia didáctica investigativa y variable independiente, en la búsqueda del aprendizaje significativo (Perales, y otros 2000) (Ausubel, Novak y Hanesian 1987) de los conceptos inherentes a la temática de soluciones químicas, correspondientes al primer curso de química de la Licenciatura en Ciencias Naturales de la Universidad Surcolombiana de Neiva, Colombia.

El objetivo principal de la investigación fue demostrar la pertinencia de la resolución de problemas para generar aprendizaje significativo de los conceptos inherentes a las soluciones químicas, además de cuantificar el grado de aprendizaje alcanzado por el grupo objeto de estudio. Igualmente se presenta un sustento teórico breve de las dos variables involucradas, la metodología usada, los resultados obtenidos, su sistematización y discusión, como también un análisis complementario para explicitar detalles específicos de la manera como se resolvieron los problemas.

En principio, el aprendizaje significativo se caracteriza por ligarse a las concepciones alternativas o ideas previas de la estructura cognitiva del aprendiz, las cuales han sido construidas por su experiencia personal; es decir, lo que ya sabe, de manera sustancial y relevante (Ausubel, Novak y Hanesian 1987), (Ballester 2002). Para ello deben cumplirse los cuatro requisitos básicos mencionados con anterioridad: la decisión autónoma de aprender, un material y tareas potencialmente significativas, un profesor guía o facilitador del proceso y unas actividades de aplicabilidad de los conceptos construidos (Gil 1993).

La resolución de problemas a través de la investigación es la estrategia de enlace para propiciar un cambio conceptual entre las concepciones alternativas del estudiante y el conocimiento científico, tal como lo plantean Posner y otros (1982), quienes postulan la necesidad de ubicar al aprendiz en condiciones similares a las de los científicos cuando abordan un problema en la búsqueda de potenciales alternativas de solución. Sobre esas bases se deben construir sólidos conceptos, con los cuales se puedan abordar situaciones novedosas de conocimiento y facilitar su comprobación.

El problema de investigación se planteó a partir de la siguiente interrogante-hipótesis: ¿La estrategia didáctica constructivista de la resolución de problemas permite construir aprendizaje significativo de los conceptos inherentes a la temática de “soluciones químicas”?

## 2. Metodología

El diseño usado es cuantitativo porque además de medir la diferencia conceptual obtenida como producto de la implementación de la resolución de problemas como estrategia didáctica, también permitió una prueba estadística para comprobar la hipótesis propuesta. La investigación inicialmente se encargó de caracterizar los preconceptos que sobre la temática de soluciones químicas poseen -en su estructura cognitiva- un grupo de 36 estudiantes matriculados en el primer periodo académico del año 2007 en el curso de Química General, cuyas edades oscilaron entre 16 y 20 años. Seguidamente, se formaron diez grupos de trabajo y cada uno recibió un problema inherente a la temática objeto de estudio; su resolución le demandó a cada grupo el trabajo colaborativo, a través del cual intentaron varias alternativas de solución, para finalmente seleccionar una que se ajuste a las necesidades conceptuales del problema (Ballester 2002). Resueltos los problemas se caracterizó la estructura cognoscitiva final, cuyos resultados se contrastaron estadísticamente con los iniciales, para determinar la efectividad y eficacia de la estrategia didáctica seleccionada.

La información se recabó con un cuestionario (anexo 1) mediante el cual, a partir del criterio de 9 expertos, se seleccionaron los conceptos más importantes de las soluciones químicas. El cuestionario permitió caracterizar los puntos de partida conceptual inicial y final de la población estudiada, previa determinación de su validez o capacidad de medir aquello que tiene que medir y su confiabilidad, o capacidad de producir resultados similares cuando se aplica en periodos de tiempo no muy grandes, según Cohem y Swerdlik (2001) y Aiken (2003). El mencionado instrumento se sometió a una prueba piloto con el fin de optimizarlo. La escogencia de los conceptos a evaluar se hizo a partir del juicio de 9 expertos, profesores de Química, quienes se pronunciaron sobre la pertinencia de los conceptos claves seleccionados, a través de un índice de validez del 0,82.

La resolución de los diez problemas seleccionados (anexo 2), con los cuales se buscó mejorar los conocimientos de los estudiantes sobre soluciones químicas, implicó el seguimiento de nueve pasos fundamentales propuestos por Lozano (2006), Perales y otros (2000), a saber: definición de aquello que saben los estudiantes de cada grupo de trabajo (ideas previas, preconceptos o preconcepciones), definición de aquello que no saben, consulta personal de los conceptos que no saben, socialización de los hallazgos conceptuales, generación de alternativas de solución al problema, escogencia de las opciones de solución más viables, implementación teórico-práctica de las alternativas escogidas, elaboración de un informe escrito del tratamiento del problema y socialización de los resultados grupales.

Una vez concluida la etapa experimental, se procedió a caracterizar el estado final de la estructura cognitiva del grupo, empleando una prueba posterior, representada en el mismo cuestionario usado como pretest.

Con los datos sistematizados se efectuó una prueba Z para docimar la hipótesis propuesta. Esta prueba estadística consiste en establecer una diferencia de medias a partir de las varianzas del pretest y del post-test, para ubicar Z calculada en la curva normal y así tomar una decisión estadística en relación con la aceptación o negación de la hipótesis propuesta.

