

NIVEL DE DESARROLLO MENTAL, HABILIDAD VERBAL Y NIVEL DE DESEMPEÑO  
EN LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE CONCEPTOS:  
SU INFLUENCIA SOBRE LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE QUÍMICA

**JOSÉ ZABALA ALVAREZ Y MARÍA ELENA GONZÁLEZ ROMERO**

Universidad Pedagógica Experimental Libertador  
Instituto Pedagógico de Caracas

**RESUMEN**

La investigación consistió en un estudio exploratorio no experimental o ex post facto relativo a la influencia del nivel de desarrollo mental, la habilidad verbal y la elaboración de mapas de conceptos sobre la resolución de problemas en una muestra de 45 estudiantes de química del Instituto Pedagógico de Caracas, cursantes de Fundamentos de Química durante el período 97-II. Además, se investigó el poder predictor de las tres primeras variables en cuanto a la resolución de problemas de química. A partir de la muestra, primeramente, se conformaron grupos según las puntuaciones obtenidas en las pruebas estandarizadas, test Grupal de Pensamiento Lógico y el de Aptitud Diferencial, además del nivel de desempeño en elaboración de mapas de conceptos. Las hipótesis de trabajo se contrastaron empleando técnicas de regresión múltiple. Los resultados revelaron diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) entre grupos con diferente nivel de desempeño en la elaboración de mapas de conceptos, también resultó significativa ( $p < 0,05$ ) la interacción entre esta variable y la habilidad verbal. Así mismo, el análisis reveló que el nivel de desempeño en la elaboración de mapas de conceptos fue el mejor predictor de la resolución de problemas, estimándose en 27,2 % la contribución de ésta a la explicación de la variabilidad de la variable dependiente; mientras que en conjunto las variables nivel de desempeño en la elaboración de mapas de conceptos, habilidad verbal y la interacción entre estas dos variables, permiten explicar el 35,60 % de la variabilidad. Dada la naturaleza

exploratoria y no experimental de la investigación, se destaca que los resultados se circunscriben al grupo estudiado y su extrapolación ameritaría la replicación en muestras aleatorias y de mayor tamaño. En este mismo sentido, las declaraciones de significación estadística deben considerarse como indicadores descriptivos que resumen de cierta manera el grado de las asociaciones encontradas.

*Descriptores: Desarrollo mental, Habilidad Verbal, Mapas de conceptos en química, Resolución de problemas de química, Elaboración de mapas de conceptos.*

### **ABSTRACT**

#### **MENTAL REASONING LEVEL, VERBAL ABILITY, PERFORMANCE IN CONCEPT MAPPING: THE INFLUENCE ON PROBLEM SOLVING IN CHEMISTRY**

Throughout this investigation, non experimental or ex post facto, it was explored the influence of mental reasoning level, verbal ability and performance in concept mapping on chemistry problem solving as dependent variable. Also, it was investigated the prediction power of the three variables on problem solving on studied sample. This was constituted by 49 students registered in Fundamentals of Chemistry course (intact groups) during 97- II scholar period in the Instituto Pedagógico de Caracas. In order to contrast the hypothesis, a variance analysis was carried out through regression techniques. The results showed significant differences between groups with different levels of performance in concept mapping ( $p < 0,01$ ). Also, it was significant ( $p < 0,05$ ) the interaction between this variable and verbal ability. The analysis revealed that performance level of concept mapping was the most important predictor of solving problem, contributing in 27,2 % to the explanation of variability of dependent variable; performance level in concept mapping, verbal ability and the interaction between these

two variables allow to explain 35,60 % of variability. Because of its exploratory and non experimental nature, these results circumscribe to the studied sample and extrapolation would require bigger and random samples. In the same sense, the statistical significance ought to be seen as descriptive indicators of associations strength founded.

*Keywords: Mental reasoning level, Verbal ability, Concept maps in Chemistry, Solving nature, problems in Chemistry, Concept mapping in chemistry.*

## INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, en el campo educativo se han realizado numerosos esfuerzos por aplicar los descubrimientos más innovadores de las teorías del aprendizaje con la finalidad de elevar la calidad de la enseñanza. Entre las teorías de mayor actualidad educativa se encuentran la teoría constructivista y la del aprendizaje significativo, cuyos representantes han realizado importantes contribuciones a la praxis de la enseñanza sustentados en la concepción del aprendizaje como un proceso de construcción del conocimiento (Cesarone, 1996; Larson, 1997; Lebowitz, 1996; Robertson, 2000; Smith y Unger, 1997).

Por un lado, la teoría constructivista del aprendizaje considera que la construcción del conocimiento es una actividad personal en donde la selección, interpretación y organización de los datos percibidos varía dependiendo del conocimiento previo que posea cada individuo (Briscoe y Ulerick, 1991). La meta del Constructivismo es que los estudiantes generen sus conocimientos en vez de reproducirlos. Para ello, los docentes deben brindarles información y guiar en el proceso

a través de actividades de experimentación y análisis; esto permitirá responder sus preguntas y generar sus propios significados basándose en sus experiencias, actitudes y habilidades (Nakhleh, 1992; Thomas, 1998).

Por otra parte, la teoría del Aprendizaje Verbal Significativo propuesta por Ausubel (1976), hace énfasis en el aprendizaje de los conceptos y sugiere que los individuos aprenden significativamente al construir sus conocimientos sobre la base de lo que ellos realmente conocen, a la vez que enfatiza la naturaleza y beneficios del aprendizaje significativo en contraposición con el aprendizaje memorístico (Briscoe y Ulerick, 1991; Gubert y Discenna, 1997; Novak, 1991a, 1993; Odom y Kelly, 1998).

En cuanto a las características de estos dos tipos de aprendizaje mencionados, se puede decir que el aprendizaje significativo implica la incorporación substantiva, no arbitraria de nuevas ideas, proposiciones verbales o conocimientos, dentro de una estructura cognitiva ya existente. En contraste, cuando se aprende en forma memorística los nuevos conocimientos no se construyen substantivamente sobre una base previa, y por esta razón no son asimilados, ni integrados a una estructura cognitiva, lo que trae como consecuencia el olvido en dos o tres semanas (Cavallo, 1996; Ebenezer, 1992; Novak, 1991a; Pendley, Bretz y Novak, 1994; Smith y Unger, 1997).

En consecuencia, se prevé que para que ocurra el aprendizaje significativo, las nuevas ideas deben tener un significado potencial y el aprendiz debe poseer conceptos relevantes que permitan el anclaje de las nuevas ideas. Además, es necesario que el sujeto que aprende sea capaz de relacionar de manera consciente los nuevos significados con aspectos relevantes de su estructura cognitiva. En este sentido, Novak (1993) coincide con Ausubel (1976) en cuanto a que el factor de mayor

influencia en el aprendizaje es lo que el individuo conoce previamente, de manera que el reto del docente consiste en determinar aquello que realmente conoce un estudiante para promover la construcción de nuevos conocimientos.

En este mismo sentido, Lejter de Bascones (1990) ha expresado que la meta de todo proceso de aprendizaje debe ser propiciar la construcción de un cuerpo de conocimientos claros, estables y organizados. Sin embargo, con frecuencia en muchas escuelas se estimula la memorización de conceptos o algoritmos sin que los alumnos hayan comprendido las regularidades o relaciones involucradas con dichos conceptos; de tal manera que se obstaculiza la adquisición de aprendizaje verdaderamente significativo (Novak, 1991b; Pendley, Bretz y Novak, 1994).

Por otra parte, considerando que el aprendizaje es un proceso complejo de procesamiento de información, el cual involucra la acomodación de los nuevos conocimientos y los que ya se poseen (Lebowitz, 1996; Novak, 1993; Poggioli, 1989), se hace necesario prever la manera como se monitoreará el aprendizaje logrado por los estudiantes.

En relación con las formas de hacer el seguimiento al aprendizaje significativo, algunos autores como Lejter de Bascones (1982) y Novak (1976) han interpretado, según la teoría de Ausubel, que la adquisición de este tipo aprendizaje podría estimarse a través de la habilidad para resolver problemas nuevos, siempre que éstos se refieran a situaciones relevantes, no triviales.

Ahora bien, tomando en cuenta que la resolución de problemas suele ser una tarea compleja, que incluye una situación problemática e involucra actividades tales como: la comprensión del lenguaje utilizado; la interpretación de la información que se ofrece y del objetivo que se persigue; la comprensión de los conceptos involucrados

en la solución; y en muchos casos, la habilidad para ejecutar operaciones matemáticas (Ford, 1995; Gabel, 1989; Herron, 1996; Lopes y Costa, 1996; Noh y Sharmann, 1997; Robertson, 2000), en el estudio se asumió la resolución de problemas como una medida del aprendizaje significativo y se centró la atención en la influencia que sobre esta habilidad puedan tener factores como el nivel de desarrollo mental, la habilidad verbal y el desempeño en la elaboración de mapas de conceptos.

Siendo la resolución de problemas una actividad que permite organizar la experiencia previa y orientarla hacia el descubrimiento del sistema de relaciones que fundamenten la solución de una situación problemática, parece lógico pensar que un proceso exitoso para resolver problemas comience por comprender e interpretar el significado de la información ofrecida en el planteamiento. Por esto, se considera el lenguaje como uno de los principales factores que afectan potencialmente la ejecución de la tarea (Bolte, 1997; Gabel, 1989; Gascón, 1985; Larson, 1997; Puente, 1989).

En este sentido, investigadores como Woods (1989) y Pérez (1993) han enfatizado la importancia del razonamiento verbal como resultado de sus experiencias con estudiantes y otras personas, novicios y expertos, cuando se enfrentan al reto de la resolución de problemas. Estas investigaciones han demostrado que en efecto, el aprendizaje y la resolución de problemas se ven afectados por el sistema deficitario de símbolos que se produce cuando existe un razonamiento verbal insuficiente. Más recientemente se han realizado investigaciones en el área de la habilidad verbal. Así, destacan los trabajos desarrollados por Bird y Welford (1995) en donde se consideró el efecto del parafraseo sobre las calificaciones obtenidas en los exámenes y; los de Koch y Eckstein (1995), quienes investigaron acerca de las destrezas necesarias para la comprensión de textos y su relación con la resolución de problemas.

Otro aspecto importante a considerar en cuanto a la resolución de problemas es la comprensión cabal de los conceptos asociados, área en la cual la teoría de Ausubel ha producido numerosos aportes y derivaciones, especialmente en cuanto al desarrollo de estrategias de instrucción y de aprendizaje. Entre ellas destacan particularmente los mapas de conceptos, los cuales, por una parte, permiten organizar los nuevos contenidos dentro de estructuras ya existentes y facilitan el aprendizaje significativo (Novak Y Gowin, 1988), y por la otra, sirven para evidenciar o ayudar a exhibir la estructura conceptual que sobre una disciplina científica o no científica, posea quien elabore el mapa (Dawson, 1993; Kim, Germann y Patton, 1998; Maldonado y Alvarez, 1992; Moreira y Takeko, 1985).

Las investigaciones realizadas acerca del uso de los mapas de conceptos en el ámbito educativo son numerosas y variadas. Así se pueden mencionar, aquellas en donde los mapas son construidos sólo por el estudiante, sólo por el profesor, o por el estudiante y el profesor en conjunto (Ratcliffe, 1995). En este último caso, los mapas de conceptos han demostrado propiciar un ambiente en el cual se comparten ideas, se negocian significados y se arriban a acuerdos sobre los temas tratados. Todo lo cual pudiera fomentar actitudes de responsabilidad y creatividad, a la vez de promover la interacción entre las personas que construyen el mapa (Botton, 1995; Novak y Gowin, 1988; Roth y Bowen, 1993; Tippins y Fichtman, 1992).

Cuando los mapas son elaborados por el aprendiz, pueden ser útiles para poner en evidencia la comprensión y las relaciones de los conceptos alrededor de un tema o grupo conceptual. Además, han mostrado ser útiles para explorar las preconcepciones de los estudiantes (Austin y Shore, 1995; Bolte, 1997; Fleener y Marek, 1992; Westbrook, 1998). Asimismo, los mapas de conceptos han sido utilizados como

valiosos recursos tanto por el profesor y como por los estudiantes para la presentación de información, bien sea como marco de referencia, al iniciar un tema, o al finalizarlo, para dar una visión integral los conocimientos tratados (Dawson, 1993; Escaño y Gil de la Serna, 1993; Flores, 1995; Moreira, 1988; Solórzano, 1985 y 1986).

Otras aplicaciones que se han dado a los mapas de conceptos en el ámbito de la evaluación se refieren a: (a) la detección de los conocimientos previos de los estudiantes sobre un tópico, (b) la identificación de preconcepciones, (c) la medición del cambio conceptual, tanto en el aula de clase como en ambientes experimentales, y (d) la estimación de la efectividad programas y estrategias de enseñanza (Adamczyk, Willson y Williams, 1994; Ebenezer, 1992; Escaño y Gil de la Serna, 1993; González Romero, 1991; Markan, Mintzes y Jones, 1994; Moreira, 1988; Moreira y Takeko, 1985)

En general la elaboración y uso de los mapas de conceptos ha mostrado magnitudes moderadas a elevadas en sus relaciones con el aprendizaje en el aula y en particular, con la habilidad de los estudiantes para resolver problemas (Flores, 1995; Hafner y Stewart, 1995; Novak, Gowin y Johansen, 1983; Pankratius, 1990; Suits y Lagowski, 1994; Zimmermann, 2000), por lo que durante la presente investigación se ha querido precisar la dirección y magnitud de esas relaciones cuando se trata de resolución de problemas de química.

Por otra parte, sustentados en el hecho de que muchos investigadores han obtenido resultados que muestran al nivel desarrollo mental como una variable que afecta significativamente el aprendizaje (Casarone, 1996; Larson, 1997; Lawson, 1978, 1983; Sheehan y Tessmer, 1997), se ha considerado importante incluir el estudio de su influencia sobre el desempeño de los estudiantes en la tarea de resolver problemas. Las pruebas que se han desarrollado alrededor de la variable incluyen ítems que

permiten caracterizar a los individuos según diferentes niveles de razonamiento operacional (formal, transición, concreto). Estos tests, derivados en su mayoría de la teoría piagetana han demostrado ser efectivos predictores del logro académico en una gran variedad de áreas.

Muchos autores, al tratar de describir la complejidad del proceso de aprendizaje de los sujetos, han propuesto la conceptualización de diversas variables cognitivas que pudieran determinar el éxito académico (Cavallo, 1996; Suits y Lagowski, 1994; Watters y English, 1995; Zimmerman, 2000). Así, en la bibliografía se observa como el constructo “razonamiento operacional formal”, ha venido derivando en lo que actualmente se conoce como “habilidad de razonamiento”

Entre las numerosas investigaciones que se han realizado, se destacan las desarrolladas por Rada (1993) y Rada y González-Romero (1994). Ellas estudiaron las relaciones entre las variables: dependencia-independencia de campo, nivel de desarrollo mental, elaboración de mapas conceptuales y resolución de problemas y encontraron, que las variables elaboración de mapas y nivel de desarrollo mental resultaron ser los mejores predictores del desempeño en la resolución de problemas de química.

Williams y Cavallo (1995) examinaron las posibles relaciones entre la habilidad de razonamiento de los estudiantes, medida a través del test de pensamiento lógico y la comprensión de conceptos físicos. Los análisis revelaron que la habilidad de razonamiento de los estudiantes está relacionada con la comprensión conceptual. Así, aquellos estudiantes con razonamiento concreto tenían bajo nivel de comprensión de los conceptos físicos, mientras que razonadores formales obtuvieron un alto nivel de

comprensión conceptual, lo cual, consecuentemente, podría influir sobre las destrezas de resolución de problemas.

En concordancia con estos hallazgos, investigadores como Niaz (1996) y Norman (1997) han concluido que la capacidad de los estudiantes para procesar la información depende de su habilidad de razonamiento.

En un estudio más reciente Johnson y Lawson (1998), al investigar el efecto de la habilidad de razonamiento sobre el aprendizaje, encontraron consistencia con los trabajos previos en cuanto a que esta variable puede ser un predictor significativo del logro en el área de ciencias y que por lo tanto, los resultados sirven como soporte a la teoría neopiagetana del desarrollo mental.