## 3. Resultados

En el siguiente apartado se presentan los resultados derivados de la aplicación del pretest y del post-test, así como también las medidas de tendencia central y de dispersión, con las cuales se efectuó la prueba de hipótesis; igualmente se incorpora la discusión de los resultados obtenidos y un análisis complementario de los mismos.

### *Estructura cognoscitiva inicial del grupo objeto de estudio*

Las respuestas otorgadas al pretest por el grupo objeto de estudio se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Estructura cognoscitiva inicial del grupo objeto de estudio.

CASOS	ÍTEMES																PUNTAJE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	4	2	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	2	2	4	56
2	4	2	2	5	3	2	2	3	2	4	2	4	1	4	3	4	47
3	5	2	2	3	3	4	3	3	3	4	2	4	4	3	4	3	52
4	4	2	2	4	4	3	3	5	4	4	3	2	2	3	2	4	51
5	4	2	2	4	4	3	5	3	3	5	2	2	2	2	4	3	50
6	4	1	4	1	4	4	3	3	2	2	2	5	3	4	4	3	49
7	5	4	4	4	2	3	3	3	2	4	5	4	2	3	3	4	55
8	4	4	3	4	4	2	4	3	3	4	4	4	3	3	2	5	56
9	5	2	5	5	4	3	2	3	1	4	2	4	2	4	2	3	51
10	4	2	5	4	4	3	4	5	2	5	4	2	3	3	4	4	58
11	4	5	1	4	3	3	4	5	3	2	2	4	3	3	2	4	52
12	4	2	4	4	5	3	4	4	3	2	4	4	2	3	3	3	54
13	4	4	5	3	4	4	3	5	4	4	2	4	2	2	2	3	55
14	4	3	4	5	2	3	3	5	3	4	3	4	2	3	3	4	55
15	5	2	5	3	2	3	4	2	2	5	2	4	4	2	4	5	54
16	5	4	4	4	5	3	5	3	3	4	4	5	2	3	5	3	62
17	5	2	3	5	1	2	2	3	2	2	3	5	4	3	2	1	45
18	5	2	5	5	4	3	3	5	3	4	2	4	1	3	1	2	52
19	4	2	5	5	4	3	3	5	3	4	4	2	3	3	1	2	53
20	5	4	4	3	4	3	3	5	3	5	2	4	3	3	4	4	59
21	4	3	2	4	5	4	3	3	3	5	5	4	3	3	4	3	58
22	5	1	4	4	1	2	3	3	2	5	2	3	3	4	1	4	47
23	4	2	2	5	5	3	3	4	2	4	2	3	2	4	5	3	53
24	5	4	5	5	5	3	4	3	3	2	2	4	3	2	4	4	58
25	5	2	4	5	2	3	4	4	3	5	3	5	2	3	4	3	57
26	4	3	5	5	5	2	2	5	3	5	2	4	4	4	5	5	63
27	5	3	3	1	2	3	5	4	5	5	3	5	1	5	3	5	58
28	2	3	2	4	2	2	3	1	3	1	2	2	3	3	2	2	37
29	3	4	3	2	3	1	2	3	2	3	4	2	3	3	2	2	42
30	2	2	3	4	2	2	3	2	3	1	2	3	2	2	2	3	38
31	4	3	3	4	3	2	3	3	4	3	4	4	2	1	2	3	48
32	2	3	4	2	2	2	3	4	3	3	1	2	3	2	2	2	40
33	2	3	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	2	2	2	3	28
34	3	2	4	2	3	4	2	2	3	1	2	2	3	2	2	3	40
35	4	4	3	2	3	2	3	2	2	2	2	2	3	1	2	4	41
36	5	5	5	5	5	2	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	75
TOTAL	147	100	127	134	118	99	117	125	102	127	100	125	96	105	104	121	1849
% acierto	82	56	71	74	66	55	65	69	57	71	56	69	53	58	58	67	64.20

A partir de los datos de la tabla 1 se pueden esbozar los siguientes resultados:

- Los conceptos mejor definidos por el grupo son *solución* y la *solubilidad de las moléculas polares*, con un 82% y un 74% de acierto respectivamente.

- Por su parte, los conceptos con mayor grado de dificultad en su definición son: *grado de basicidad en función de la concentración molar de hidrogeniones*, y *partes por millón* con un grado de acierto del 53%, 55%, 56% y 56% respectivamente.

- El promedio de significatividad logrado por el grupo supera en 24,2 puntos al promedio teórico de la prueba.

(El máximo puntaje esperado para los 16 reactivos del instrumento 1 es de 80 puntos, calificando con 5 puntos cada reactivo contestado acertadamente).

El grado de aprendizaje logrado por los estudiantes del grupo de estudio para cada concepto se muestra en la figura 1.

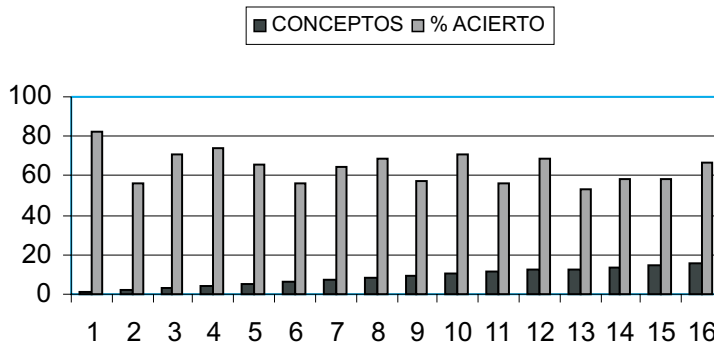


Figura 1. Grado de significación inicial de los conceptos objeto de estudio.

En general, el grupo posee como punto de partida conceptual o conocimiento previo un 64,2% de aprendizaje significativo, derivado de su experiencia cotidiana pasada o ecología conceptual, con la cual abordó la definición de los 16 conceptos seleccionados en el anexo 1.

Las medidas de tendencia central correspondientes al pretest se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Medidas de tendencia central del pre-test.

DESVIACIÓN STANDAR	VARIANZA	MEDIA	MODA	MÁXIMO	MÍNIMO	PUNTAJE TOTAL	% ACIERTO
8,7	75,3	51,3	56	75	28	1847	64,2

El grupo obtiene 1847 puntos de 2880 posibles, es decir, posee un grado de significación del 64,2% frente a los conceptos del pre-test, situación que revela un conocimiento aceptable sobre soluciones químicas.

El grupo en general alcanza 37,7 puntos por encima del promedio teórico de 80 puntos posibles para el instrumento evaluativo empleado.

*Estructura cognoscitiva final del grupo objeto de estudio*

El grado de aprendizaje logrado por los estudiantes del grupo de estudio para cada concepto se muestra en la figura 2.

Las respuestas dadas por el grupo al post-test, se muestran en la tabla 3.

El grupo objeto de estudio en general, alcanza un punto de llegada conceptual del 77,7% de aprendizaje significativo, el cual es producto de la interacción de su experiencia cotidiana pasada o preconceptos con la estrategia didáctica de resolución de problemas en la búsqueda de aprendizaje significativo de los 16 conceptos abordados en el estudio.

A partir de los datos presentados en la tabla 3 se pueden esbozar las siguientes conclusiones:

- Los conceptos mejor definidos por el grupo son: *p.p.m.* y *pH*, con un 92% y un 91% de acierto respectivamente.
- Por su parte, el concepto con mayor grado de dificultad en su definición es el de *dilución*, con un grado de acierto del 56%.

Por su parte, las medidas de tendencia central correspondientes al post-test se muestran en la tabla 4.

**Tabla 3.** Estructura cognoscitiva final del grupo objeto de estudio.

CASOS	ITEMES																PUNTAJE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	5	4	5	5	5	2	5	5	4	4	2	4	4	5	4	3	66
2	4	4	3	4	4	4	5	5	4	2	4	4	4	2	3	4	60
3	5	4	4	5	5	3	5	4	3	4	2	4	3	2	4	4	61
4	4	4	4	2	4	3	5	3	1	3	3	2	2	2	3	4	49
5	5	4	5	4	4	4	4	5	4	4	2	3	2	4	4	3	61
6	4	4	5	5	5	3	5	3	2	5	2	5	4	4	4	3	63
7	4	4	4	5	5	2	5	5	4	5	2	4	4	4	4	4	65
8	4	5	4	5	5	2	4	2	4	2	3	4	4	2	5	5	60
9	5	4	5	5	5	4	5	3	4	5	1	5	5	5	2	3	66
10	4	4	5	5	5	2	5	5	4	4	2	2	5	5	4	3	64
11	5	2	2	4	4	4	4	3	2	5	2	5	2	2	2	4	52
12	2	4	4	4	4	3	4	4	2	4	4	4	4	4	4	3	58
13	4	4	5	5	5	3	5	5	3	4	4	3	4	4	4	3	65
14	5	4	4	5	5	3	5	4	3	4	3	4	5	3	4	4	65
15	5	5	5	4	4	4	5	4	3	4	4	4	3	4	3	4	65
16	5	4	5	5	5	4	5	5	4	4	4	2	5	5	5	4	71
17	5	4	4	4	5	3	5	3	4	4	5	2	5	5	2	4	64
18	5	2	5	5	4	2	5	4	4	4	2	4	2	4	4	3	59
19	4	4	4	4	5	2	5	4	3	4	4	4	4	3	4	3	61
20	4	5	5	4	5	4	5	5	2	4	2	4	2	3	2	4	60
21	5	4	4	4	4	2	2	3	4	3	4	2	4	4	2	3	54
22	5	4	4	5	5	3	5	4	4	5	5	2	1	3	2	4	61
23	4	4	5	5	5	3	5	5	1	4	2	5	5	1	4	3	61
24	5	4	4	5	5	4	5	5	3	4	2	2	2	3	4	5	62
25	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	4	4	5	5	76
26	5	4	5	5	5	1	5	5	5	5	1	4	5	5	5	5	70
27	5	5	5	5	5	1	5	2	5	5	1	4	5	5	5	4	67
28	4	2	5	5	5	4	4	5	2	4	3	4	4	2	4	3	60
29	5	5	5	3	4	4	5	4	5	4	3	2	1	5	4	4	63
30	4	4	5	5	6	3	2	3	3	5	2	5	2	3	1	4	57
31	5	4	4	4	5	2	5	4	1	5	2	4	5	2	2	2	56
32	4	2	4	2	1	2	5	7	4	4	2	2	5	4	5	4	57
33	4	4	4	4	4	4	2	4	5	4	2	4	5	4	4	4	62
34	4	4	4	4	4	3	4	3	5	3	2	4	2	2	3	5	56
35	5	4	4	4	5	3	4	5	4	4	2	4	3	4	5	4	64
36	5	5	5	5	5	5	5	2	5	5	5	5	5	5	5	4	76
TOTAL	162	143	159	159	166	110	164	146	125	147	100	131	131	128	131	135	2237
% de acierto	90	79	88	88	92	61	91	81	69	82	56	73	73	71	73	75	77.7