A partir de la extensa revisión bibliográfica realizada, se observa la relevancia del estudio de las variables nivel de desarrollo mental, habilidad verbal y elaboración de mapas de conceptos como probables predictores del nivel de logro alcanzado por los estudiantes en la resolución de problemas de química, y en concordancia con los hallazgos reportados, se plantearon las siguientes hipótesis de investigación:

1. Existirán diferencias significativas en la resolución de problemas de estudiantes con diferentes niveles de desempeño en la elaboración de mapas de conceptos.

2. Existirán diferencias significativas en la resolución de problemas de estudiantes con diferentes niveles de desarrollo mental (concreto, de transición y formal) según Piaget.

3. Existirán diferencias significativas en la resolución de problemas de estudiantes con niveles diferentes de habilidad verbal.

4. Existirá una contribución diferencial de las variables nivel de desarrollo mental, habilidad verbal y elaboración de mapas de conceptos a la predicción de la resolución de problemas de química.

### **METODOLOGÍA**

La investigación consiste en un estudio no experimental o ex post facto, debido a que las variables independientes en estudio se miden como variables atributivas, o sea, no se manipulan sino que se considera que sus valores vienen ya dados (Hernández, Fernández y Baptista, 1991; Kerlinger, 1981). Además, según Hernández y otros (1991) el diseño de investigación utilizado puede calificarse de transeccional, correlacional/causal, puesto que se analizan las relaciones causales de una situación ya existente, recolectando los datos en un solo momento en el tiempo.

### **POBLACIÓN Y MUESTRA**

La población considerada para el estudio correspondió a los estudiantes de pregrado pertenecientes a la especialidad de Química del Instituto Pedagógico de Caracas. Se seleccionaron entonces las cuatro secciones o módulos de la asignatura Fundamentos de Química, primer curso en Química de la carrera y contaba con un total de 58 estudiantes inscritos durante el período 97-II. Los alumnos habían aprobado aproximadamente el 25 % de los créditos del plan de estudios de esta especialidad. La mortalidad estadística de la muestra se ubicó en 22,41 %, lo que redujo su tamaño a 45 estudiantes. La edad del grupo, constituido mayoritariamente por hembras (73,5%), se ubicó entre 17 y 39 años con promedio de 21 años y desviación típica de 3,7 años.

### **VARIABLES OPERACIONALIZADAS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN**

Debido a que a través del diseño propuesto para esta investigación se prevé la

conformación de grupos para su contrastación, se procedió a la aplicación de algunos instrumentos de medición, a través de los cuales, atendiendo al puntaje obtenido, se realizaba la categorización de los estudiantes. A continuación se presentan los detalles de este procedimiento por variable

*Nivel de Desarrollo Mental (NDM).*

El instrumento utilizado para efectuar la clasificación de los estudiantes según esta variable fue el Test Grupal de Pensamiento Lógico (en inglés, group of assessment of logical thinking; GALT). Este Instrumento, el cual ha sido diseñado y utilizado para determinar la habilidad de razonamiento de los estudiantes, es una versión ligeramente modificada del test de Lawson para el razonamiento científico (Lawson, 1978, 1983). El coeficiente de confiabilidad para este test se ha estimado originalmente por cálculo de alfa de Cronbach en 0,78 (Lawson, 1978; Norman, 1997).

El test es una prueba de papel y lápiz de 12 ítemes, los cuales se presentan usando diagramas que ilustran problemas contextualizados, relacionados con conservación de masa, desplazamiento de volumen, control de variables, razonamiento proporcional, razonamiento probabilístico, razonamiento combinatorio y razonamiento correlacional. Los diez (10) primeros ítemes son de selección múltiple y los otros dos (2) de respuesta breve. La asignación de puntajes se efectuó con base en una escala de 0 a 24 puntos. Los estudiantes recibieron dos puntos cada vez que en los primeros diez ítemes marcaron acertadamente tanto la respuesta como la justificación a la respuesta y en los restantes se les asignaron dos puntos o una fracción equivalente cuando resolvían el planteamiento total o parcialmente.

Para la caracterización de la muestra según esta variable, se decidió utilizar una adaptación de la escala propuesta por Niaz y Robinson (1992). Se clasificaron como

empíricos los sujetos cuyos puntajes oscilaron entre 0 y 6,99 puntos. Aquellos que alcanzaron puntajes entre 7 y 12,99 fueron referidos como transicionales. Ningún estudiante fue clasificado como pensador hipotético ya que no se encontraron valores entre 13 y 24 puntos.

*Habilidad Verbal (HV).*

La clasificación de los estudiantes según esta variable se realizó tomando como criterio el valor de la mediana de los puntajes obtenidos por los estudiantes en el Test de Aptitud Diferencial (TAD). Se debió recurrir a este criterio de clasificación debido a que los estudiantes que conformaron la muestra alcanzaron puntajes bastante bajos (entre 8 y 36 puntos) en la escala de 1 a 50 que se utiliza para medir la prueba. Se estableció entonces, que los estudiantes con puntajes inferiores a la mediana (md =15 pto) serían clasificados como de habilidad verbal baja, mientras que aquellos con puntajes iguales o superiores a la mediana se considerarían de habilidad verbal media.

La prueba en cuestión (TAD) es un instrumento elaborado y estandarizado por Bennett, Seashore y Wesman (1966), con la finalidad de medir las habilidades de los estudiantes de nivel medio o universitario. En el estudio sólo se utilizó el sub-test de razonamiento verbal que mide la capacidad para abstraer, comprender y generalizar conceptos a través una prueba de papel y lápiz de cincuenta reactivos de selección simple.

En cuanto a la confiabilidad del test, ésta se ha estimado en valores de 0,70 (Anastasi, 1978) y 0,63 (Pérez, 1993), con el método de Kuder-Richardson,

*Nivel de Desempeño en la Elaboración de Mapas de Conceptos (MAP).*

La caracterización de la muestra según esta variable se efectuó tomando como

criterio el nivel de desempeño de los estudiantes en la construcción de los mapas de conceptos (MC). Se estableció que aquellos que obtuviesen puntajes inferiores a la mediana ( $md = 34$  puntos) serían clasificados como de nivel de desempeño bajo; mientras que quienes alcanzasen puntajes superiores o iguales a la mediana, se ubicarían en el nivel medio alto. Ningún estudiante pudo ubicarse en la categoría de “desempeño alto” por lo que ésta quedó desierta; sin embargo, se decidió recurrir a la categorización “desempeño medio alto” para distinguir a algunos estudiantes que alcanzaron puntajes superiores a ochenta.

Los mapas fueron evaluados en una escala de 1 a 100, usando como patrón de corrección el método propuesto por Markham, Mintzes y Jones (1994). Este consiste en asignar puntajes a las representaciones conceptuales de los estudiantes, tomando en cuenta el número de conceptos, palabras conectoras, niveles jerárquicos y entrecruzamientos, y multiplicando cada uno de estos por un factor, según el caso. Se asignó un (1) punto por cada concepto, cada relación válida y cada ejemplo presentado; un (1) punto por la primera ramificación y tres (3) puntos por cada una de las siguientes ramificaciones del mapa elaborado; cinco (5) puntos por cada jerarquía en el mapa; diez (10) puntos por cada conexión cruzada.

#### *Desempeño en la Resolución de Problemas (RP).*

El nivel de desempeño fue estimado a través de los puntajes obtenidos por los estudiantes en la Prueba de Resolución de Problemas (PRP). Dicha prueba fue diseñada y validada localmente por el investigador con esta finalidad. La PRP es una prueba de papel y lápiz de 16 ítems, divididos en dos partes. La primera, contiene reactivos de selección simple; mientras que los de la segunda, por ítems de respuesta

abierta, en los que se requiere que el estudiante reflexione y utilice el patrón de razonamiento adecuado para solucionar la situación problemática que se plantea.

La prueba se corrigió dentro de un rango de 1 a 40 puntos. Se adjudicaban dos puntos por respuesta correcta para cada uno de los ítemes de la parte uno; y en la segunda parte, cuatro puntos por cada respuesta completa o una fracción equivalente en correspondencia con el avance alcanzado en la resolución de la situación propuesta.

Esta prueba fue validada mediante el juicio de once (11) expertos del IPC: dos (2) profesores de metodología, seis (6) profesores de Química al nivel de pregrado, y tres (3) profesores que cursan estudios de maestría en el subprograma de enseñanza de la Química.