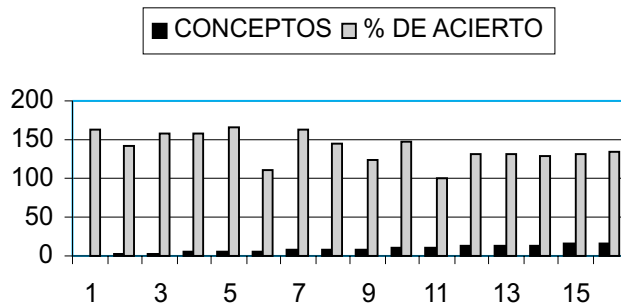


Figura 2. Grado de significación final de los conceptos objeto de estudio.

Tabla 4. Medidas de tendencia central del post-test.

DESVIACIÓN STANDAR	VARIANZA	MEDIA	MODA	MÁXIMO	MÍNIMO	PUNTAJE TOTAL	% ACIERTO
5,7	32,7	62,1	61	76	49	2237	77,7

El grupo alcanza 2237 puntos de 2880 posibles, es decir, finaliza con un grado de significación del 77,7% frente a los conceptos del post-test, situación que revela un mejoramiento conceptual total del 13,5% en la temática estudiada.

de preconcepciones muy cercanos a las definiciones que actualmente son aceptadas por la comunidad académica, además Runyon y Haber, 1986, plantean que una diferencia superior de 5% basta para aceptar la hipótesis propuesta.

#### 4. Discusión

Es muy importante enfatizar la eficacia de la estrategia didáctica empleada, pues si bien el 13,5% de resignificación o modificación de los conceptos desde su estado inicial hasta el final no parece ser relevante, debe notarse que el grupo, en general, tiene un notable 64,2%

Para evidenciar esta situación, en la figura 3 se muestra la diferencia de la estructura cognitiva del grupo objeto de estudio, la cual es producto de la implementación de la estrategia constructivista de la resolución de problemas, como un mecanismo del enfoque de aprendizaje por investigación dirigida (Pozo y Gómez 2004).

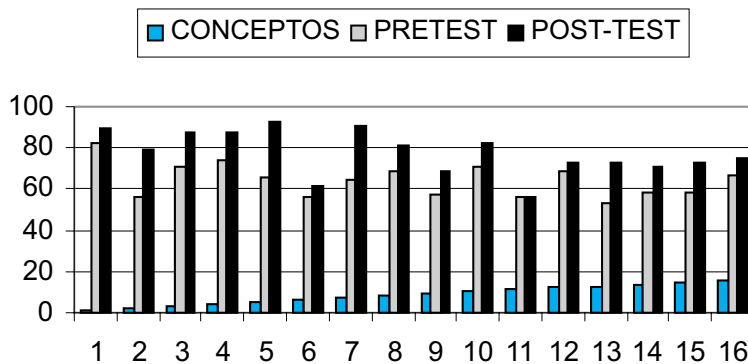


Figura 3. Diferencia de la estructura cognitiva.

Tal como lo muestra la figura 3, todos los conceptos (a excepción del concepto *dilución*) fueron mejorados gracias a la estrategia didáctica empleada; los conceptos que experimentaron mayor resignificación fueron *molaridad* y *pH* con una diferencia del 26%, mientras que el concepto de *disolución* no sufrió cambio alguno.

*Prueba de hipótesis*

Para demostrar que el aprendizaje significativo de los conceptos alcanzado por el grupo objeto de estudio se debe a la estrategia de la resolución de problemas, se emplea una prueba Z, la cual requiere los siguientes algoritmos (Martínez 2005):

$$(X_1 - X_2) \sqrt{\frac{s_1^2}{N_1} + \frac{s_2^2}{N_2}}$$

Aplicando los valores calculados de desviación estándar y varianza del pre-test y del post-test, se tiene que:

$$(X_1 - X_2) \sqrt{\frac{75.30}{36} + \frac{32.69}{36}} = 1.73$$

Con este valor finalmente se calcula Z:

$$Z = \frac{X_1 - X_2}{(X_1 - X_2)} = \frac{62.14 - 51.31}{1.73} = 6.26$$

La ubicación de Z en la curva normal se muestra en la figura 4:

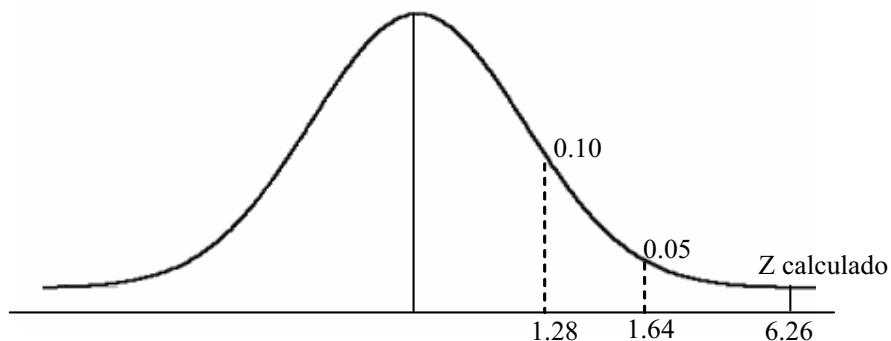


Figura 4. Prueba de hipótesis.

El valor calculado para Z se ubica en la zona de alta significancia de la curva normal con un intervalo de confianza menor a 0,05. En consecuencia se acepta la hipótesis alterna, es decir, se demuestra que el aprendizaje significativo alcanzado depende de la estrategia didáctica de la resolución de problemas.

*Análisis complementario: Proceso de resolución de problemas*

Este análisis, además de mostrar la eficacia de la variable independiente o determinante, según Giroux y Tremblay (2004), destaca el avance conceptual de cada subgrupo de estudiantes, en relación con cada uno de los conceptos seleccionados para la investigación. A continuación se detallan en rasgos generales los principales aportes de cada subgrupo de estudiantes

durante el proceso de su resolución; se hacen observaciones derivadas del análisis de los textos presentados por cada uno de los grupos y también se ofrecen transcripciones literales.

*Primer problema.* Para aliviar el dolor de cabeza, es frecuente el uso de aspirina efervescente. Si quieres resolver este tipo de problema de la manera más rápida y efectiva, utilizas ¿Agua caliente, al clima o fría?, ¿Utilizarías poca o bastante agua? Explica tus respuestas y justícalas.

Solución: “la rapidez con que se disuelve la aspirina depende de la cantidad de agua y de su temperatura”. Plantean que la mejor forma de disolver la aspirina es usando un volumen más o menos de unos 100 mililitros de agua a temperatura ambiente, en analogía a la concepción alternativa de que “al exponer algunos



alimentos y medicamentos al frío, este ambiente hace que se conserve y no se degraden fácilmente, como sucedió cuando se agregó la aspirina al agua fría y ésta no se disolvió totalmente”.

Estas propuestas conceptuales evidencian la relación entre el grado de temperatura del solvente y su cantidad, con la cantidad de soluto empleado.

*Segundo problema.* Intenta disolver azúcar en gasolina. Ahora intenta disolver glicerina en agua. Finalmente intenta disolver sal de cocina en alcohol antiséptico. Explicar y discutir los resultados de estas experiencias.

Solución: “no es posible disolver azúcar en gasolina por qué la gasolina es una mezcla homogénea de compuestos orgánicos no polares. La solubilidad de un disolvente está determinada en parte por la polaridad tanto del soluto como del solvente, y esta propiedad está relacionada con la estructura molecular y las fuerzas de interacción intermoleculares”.

En la resolución de este problema se advierte la contundencia conceptual del grupo de estudiantes al argumentar que la naturaleza química tanto del soluto como del solvente, es la que permite la solubilidad de las sustancias químicas, derivada de la ubicación de la carga eléctrica molecular.

*Tercer problema.* ¿Qué condiciones deben tener las sustancias para poder disolverse en otras?

Solución: El grupo realiza una práctica en la cual tratan de disolver varias sustancias y mezclas caseras y otras de uso común en el laboratorio. Seleccionan bicarbonato de sodio, sal de cocina, azúcar, café liofilizado, gelatina en polvo, alcohol antiséptico, agua, aceite de cocina, blanqueador de ropa, detergente, al igual que algunos solventes comunes como etanol, acetona, acetaldehído y benceno. Las pruebas realizadas les permiten establecer que las sustancias polares se disuelven en sustancias polares y que las no polares lo hacen en sus similares.

Igual que en el problema anterior, se hizo evidente la naturaleza química de las sustancias para permitir el proceso de solubilidad.

*Cuarto problema.* ¿Cuáles son las unidades de concentración de soluciones químicas más usadas a nivel mundial?

Las concepciones alternas del grupo de estudiantes les lleva a concluir de manera enfática que las unidades de concentración de las soluciones pertenecen a dos tipos: unidades químicas y unidades físicas. Dentro del primer grupo señalan a la molaridad y a la normalidad como unidades universales de concentración, argumentando tener dificultades conceptuales para definir el concepto de equivalente gramo con el cual se calcula la normalidad. Dentro de las unidades físicas, demuestran manejar el porcentaje de solución (peso a peso, peso a volumen y volumen a volumen); sin embargo, no pueden explicar la relación soluto a solvente para el caso de la concentración expresada en partes por millón, la cual está definida en miligramos de soluto por cada litro de disolución. El grupo difícilmente establece la relación existente al disolver un gramo de soluto en un metro cúbico de disolución, para deducir que en cada litro de ésta, se encuentra disuelto exactamente un miligramo de soluto.