El índice de confiabilidad se calculó según el método de Kuder-Richardson y se estimó un valor de 0,60., valor ubicado dentro del rango de aceptación propuesto por Gronlund (1982) para las pruebas de logro elaboradas por los docentes.

### **Procedimiento.**

El estudio se desarrolló durante el segundo semestre del año 1997. El procedimiento consistió en la realización de las siguientes actividades con todos los estudiantes de la muestra:

1. Aplicación del TAD durante la tercera semana del semestre.
2. Aplicación del GALT durante la cuarta semana del semestre.
3. Entrenamiento de los estudiantes en la construcción de mapas de conceptos durante las tres semanas siguientes a la aplicación de las pruebas. Este fue realizado por un experto en el tema, quien dedicó dos horas semanales a la tarea. Durante este

tiempo se asignaron mapas sobre tópicos relacionados con el curso de Fundamentos de Química.

4. Revisión y devolución de los mapas asignados con la finalidad de introducir las recomendaciones pertinentes en cuanto a su construcción y corregir fallas conceptuales.

5. Desarrollo de los contenidos, discusión de aspectos teóricos y resolución de problemas relacionados con el tópico de soluciones.

6. Asignación de un mapa que incluyera los aspectos más resaltantes sobre el tema de disoluciones.

7. Corrección del mapa de conceptos elaborado por los estudiantes.

8. Aplicación de la Prueba de Resolución de Problemas.

9. Corrección de la prueba y tabulación de los datos obtenidos para su procesamiento.

### **Tratamiento de los Datos.**

Los datos se analizaron estadísticamente utilizando el Programa SPSS para Windows, versión 6.1. Dicho programa fue utilizado para calcular la estadística descriptiva de los grupos conformados según los criterios de la investigación, y también, para realizar un análisis de varianza a través de la técnica de regresión múltiple con la finalidad de contrastar las hipótesis planteadas.

## **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

Se realizó un análisis descriptivo de los puntajes obtenidos por los estudiantes en cada uno de los instrumentos aplicados en este estudio. En el cuadro 1 se muestra un resumen de los estadísticos calculados entre los que se incluyen: la media ( $\bar{x}$ ), la

desviación típica (s), el coeficiente de variación (cv) y los valores mínimo y máximo de estos puntajes. Lo cual, según el criterio de Morles, Valbuena y Muñoz (1983), corresponde a la categoría de datos “muy heterogéneos”.

Puede observarse en el cuadro que los valores del cv calculados para todas las variables en estudio son altos y oscilan entre 39,60 y 49,40 %. De allí, se puede deducir que la muestra presenta gran variabilidad lo cual garantiza que probablemente habrá representación de cada una de las categorías que se generen para cada variable.

**Cuadro 1.**

**Resultados del análisis de los puntajes para cada uno de los instrumentos de medición usados en la investigación.**

<i>Variable e Instrumentos</i>	<i>Escal a</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	<i>cv (%)</i>	<i>Valor Mínimo</i>	<i>Valor Máximo</i>
NDM GALT	1-24	7,97	3,26	40,90	1,10	18,00
HV TAD	1-50	17,00	6,73	39,59	8,00	36,00
MAP MC	1-100	40,10	19,81	49,40	13,00	94,00
RP PRP	1-40	18,67	9,11	48,79	2,00	40,00

Además, cabe destacar que cuando se compara el rango de los puntajes establecidos para evaluar cada variable con las medias obtenidas, se observa una tendencia marcada hacia puntajes muy bajos en todos los casos. Estas consideraciones podrían utilizarse para adelantar la posibilidad de que un gran porcentaje de estudiantes se encuentre clasificado en los niveles más bajos de las variables.

A continuación, en el cuadro 2, se presenta el resultado del comportamiento de cada uno de los grupos en cuanto a la variable resolución de problemas. El cuadro incluye los valores del análisis descriptivo, según las categorías de las variables en estudio.

**Cuadro 2.**

**Análisis descriptivo de los puntajes de la PRP (escala 1-40) por niveles de las diferentes variables.**

		Nivel de Desarrollo Mental			
		NDM <sub>1</sub>		NDM <sub>2</sub>	
		Habilidad Verbal		Habilidad Verbal	
		HV <sub>1</sub>	HV <sub>2</sub>	HV <sub>1</sub>	HV <sub>2</sub>
<b>MAP<sub>1</sub></b>		n = 8	n = 5	n = 6	n = 4
		$\bar{x} = 12,37$	$\bar{x} = 12,20$	$\bar{x} = 16,83$	$\bar{x} = 11,50$
		s = 6,92	s = 6,09	s = 10,59	s = 8,96
		cv = 56%	cv = 50 %	cv = 63%	cv = 78%
<b>Nivel de Desempeño en Mapas de Conceptos</b>	<b>MAP<sub>2</sub></b>	n = 3	n = 6	n = 4	n = 9
		$\bar{x} = 20,00$	$\bar{x} = 23,16$	$\bar{x} = 15,75$	$\bar{x} = 26,44$
		s = 6,00	s = 9,17	s = 4,34	s = 6,71
		cv = 30%	cv = 40 %	cv = 28 %	cv = 25 %

Nota: NDM<sub>1</sub>= Empíricos; NDM<sub>2</sub> = Transicionales; HV<sub>1</sub> = Baja; HV<sub>2</sub>= Media MAP<sub>1</sub>= Bajo; MAP<sub>2</sub>= Medio Alto

En el cuadro se aprecia, que a partir de la combinación de los diferentes niveles de las variables independientes, se conformaron ocho grupos, tal como se anticipaba según arreglo factorial  $2^3$ . Los grupos conformados resultaron ser "muy heterogéneos", de nuevo según el criterio de Morles, Valbuena y Muñoz (1983).

### **Análisis de Varianza.**

Para atender a lo planteado en las hipótesis de investigación, se tomaron en cuenta las consideraciones de Snedecor y Cochran (1972) para arreglos factoriales no balanceados. A tal efecto, se consideró pertinente realizar un análisis de varianza a través de técnicas de regresión (Clemente, 1994). Este análisis seleccionado permite tratar estadísticamente los resultados tomando en cuenta el efecto de las variables independientes (factores) y la interacción entre ellas. Además, la técnica suele ser útil cuando se tienen dos o más variables categóricas.

A continuación se presenta el análisis de los datos, realizado atendiendo a lo propuesto por este autor. Para tal fin, se plantearon ecuaciones que representan modelos jerárquicos de regresión y facilitaron el análisis de varianza.

La primera ecuación de regresión incluye siete etapas en las que se considera el efecto de las variables independientes y los términos de interacción entre ellas.

La segunda ecuación contempla tres etapas, ya que sólo se considera el efecto de los factores principales (los cuales se introducen en un orden diferente al considerado en la primera ecuación) sin tomar en cuenta los términos de interacción entre ellos.

Por último, se presentan las tres etapas del modelo de regresión propuesto, en el cual solamente se incluyeron los factores o términos de interacción que contribuyen significativamente a la predicción de la variable dependiente.

### Primera Ecuación de Regresión

Los resultados del primer análisis se muestran en el cuadro 4.

#### Cuadro 4.

#### Resultados encontrados a partir de la primera ecuación de regresión.

<i>Etapa</i>	<i>Variable</i>	<i>R<sup>2</sup></i>	<i>Cambio en R<sup>2</sup></i>	<i>Cambio en F</i>
1	MAP	0,272	0,272	16,114 **
2	HV	0,287	0,014	0,835
3	NDM	0,295	0,008	0,504
4	MAP –HV	0,365	0,070	4,371 *
5	MAP-NDM	0,367	0,002	0,116
6	HV-NDM	0,372	0,005	0,021
7	MAP-HV-NDM	0,395	0,023	0,691

ANAVA				
<i>Etapa</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>
1	989,219	1	989,219	16,11 **
2	1040,647	2	520,323	8,44 **
3	1072,085	3	357,362	5,73 **
4	1323,963	4	330,991	5,74 **
5	1324,214	5	264,843	4,48 **
6	1349,298	6	224,883	3,74 **
7	1432,486	7	204,641	3,44 **

Nota: (\*) significativo para un nivel de 0,05  
 (\*\*) significativo para un nivel de 0,01

Estos resultados permiten apreciar que estos siete predictores explican en conjunto el 39,5 % de la varianza del nivel de logro alcanzado por los estudiantes en la prueba de resolución de problemas. Además, es importante resaltar que la adición al modelo de las variables HV y NDM, así como la inclusión de las interacciones MAP-NDM, HV-NDM y MAP-HV-NDM, no introducen cambios importantes en el valor de  $R^2$ . Esto podría sugerir que no es imprescindible considerarlas para explicar la variabilidad de las calificaciones obtenidas por los estudiantes en la PRP. Sólo la variable MAP y la interacción correspondiente MAP-VER, revelaron significación estadística

Así mismo, en el análisis de varianza se observa que el valor de F en cada una de las etapas es altamente significativo, lo cual indica la adecuación del modelo de regresión que incluye estos siete predictores.

### Segunda Ecuación de Regresión

Los resultados de este análisis donde sólo se toma en cuenta las variables independientes se muestran el cuadro 5.

#### Cuadro 5.

##### *Resultados obtenidos para la segunda ecuación de regresión.*

<i>Etapa</i>	<i>Variable</i>	<i>R<sup>2</sup></i>	<i>Cambio en R<sup>2</sup></i>	<i>Cambio en F</i>
1	HV	0,071	0,071	3,271
2	MAP	0,281	0,216	12,725 **
3	NDM	0,295	0,009	0,504

ANAVA				
<i>Etapa</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>

1	256,514	1	256,514	3,271 *
2	1040,647	2	520,323	8,44 **
3	1072,085	3	357,362	5,77 **

Nota: (\*) significativo para un nivel de 0,05

(\*\*) significativo para un nivel de 0,01

Los resultados indican que estos predictores explican en conjunto un 29,5 % de la varianza de la prueba de resolución de problemas. Asimismo, nuevamente en este modelo se observa que la inclusión de las variables HV y NDM no aportan cambios significativos en el valor de  $R^2$ ; lo que parece confirmar que no es imprescindible considerarlas para explicar la variabilidad de las calificaciones logradas por los estudiantes en la PRP.

Una vez más, el ANAVA indicó de acuerdo con el valor del estadístico F, que el modelo de regresión que incluye como predictores a las variables VER, MAP y NDM es apropiado para explicar la variabilidad de las calificaciones obtenidas por los estudiantes en la PRP.

De acuerdo a lo encontrado a partir de las dos ecuaciones de regresión utilizadas, se decidió que el modelo de regresión a retener es aquel que sólo contempla el efecto de los factores o los términos de interacción entre factores que aportan cambios significativos a la predicción de la variable independiente.

### **Análisis de Regresión para el Modelo Propuesto**

El modelo de regresión que se propone en la presente investigación solamente toma en cuenta las variables MAP Y HV y la interacción entre estas variables (MAP-HV). Los resultados se presentan en el cuadro 6.

**Cuadro 6**

**Resultados obtenidos en el análisis de regresión para el modelo propuesto.**

<i>Etapa</i>	<i>Variable</i>	<i>R<sup>2</sup></i>	<i>Cambio en R<sup>2</sup></i>	<i>Cambio en F</i>
1	MAP	0,272	0,272	16,11 **
2	HV	0,287	0,014	0,835
3	MAP-HV	0,356	0,070	0,070 *

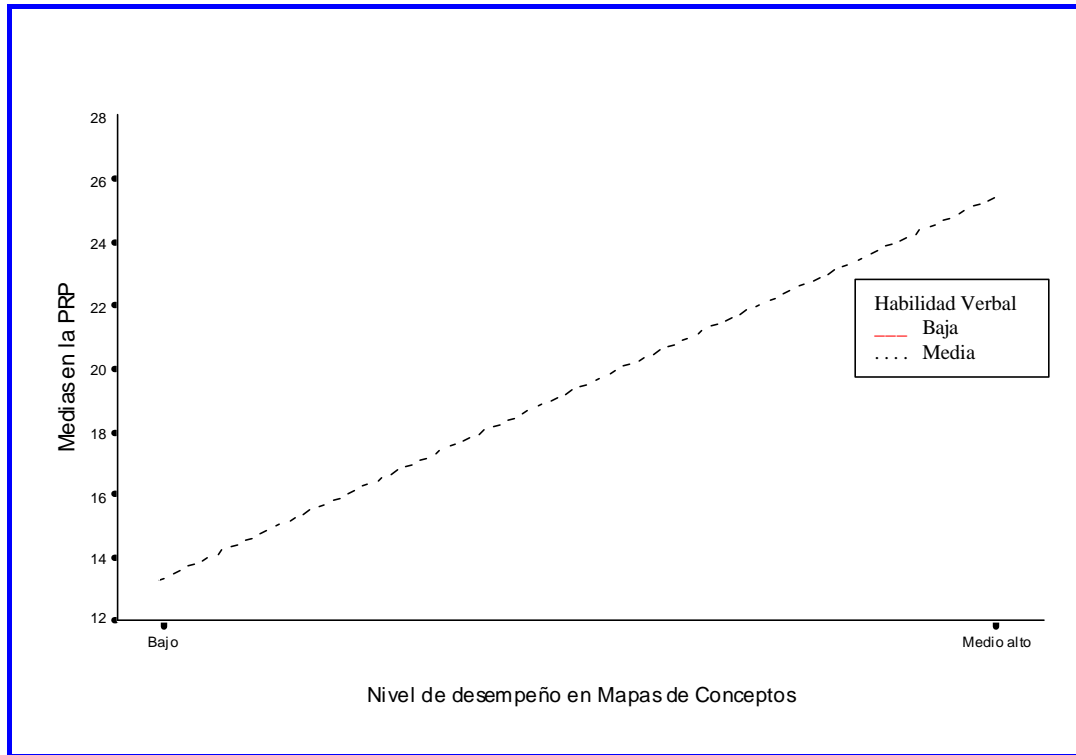
ANAVA				
<i>Etapa</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>
1	989,219	1	989,219	16,11 **
2	1040,647	2	520,323	8,44 **
3	1293,506	3	431,202	7,57 **

Nota: (\*) significativo para un nivel de 0,05  
 (\*\*) significativo para un nivel de 0,01

Estos resultados muestran que el modelo propuesto en esta investigación, el cual considera los dos factores y su interacción, permite explicar un 35,6 % de la varianza del nivel de logro alcanzado por los estudiantes en la prueba de resolución de problemas. Además, el ANAVA sugiere la adecuación estadística de este modelo de regresión que contempla como predictores las variables MAP, HV y el término de interacción MAP-HV para explicar la variabilidad de los estudiantes en cuanto a la resolución de problemas.

Debido a que la incorporación de la interacción MAP-HV produce un cambio significativo en el valor de  $R^2$  a un nivel inferior al 5 %, se consideró importante indagar un poco más acerca esta relación. A tal fin se incluye el gráfico 1, donde se observa la diferencia en la pendiente de las líneas que representan las medias obtenidas en la

PRP por sujetos que poseen diferentes niveles de desempeño en la elaboración de mapas de conceptos y dos niveles diferentes de habilidad verbal.



**Gráfico 1. Medias obtenidas en la PRP por grupos de estudiantes organizados según las variables MAP y HV.**

En el gráfico se observa una relación positiva entre el Nivel de Desempeño para la elaboración de mapas de conceptos y la resolución de problemas, la cual es más acentuada para los grupos que poseen habilidad verbal media alta.

Asimismo, se puede apreciar que los estudiantes con nivel medio alto en la elaboración de mapas de conceptos, alcanzaron medias bastante diferentes en la prueba de resolución de problemas. Los resultados siguen la misma tendencia que la habilidad verbal; así los estudiantes con habilidad verbal media obtuvieron puntajes más altos en la PRP respecto a los estudiantes con habilidad verbal baja.

Por otra parte, al explorar el caso de los estudiantes clasificados en el nivel bajo

en cuanto al desempeño en la elaboración de mapas de conceptos, se observa que las medias obtenidas en la PRP son muy bajas y similares para las dos categorías de habilidad verbal, lo cual sugiere que estos estudiantes alcanzaron resultados comparables, independientemente de sus diferencias en habilidad verbal.