Si bien existen algunas dificultades conceptuales en cuanto a los conceptos de partes por millón y equivalente-gramo, el grupo sustenta correctamente la manera de expresar la molaridad de una solución como la relación existente entre el número de moles de soluto disueltas en un litro de disolución; así como también es correcto el concepto de porcentaje de solución como la cantidad de unidades tanto en masa como en volumen de soluto disueltas en 100 mililitros de solución.

*Quinto problema.* Preparar una solución 0.5N de  $H_2SO_4$ , luego diluirla a 0.025M y expresar esta concentración en p.p.m.

Solución: A través de cálculos sencillos de dilución resuelven aritméticamente el problema (Gómez 2007). Sin embargo, el volumen final de la solución es erróneamente medido como volumen de agua requerido para efectuar la dilución. Tales cálculos se muestran a continuación:

$$50 \text{ ml solución} \frac{0.5 \text{ eq gr } H_2SO_4}{1000 \text{ ml solución}} \cdot \frac{49 \text{ g } H_2SO_4}{1 \text{ eq gr } H_2SO_4} \frac{1 \text{ ml } H_2SO_4}{1.84 \text{ g } H_2SO_4} / 0.962 = 0.69 \text{ ml. } H_2SO_4 \text{ concentrado}$$

Los alumnos no pudieron convertir la concentración molar o normal en p.p.m. Ellos consideran p.p.m. como un concepto nuevo, para el cual no pueden establecer relación alguna con sus conocimientos previos.

Los cálculos efectuados por el grupo son correctos, al igual que el proceso de preparación de la disolución en el laboratorio. Sin embargo, hace falta la conexión entre las unidades de concentración químicas y físicas.

*Sexto problema.* Determinar el pH de los siguientes líquidos: leche, vino, jugo de naranja, tinto, coca cola, suero oral, aceite de cocina, cerveza, vinagre.

El grupo de estudiantes efectúa la medición del pH de los anteriores líquidos descritos, empleando papel indicador universal,

Por contrastación colorimétrica determinan los siguientes valores de pH"

Sustancia	Leche	Vino	Jugo de naranja	Tinto	Coca cola	Suero oral	Aceite de cocina	Cerveza	Vinagre
pH	6	5	6	5	5	6	5	6	6

De acuerdo con los datos, el grupo de estudiantes plantea la hipótesis de que todas las bebidas e incluso los alimentos disueltos en agua, deben tener pH ácido.

En la solución del problema, el grupo de estudiantes selecciona acertadamente un mecanismo para medir el pH de los alimentos seleccionados; acuden al papel tornasol universal y confirman sus hallazgos con los datos derivados de la literatura científica sobre el tema; además, la hipótesis propuesta coincide con las condiciones bajo las cuales se sucede el metabolismo de los alimentos en el tracto digestivo.

*Séptimo problema.* Determinar las razones por las cuales, los alimentos tienen pH ácido.

El grupo plantea varias razones para explicar el pH ácido de los alimentos, entre ellas se destacan:

- El sistema de amortiguadores de pH del organismo se encuentra diseñado para trabajar óptimamente en medio ácido.
- Consideran que el pH de los alimentos debe ayudar a los amortiguadores de pH del organismo que controlan los cambios de acidez producidos por el ejercicio muscular y por la ventilación pulmonar.
- El metabolismo humano emplea enzimas que funcionan óptimamente a pH ácido.

Por otra parte, pudieron identificar sin embargo que existen alimentos como el plátano y algunos granos que contienen componentes básicos.

*Octavo problema.* Al disolver 50 ml de agua con 50 ml de etanol absoluto (96% v/v), se espera preparar 100 ml de disolución. Efectuar el procedimiento descrito, explicar y analizar los resultados obtenidos. Adicionalmente plantear un modelo macroscópico que explique lo ocurrido.

Solución: Al mezclar los dos volúmenes el grupo mide un volumen promedio final de 96 ml, argumenta que las moléculas del agua por tener menor tamaño que las moléculas de etanol tienen la capacidad de filtrarse entre éstas ocupando sus espacios, concepción que se corresponde con la percepción sobre cambios químicos con un único modelo macroscópico de representación, planteado por Pozo y Gómez Crespo (2005), citados por Furió y Domínguez (2007), en el cual el disolvente cede su lugar al soluto (Gallegos y Garriz.A. 2004), para admitir la idea de vacío entre las moléculas implicadas (Gómez, Pozo y Gutiérrez 2004), descartando la presencia de aire entre las mismas, como explicación lógica entre estudiantes de estas edades.

*Noveno problema.* Plantear varias alternativas para utilizar productos naturales o de uso cotidiano, como indicadores de pH.

Solución: El grupo después de la revisión bibliográfica logra detectar que los vegetales coloreados de azul o rojo contienen pigmentos naturales, tales como las antocianinas, sensibles a los cambios de pH. Entre los vegetales con este tipo de característica, logran ubicar al repollo morado, los pétalos de rosas y claveles rojos y el

jengibre, frutas y hortalizas como fresas, cerezas, ciruelas, cebolla cabezona roja, berenjena y uva negra.