Los análisis efectuados hasta este punto permitieron esbozar las siguientes consideraciones:

En cuanto a la Hipótesis 1, los resultados del estudio la confirmaron al encontrarse diferencias significativas para la resolución de problemas entre estudiantes con diferentes niveles de desempeño en la elaboración de mapas de conceptos. Se evidenció que grupos de estudiantes con nivel de desempeño medio alto en la elaboración de mapas de conceptos, obtuvieron mayores puntajes en la resolución de problemas respecto a los grupos con nivel de desempeño bajo. Así mismo, el análisis de los datos puso de manifiesto el gran poder predictivo de esta variable sobre la Resolución de Problemas.

Estos resultados son consistentes con los de numerosos autores quienes han destacado la importancia de considerar la Elaboración de Mapas de Conceptos como una medida de integración y asimilación de los nuevos conceptos dentro de la estructura cognitiva existente. Dicha integración simplifica la organización de los conocimientos y facilita la resolución de problemas (Bunce, Gabel y Samuel, 1991; Lee, 1985; Lythcott, 1990; Nurrenbern y Pickering, 1987; Pankratius, 1990).

Por otra parte, los resultados son consistentes con los reportados en el medio venezolano por Solórzano (1985, 1988,1990); Pérez (1993) y Rodríguez (1995), quienes han encontrado que en definitiva, los Mapas de Conceptos parecen proporcionar una estructura organizada del conocimiento favoreciendo el aprendizaje

de los estudiantes. Asimismo, estos resultados concuerdan con los hallazgos de González-Romero (1991); Rada (1993) y Rada y González-Romero (1994), quienes a través de sus estudios evidenciaron el poder predictivo de los mapas de conceptos sobre la resolución de problemas, e indicaron que de alguna manera la tarea de construcción de mapas de conceptos parece facilitar la estructuración útil de los conceptos, para luego ser empleados durante la resolución de problemas.

En relación con la hipótesis 2, se puede afirmar que no fue confirmada. Se esperaba, de acuerdo con la revisión de trabajos previos, que las diferencias en los patrones de razonamiento de los sujetos produjeran una actuación diferencial de los mismos frente a la resolución de problemas; sin embargo, aun cuando los grupos ubicados en los niveles mas altos de esta variable, obtuvieron mayores promedios en la resolución de problemas, estas diferencias no fueron significativas. Los resultados no apoyaron lo encontrado por Rada (1993) y Rada y González-Romero (1994). Ellas reportaron que el Nivel de Desarrollo Mental estaba positiva, moderada y significativamente asociado con la Resolución de Problemas.

No obstante, se debe resaltar la tendencia encontrada en este estudio, según la cual los grupos de estudiantes categorizados en los niveles más altos de la variable alcanzaron mayores puntajes en la prueba de resolución de problemas. Esto sustenta (aunque no de manera estadística) los resultados reportados por otros investigadores, que refieren la alta correlación entre la habilidad de razonamiento y el aprendizaje en ciencias, lo cual apoya la teoría del nivel de desarrollo mental (Bitner, 1991; Johnson y Lawson, 1998; Lawson y otros, 1991; Niaz y Lawson, 1985; Norman, 1997).

Los resultados del análisis tampoco apoyaron la hipótesis 3. Aun cuando los estudiantes con habilidad verbal media se desempeñaron mejor en la resolución de

problemas con respecto a los de habilidad verbal baja, la falta de significación estadística al comparar las medias de estos grupos, pareciera apoyar la idea de que el desempeño de los estudiantes en la resolución de problemas es independiente de su habilidad verbal. Esto contrasta con lo expresado por los autores quienes mantienen que la habilidad verbal es un factor determinante para el aprendizaje y en consecuencia, sugieren la alta relación positiva entre el desarrollo verbal, la formación de estructuras verbales y la representación o esquema del problema durante su resolución; mientras que la deficiencia en el área verbal podría entorpecer la realización de esta última tarea (Morillo, 1990; Puente, 1989; Serra y Caballer, 1997).

No obstante, a pesar de que estos resultados no fueron estadísticamente significativos entre grupos con diferentes niveles de habilidad verbal, debe destacarse la relación encontrada entre el nivel de desempeño en la elaboración de mapas de conceptos y la habilidad verbal. Esta interacción parece condicionar a los estudiantes en su desempeño frente a la resolución de problemas, observándose que aquellos que poseen mejores niveles de habilidad verbal y mejores destrezas para la elaboración de mapas de conceptos son mejores también al resolver los problemas.

Finalmente, en cuanto a la hipótesis 4, los resultados de esta investigación la confirmaron, pues al contrastar el comportamiento de las variables independientes como predictoras de la variable resolución de problemas se encontró que de las tres variables, sólo el nivel de desempeño en la elaboración de mapas de conceptos contribuye significativamente a esta predicción. Tal como se estableció en párrafos precedentes, estos hallazgos son consistentes con los reportados por numerosos investigadores nacionales e internacionales, quienes en los últimos tiempos han resaltado la importancia de los mapas de conceptos para mejorar el aprendizaje y han

demostrado correlaciones significativas entre los mapas de conceptos y la resolución de problemas (Camacho y Good, 1989; Flores, 1995; Mayer, 1975; Pérez, 1993; Reif y Heller, 1982; Rodríguez, 1995; Schmidt y Telaro, 1990; Solórzano, 1985,1988,1990).

En síntesis, la resolución de problemas suele ser un proceso complejo, influenciado por muchas variables, propias de la persona, relacionadas con la tarea y debidas a las condiciones bajo las cuales se ejecuta la tarea. Debe quedar claro que esta investigación representa sólo un estudio exploratorio, en el que se han tomado en cuenta un reducido número de factores, por lo que sus resultados deben verificarse utilizando muestras más numerosas de estudiantes de química y probablemente de otras ciencias.

### **CONCLUSIONES**

En forma general se encontraron diferencias significativas en el desempeño relativo a la resolución de problemas entre grupos de estudiantes de diferente niveles de las variables en estudio. Sin embargo, se debe destacar que el nivel de desempeño en la elaboración de mapas de conceptos resultó ser el mejor predictor de la variable resolución de problemas. Este resultado es coherente con otros reportados en estudios previos, donde se resalta la utilidad de los mapas de conceptos como herramientas valiosas adaptables a múltiples propósitos.

Por otra parte, tanto la habilidad verbal como el nivel de desarrollo mental no mostraron ser factores que establecen diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la resolución de problemas. No obstante, las tendencias encontradas sirven para sustentar lo expresado por algunos investigadores quienes refieren asociaciones importantes entre estas variables y la resolución de problemas. Además, es

interesante el hallazgo de una interacción significativa entre el nivel de desempeño en la elaboración de mapas de conceptos y la habilidad verbal, lo cual puede explicarse si se toma en cuenta que la elaboración de los mapas de conceptos requiere la selección de las ideas relevantes de un texto y la posterior incorporación de éstas dentro de una estructura organizada y jerárquica. Este proceso está muy relacionado con la habilidad verbal por lo que es lógico esperar que la habilidad esté a su vez relacionada con la capacidad de los individuos para comprender y organizar conceptos.

Los resultados de la investigación sugieren la necesidad de seguir acumulando evidencias en relación a la versatilidad de los mapas de conceptos como instrumento de investigación de los procesos vinculados a niveles elevados de razonamiento y a la resolución de problemas en ciencias; así como otras variables relativas al procesamiento de información.

## REFERENCIAS

- Adamczyk, P., Willson, M y Williams, D. (1994). Concept mapping: A multi-level and multi-purpose tool. *School Science Review*, 76 (275), 116-124.
- Anastasi, A. (1978). *Test Psicológicos*. España: Aguilar.
- Austin, L. and Shore, B. (1995). Using concept mapping for assessment in physics. *Physics Education*. 30 (1) 41-45-
- Ausubel, D. (1976). *Psicología Educativa: Un enfoque cognoscitivo*. México: Trillas. Traducción de Educational Psychology: A Cognitive view. New York: Holt, Rinehart y Winston, Inc., 1968.
- Bennett, G., Seashore, H., y Wesman, A. (1966). *Tests de aptitud diferencial: Manual de instrucciones*. Editado por el Colegio Americano de Guatemala. Cuarta Edición.
- Bird, E. y Welford, G. (1995). The effect of language on the performance of second-language students in science examinations. *Science Education*, 17(3), 389-397.

- Bitner, B. (1991). Formal operational reasoning modes: Predictors of critical thinking abilities and grades assigned by teachers in science and mathematics for students in grades nine through twelve. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (3), 265-274.
- Bolte, L.A. (1997). Assessing mathematical knowledge with concept maps and interpretive essays. *Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association*. Chicago, IL, March 24.
- Botton, C. (1995). Collaborative concept mapping and formative assessment key stage 3: Understandings of acids and bases. *School Science Review*, 77 (279), 124 -131.
- Briscoe, C., y Ulerick, S. (1991). Meaningful learning in College Biology through concept mapping. *The American Biology Teacher*, 53 (4), 214-219.
- Bunce, D., Gabel, D. y Samuel, K. (1991). Enhancing chemistry problem-solving achievement using problem categorization. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 ( ), 505-521.
- Camacho, M. y Good, R. (1989). Problem solving and chemical equilibrium: successful versus unsuccessful performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 26 (3), 251-272.
- Cavallo, A.M.L. (1996). Meaningful learning, reasoning ability and students' understanding and problem solving of topics in genetics. *Journal of Research in Science Teaching*. 33 (6) 625-656.
- Cesarone, B. (1996). Piagetian perspectives on children's cognitive development. *Childhood Education*. 72 (5) 311-313.
- Clemente, J. (1994). *SPSS+para Dos*. Caracas: FEDUPEL.
- Dawson, C. (1993). Chemistry in concept. *Education in Chemistry*, 30 (3), 73-75.
- Ebenezer, J. (1992). Making chemistry learning more meaningful. *Journal of Chemical Education*, 69 (6), 464-467.
- Escaño, J., y Gil de la Serna, M. (1993). El mapa conceptual: Un recurso para el alumno y el profesor. *Aula de Innovación Educativa*, (14), 77-83.
- Fleener, J., y Marek, E. (1992). Testing in the learning cycle. *Science Scope*, 15 (6), 48-49.
- Flores, J. (1995). *Efecto del uso de los mapas de conceptos sobre el aprendizaje de un texto en diferentes etapas de la lectura*. Trabajo de grado de maestría no publicado, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas, Caracas.

- Ford, M. (1995). The modes of mental representation and problem solution in syllogistic reasoning. *Cognition*.54 (1) 1-71.
- Frederikse, J.; White, B.Y.; and Gutwill, J. (1999). Dynamic mental models in learning science: the importance of constructing derivational linkages among models. *Journal of Research in Science Teaching*. 36 (7), 806-836.
- Gabel, D. (1989). Problem solving in chemistry. En M. Gabel (comp.), *What research says to the science teacher: Problem solving*, (vol., 5, pp. 83-96). N. Y: National Science Teachers Association.
- Gascón, J. (1985). El aprendizaje de la resolución de problemas de planteo algebraico. *Investigación y Experiencias Didácticas*, 3 (1), 18-27.
- Gobert, J. and Discenna, J. (1997). The relationship between students' epistemologies and model-based reasoning. *Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association*. Chicago, IL, March 28.
- González Romero, M. (1991). El uso de mapas de conceptos como herramienta diagnóstica predictiva en un curso de equilibrio químico. *Informe de Investigaciones Educativas*, 5 (1-2), 85-89.
- Gronlund, N. (1982). *Elaboración de test de aprovechamiento*. México: Trillas.
- Hafner, R. and Stewart, J. (1995). Revising explanatory models to accommodate anomalous genetic phenomena: problem solving in the "context of discovery". *Science Education*. 79 (2), 111-146.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (1991). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill Interamericana S.A.
- Herron, J. (1996). *The chemistry classroom. Formules for successful teaching*. Washington, DC: The American Chemical Society.
- Johnson, M. y Lawson, A. (1998). What are the relative effects of reasoning ability and prior knowledge on biology achievement in expository and inquiry classes. *Journal of Research in Science Teaching*, 35 (1), 89-103.
- Kerlinger, F. (1981). *Investigación del Comportamiento*. (2a. ed.). México: Nueva Editorial Interamericana.
- Kim, Y.; Germann, P.; and Patton, M.(1998). Study of concept maps regarding the nature of science by preservice secondary science teachers. *Paper presented at the Annual Meeting of the National Science Teachers Association*. Las Vegas, NV, April 16-19.

- Koch, A. y Eckstein, S. (1995). Skills needed for reading comprehension of physics texts and their relation to problem-solving ability. *Journal of Research in Science Teaching*, 32 (6), 613-628.
- Larson, J. (1997). Constructing understandings of the mole concept: interactions of chemistry text, teacher and learners. *Paper presented at the Annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. 70<sup>th</sup>, Oak Brook, IL, March 21-24.
- Lawson, A. (1978). The development and validation of a classroom test of formal reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 15 (1), 11-24.
- Lawson, A. (1983). Predicting science achievement: The role of developmental level, disembedding ability, mental capacity, prior knowledge, and beliefs. *Journal of Research in Science Teaching*, 20 ( ), 117-129.
- Lawson, A., McElrath, C., Burton, M., James, B., Doyle, R., Woodward, S., Kellerman, L. y Snyder, J. (1991). Hypothetico-deductive reasoning skill and concept acquisition: testing a constructivist hypothesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (10), 953-970.
- Lebowitz, S.J. (1998). Use of Vee maps in College Science Laboratory. *Paper presented at Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. 71<sup>st</sup>, San Diego, CA, April 19-22, 1998.
- Lee, K. (1985). Cognitive variables in problem solving in chemistry. *Research in Science Education*, 15 ( ), 43-50.
- Lejter de Bascones, J. (1990). *Instrucción y aprendizaje significativo*. Caracas: Ediciones Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- Lopes, B. y Costa, N. (1996). Modelo de enseñanza-aprendizaje centrado en la resolución de problemas: fundamentación, presentación e implicaciones educativas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (1), 45-61.
- Lythcott, J. (1990). Problem solving and requisite knowledge of chemistry. *Journal of Chemical Education*, 67 (3), 248-252.
- Maldonado, E., y Alvarez, H. (1992). Mapping out students abilities. *Science Scope*, 15 (6), 41-42.
- Markham, K., Mintzes, J. Y Jones, M. (1994). The concept map as a research and evaluation tool: further evidence of validity. *Journal of research in Science Teaching*, 31 (1), 91-101.
- Mayer, R. (1975). Information processing variables in learning to solve problems. *Review of Educational Research*, 59 ( ), 43-64.

- Moreira, M. (1988). Mapas conceptuales en la enseñanza de la física. *Contacto*, 3(2), 38-57.
- Moreira, M., y Takeko, G. (1985). Mapas conceptuales como recursos instruccionales en la enseñanza de la física. *Enseñanza de las Ciencias*. (Número Extra), 14.
- Morles, V., Valbuena, A. y Muñoz, L. (1983). *Manual sobre las pruebas de rendimiento escolar*. Caracas: Colegial Bolivariana, C.A.
- Morillo, R. (1990). Influencia del lenguaje en el rendimiento académico de los alumnos de la tercera etapa de la escuela básica "Josefina de Lizarzabal". *Investigaciones Educativas*, 10 (3), 05-07.
- Nakhleh, M. (1992). Why some students don't learn chemistry. *Journal of Chemical Education*, 69 (3), 191-196.
- Niaz, M. (1996). How students circumvent problem-solving strategies that require greater cognitive complexity. *Journal of College Science Teaching*, 25 (5), 361-363.
- Niaz, M. y Lawson, A. (1985). Balancing chemical equations: The role of developmental level and mental capacity. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(1), 41-52.
- Niaz, M. y Robinson, W. (1992). Manipulation of logical structure of chemistry problems and its effect on student performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (3), 211-226.
- Noh, T and Scharmann, L.C. (1997). Influence of a Molecular-Level Pictorial Presentation of Matter on students' conceptions and problem-solving ability. *Journal of Research in Science Teaching*. 34 (2) 199-217.
- Norman, O. (1997). Investigating the nature of formal reasoning in chemistry: testing Lawson's multiple hypothesis theory. *Journal of Research in Science Teaching*, 34 (10), 1067-1081.
- Novak, J. (1976). Understanding the learning process and effectiveness of teaching methods in the classroom, Laboratory and field. *Science Education*, 60 (4), 493-512.
- Novak, J. (1991a). Ayudar a los alumnos a aprender como aprender: La opinión de un profesor-investigador. *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (3), 215-228.
- Novak, J. (1991b). Clarify with concept maps: a tool for students and teachers alike. *The Science Teacher*, 62 (2), 45-49.
- Novak, J. (1993). How do we learn our lesson? *The Science Teacher*, 60 (3), 51-55.
- Novak, J., y Gowin, D. (1988). *Aprendiendo a Aprender*. Madrid: Martínez Roca.