Para comprobar el hallazgo teórico deciden experimentar con hojas de repollo morado y pétalos de rosas, para concluir que, efectivamente, los extractos de estas partes vegetales se tiñen de rojo en medio ácido y de azul en medio básico.

Aunque el grupo de estudiantes encuentra la solución al problema, no plantea la explicación molecular del mismo, según la cual algunos pigmentos vegetales como los carotenos y las antocianinas generan cambios de color cuando se introducen en medio ácido o básico.

*Décimo problema.* Explicar lo que le ocurre a la pintura utilizada para pintar el exterior de los automóviles, al intentar disolverla con agua.

Solución: “El agua posee dos pares de electrones no compartidos que le permite formar puentes de hidrógeno con una atracción muy fuerte, a diferencia de la pintura a base de poliuretano que no cumple con esta propiedad y sus atracciones son muy débiles”.

Las diferencias entre propiedades químicas derivadas de la estructura molecular generan la incompatibilidad de las partículas del soluto con las del solvente. Debido a esta dificultad se comprueba la teoría que afirma que un compuesto similar disuelve a otro similar.

## 5. Conclusiones

Como producto del proceso investigativo, el autor plantea dos conclusiones fundamentales:

En primer lugar, el grupo objeto de estudio alcanza un aumento del 13,5% por encima de su punto de partida conceptual, grado de resignificación sustantivo si se considera que el grupo inicia con un 62,4% de conocimiento del tema objeto de estudio y termina con un

76,7% del mismo. Aparentemente este porcentaje es pequeño pero como ya se señaló, el grupo tiene un grado de conocimiento previo aceptable de los conceptos pertenecientes a la unidad temática de soluciones químicas.

Por otra parte, el grado de resignificación alcanzado por el grupo objeto de estudio, demuestra que la estrategia constructivista de la resolución de problemas se consolida como una muy buena opción para lograr el aprendizaje significativo de los conceptos ligados a la temática de soluciones químicas. La resignificación lograda es el producto de la acción de resolver los problemas propuestos en el ejercicio investigativo sobre las preconcepciones del grupo. Los preconcepciones son difíciles de cambiar y el desarrollo conceptual es un proceso lento, largo y difícil de alcanzar, porque las concepciones cotidianas de los estudiantes están muy arraigadas; más aún, hay ausencia de publicaciones que demuestren que las concepciones alternas hayan sido totalmente extinguidas y sustituidas por una nueva idea (Duit 1999; Galili y Bar 1992; Tao y Gunstone 1999, citados por Galagovsky 2007). Como máximo se consigue que los alumnos lleguen a asimilar los conocimientos científicos sin abandonar sus conocimientos cotidianos en la búsqueda de nuevos aprendizajes; es decir, se obtiene un acercamiento de la ciencia escolar a la ciencia erudita.

La resolución de problemas como estrategia didáctica facilita el trabajo colaborativo entre los grupos, los obliga a hacer uso del método científico para establecer una secuencia de pasos conducentes hacia la definición de alternativas de solución pertinentes. La definición de los vacíos conceptuales, le permitió a cada grupo buscar información sobre su problema específico, clasificarla y aprehenderla, resignificando sus ideas previas de una manera autónoma, derivada de la decisión personal y grupal para mejorar su saber específico. Igualmente le exigió a cada grupo la identificación y priorización de procedimientos y estrategias prácticas necesarias para abordar la solución de cada problema.

### Referentes Bibliográficos

Aiken, L. 2003. *Test psicológicos y evaluación*. Onceava edición. México: Pearson, Prentice Hall.

Ausubel, D., J. D. Novak, y H. Hanesian. 1987. *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. Segunda edición. México: Trillas.

Ballester, A. 2002. El aprendizaje significativo en la práctica. Cómo hacer el aprendizaje significativo en el aula. *Seminario de aprendizaje significativo*. Palma de Mallorca.

Cohem, R., y M. Swerdlik. 2001. *Pruebas y evaluación psicológicas: introducción a las pruebas*. Cuarta ed. México: McGraw Hill.

Furio, C. y C. Domínguez. 2007. Problemas históricos y dificultades de los estudiantes en la conceptualización de sustancia y compuesto químico. *Enseñanza de las Ciencias* 25, No. 2: 241-58.

Galagovsky, L. 2007. Enseñanza versus aprendizaje de las ciencias naturales. *Tecné, Episteme y Didaxis*, No. Extraordinario.

Gallegos, L. y A. Garritz. 2004. Representación continua y discreta de la materia en estudiantes de Química. *Educación Química* 15, No. 3: 234-42.

Gil, D. 1993. Los programas guía de actividades: una concreción del modelo constructivista de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. *Revista Investigación en la Escuela* 8, No. 3.

Giroux, S. y G. Trembay. 2004. *Metodología de las ciencias humanas. La investigación en acción*. México: Fondo de Cultura Económica.

Gómez, M. 2007. Factores que influyen en el éxito de los estudiantes al resolver problemas de química. *Enseñanza de las ciencias* 25, No. 1: 59-72.

Gómez, M., J. J. Pozo y M. S. Gutiérrez. 2004. Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: el diálogo entre la química y nuestros sentidos. *Educación Química* 15, No. 3: 198-210.

Hernández, R., C. Fernández y P. Baptista. 2007. *Metodología de la investigación*. Cuarta edición. México D.F.: McGraw-Hill.

Lozano, A. 2006. Diseño de programas educativos basados en competencias. *Curso teórico práctico de la Maestría en Educación*. Instituto Tecnológico de Monterrey.

Martínez, C. 2005. *Estadística y muestreo*. Doceava edición. Santafé de Bogotá: Ecoe.

Perales, F. J., P. Álvarez, M. Fernández, J. J. García, F. González y A. Rivarrosa. 2000. *Resolución de problemas*. Madrid: Síntesis S. A.

Posner, G., K. Strike, P. Hewson and W. Gertzog. 1982. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education* 66, No. 2: 211-27.

Pozo, J. I. y M. A. Gómez. 2004. *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Cuarta edición. Madrid: Morata.

Runyon, R. y A. Haber. 1986. *Estadística para Ciencias Sociales*. México: Adisson-Wesley Iberoamericana.

## Anexo 1. Cuestionario

A continuación encontrarás una serie de afirmaciones numeradas del 1 al 16, sobre las cuales te pedimos que definas tu opinión, usando los siguientes criterios: Totalmente de acuerdo, De acuerdo, Sin opinión, En desacuerdo, Totalmente en desacuerdo. Marca una X en la casilla que consideres se corresponde con tu opinión personal:

Los resultados serán utilizados con propósitos exclusivamente investigativos, razón por la cual, tu nombre no va a ser usado bajo ninguna consideración, simplemente se utiliza como un mecanismo de control y seguimiento.

1. Una solución química es el producto de la relación que se establece entre dos o más sustancias miscibles (que se pueden mezclar) entre sí.				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
2. El soluto es la sustancia que se ha disuelto en el seno de un solvente y se encuentra en mayor proporción una solución.				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
3. El solvente es la sustancia que permite la solubilidad del soluto y se encuentra en mayor proporción en una solución química.				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
4. Los solutos polares son altamente solubles en agua				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
5. La molaridad es una unidad de concentración química que expresa la cantidad de moles de soluto disueltas en un litro de solución.				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
6. El cloro residual del agua potable tiene una concentración de 2 p.p.m.; eso significa que cada metro cúbico de agua tiene disueltos 2 miligramos de cloro en sus sales.				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
7. El pH de una solución se calcula aplicándole el logaritmo negativo a la concentración molar de iones de H <sup>+</sup> .				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
8. Solamente los solutos polares pueden disociarse en solución acuosa.				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
9. Un electrolito débil es una sustancia cuyas moléculas tienen elevada polaridad y se disocian totalmente en solución acuosa.				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
10. El grado de solubilidad de las sustancias depende de su naturaleza química.				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
11. Al diluir una solución de HCl 0.2N hasta HCl 0.1N, la cantidad de soluto disuelto permanece constante.				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
12. El grado de solubilidad de una sustancia es directamente proporcional a la temperatura de la solución en la cual se encuentra disuelta.				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
13. Una solución con pH básico tiene una elevada concentración de iones H <sup>+</sup> .				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
14. Las moléculas de los electrolitos fuertes se disocian totalmente en solución acuosa.				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
15. En las soluciones sobresaturadas, el solvente puede disolver el máximo de soluto posible.				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
16. La amalgama odontológica es un ejemplo de solución química.				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Sin opinión	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo

**Anexo 2.** Listado de problemas usados en la investigación.

**Primer problema.** Para aliviar el dolor de cabeza, es frecuente el uso de aspirina efervescente. Si quieres resolver este tipo de problema de la manera más rápida y efectiva, utilizas ¿Agua caliente, al clima o fría?, ¿Utilizarías poca o bastante agua?. Explica tus respuestas y justifícalas.

**Segundo problema.** Intenta disolver azúcar en gasolina. Ahora intenta disolver glicerina en agua. Finalmente intenta disolver sal de cocina en alcohol antiséptico. Explicar y discutir los resultados de estas experiencias.

**Tercer problema.** ¿Qué condiciones deben tener las sustancias para poder disolverse en otras?

**Cuarto problema.** ¿Cuáles son las unidades de concentración de soluciones químicas, más usadas a nivel mundial?

**Quinto problema.** Preparar una solución 0,5N de  $H_2SO_4$ , luego diluirla a 0,025M y expresar esta concentración en p.p.m.

**Sexto problema.** Determinar el pH de los siguientes alimentos: leche, vino, jugo de naranja, tinto, coca cola, suero oral, aceite de cocina, cerveza, vinagre.

**Séptimo problema.** Determinar las razones por las cuales, los alimentos tienen pH ácido.

**Octavo problema.** Al disolver 50 ml de agua con 50 ml de etanol absoluto (96% v/v), se espera preparar 100 ml de disolución, Efectuar el procedimiento anteriormente descrito, explicar y analizar los resultados obtenidos. Adicionalmente plantear un modelo macroscópico que explique lo ocurrido.

**Noveno problema.** Plantear varias alternativas para utilizar productos naturales o de uso cotidiano, como indicadores de pH.

**Décimo problema.** Explicar lo que le ocurre a la pintura utilizada para pintar el exterior de los automóviles, al intentar disolverla con agua.