- Novak, J., Gowin, D., y Johansen, G. (1983). The use of concept mapping and knowledge vee mapping with junior high school science students. *Science Education*, 67 (5), 625-645.
- Nurrembern, S. Y Pickering, M. (1987). Concept learning versus problem solving: is there a difference?. *Journal of American Educational Research*, 64 ( ), 508-510.
- Odom, A. y Kelly, P. (1998). Making learning meaningful. *The Science Teacher*, 65 (4), 33- 37.
- Pankratius, W. (1990). Building an organized knowledge base: Concept mapping and achievement in secondary school physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(4), 315-333.
- Pendley, B., Bretz, R., y Novak, J. (1994). Maps as a tool to assess learning in chemistry . *Journal of Chemical Education*, 71 (1), 9-15.
- Pérez, M. (1993). *Efecto de los mapas de conceptos en el aprendizaje de estudiantes de séptimo grado con distintos niveles de razonamiento verbal*. Trabajo de grado de maestría no publicada, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas, Caracas.
- Poggiolli, L. (1989). Estrategias cognoscitivas: Una revisión teórica y empírica. En puente, a., poggiolli, l., y navarro, a. (comp.). *Psicología Cognoscitiva*, (pp. 277-324). Caracas: Torino.
- Puente, A. (1989). Solución de problemas: procesos, estratetegias e implicaciones. En Puente, A., Poggiolli, L., y Navarro, A. (comp.), *Psicología Cognoscitiva*, (pp. 223-266). Caracas: Torino.
- Rada, I. (1993). *Relación entre la dependencia-independencia de campo, el nivel de desarrollo mental según Piaget y la elaboración de mapas de conceptos: Su influencia en la resolución de problemas de Química*. Trabajo de grado de maestría no publicada, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas, Caracas.
- Rada, I. , y González Romero, M. (1994). Mapas de conceptos y resolución de problemas en química: relaciones con el estilo cognoscitivo de aprendizaje y el nivel de desarrollo mental. *Revista de Investigación*, (40), 25-41.
- Ratcliffe, M. (1995). Redox mapped out. *Journal of Chemical Education*, 32 (1), 14-16.
- Reif, F. y Heller, J. (1982). Knowledge structure and problem solving in physics. *Educational Psychology*, 17 (2), 102-127.
- Robertson, I. (2000). Initiative problem solving: why transfer of learning often fails to occur. *Instructional Science*. 28 (4),263-289.

- Rodríguez, M. (1995). *Efecto de los mapas de conceptos y el estilo cognoscitivo de los estudiantes en el aprendizaje de Biología de octavo grado*. Trabajo de grado de maestría no publicado, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas, Caracas.
- Roth, W., y Bowen, M. (1993). Maps for more meaningful learning. *Science Scope*, 16 (4), 24-25.
- Serra, R. y Caballer, M. (1997). El profesor de ciencias también es profesor de lengua. *Alambique*, 12, 43-49.
- Schmid, R. y Telaro, G. (1990). Concept mappings as an instructional strategy for high school Biology. *Journal of Educational Research*, 84 (2), 78-85.
- Sheehan, J. y Tessmer, M. (1997). A construct validation of Mental Models Learning outcome using exploratory Factor Analysis. *Proceedings of selected research and development presentations at the 1997 National Convention of the Association for Educational Communications and Technology*. 19 th, Albuquerque, NM, February 14-18.
- Smith, C. y Unger, Ch. (1997). What's in Dots-per-box? Conceptual bootstrapping with stripped-down visual analogs. *Journal of the Learning Sciences*. 6 (2), 143-181.
- Snedecor, G. Y Cochran, W. (1972). *Statistical methods* (6a. ed.). Iowa: The Iowa State University Press.
- Solórzano, C. (1985). Efecto de los organizadores avanzados y los mapas de conceptos en el aprendizaje de textos. *Investigación Educativa*, 12(23), 41-51.
- Solórzano, C. (1986). Efectos de las características estructurales de los mapas de conceptos en el aprendizaje intencional e incidental de textos. *Investigación Educativa*, 13(28), 55-70.
- Solórzano, C. (1988). Dos variables que condicionan el aprendizaje: Los conocimientos de entrada y la organización de la nueva información. *Investigación Educativa*, 15(32), 33-42.
- Solórzano, C. (1990). *Las estrategias de aprendizaje y los conocimientos de entrada: Su influencia en niveles diferentes de aprendizaje*. Trabajo de Ascenso no Publicado, Instituto Pedagógico de Caracas.
- Suits, J.P. and Lagowski, J.J. (1994). Chemistry problem-solving abilities: Gender, reasoning level and computer-simulated experiments. *Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. Anaheim, C:A. March 26-29.
- Thomas, G. (1998). Classroom volcanology. *The Science Teacher*, 65 (5), 28-31.

- Tippins, D., y Fichtman, N. (1992). Culturally relevant alternative assessment. *Science Scope*, 15 (6), 50-53.
- Watters, J.J. and English, L.D. (1995). Children's application of simultaneous and successive processing in inductive and deductive reasoning problems: Implications for developing scientific reasoning skills. *Journal of Research in Science Teaching*, 32 (7), 699-714.
- Westbrook, S. (1998). Examining the conceptual organization of students in an integrated algebra and physical science class. *School Science and Mathematics*, 98 (2), 84-92.
- Williams, K., y Cavallo, A. (1995). Reasoning ability, meaningful learning and students understanding of physics concepts. *Journal of College Science Teaching*, 24 (5), 311-314.
- Woods, D. (1989). Problem solving in practice. En M. Gabel (comp.), *What research says to the science teacher: Problem solving* (vol. 5, pp. 97-121). N Y: National Science Teachers Association.
- Zimmerman, C. (2000). The development of scientific reasoning skills. *Developmental Review*. 20(1), 99-149.

## RESUMEN DEL CURRICULUM VITAE

**José N. Zabala Álvarez**

**CI: 5.325.110**

Contacto profesional: Instituto Pedagógico de Caracas. U.P.E.L. Departamento de Biología y Química. Cátedra de Química Analítica e Inorgánica. Piso 10. Torre Docente. Avenida Páez El Paraíso. Caracas.

Teléfono: 0414-3197592; e-mail: [jzabala@ipc.upel.edu.ve](mailto:jzabala@ipc.upel.edu.ve)

Profesor Asistente del Instituto Pedagógico de Caracas, adscrito a la Cátedra de Química Analítica e Inorgánica, actual Jefe de dicha cátedra. Cursando Estudios de Doctorado en Química Analítica de la Universidad Central de Venezuela. Magíster en Educación Mención Enseñanza de la Química del Instituto Pedagógico de Caracas (1999). Recibió reconocimiento a la labor académica por CONABA, convocatoria 1999-2000. Egresado con el título de profesor en la Especialidad de Ciencias Naturales mención Química del Instituto Pedagógico de Caracas (1989). Profesor de Química por horas en UE Colegio Nazaret (1988-1991); UE Colegio Santa Teresa (1990-1991); UEN José Manuel Nuñez Ponte (1990). Participante, facilitador y ponente en eventos, cursos y talleres relacionados con el área de la Química y de la enseñanza de la Química.

## RESUMEN DEL CURRICULUM VITAE

**María Elena González Romero**

**CI: 3.725.950**

Dirección de habitación: Conjunto Residencial El Paraíso. Torre I-C. Apto. 153. Av. Washington. El Paraíso. Caracas. Venezuela.

Contacto profesional: Instituto Pedagógico de Caracas. Departamento de Biología y Química. U.P.E.L.

Teléfono: 462-8554 y 0414-3326898; e-mail: [mgonzale@reacciun.ve](mailto:mgonzale@reacciun.ve)

Profesora Titular jubilada del Instituto Pedagógico de Caracas, adscrita a la Cátedra de Química Analítica e Inorgánica del Departamento de Biología y Química (1971-1996). Master of Science in Chemistry de la Universidad de Colorado (1979). Coordinadora de la Maestría en Educación Mención Enseñanza de la Química (1989-1997). Profesora de Metodología de la investigación a nivel de programas de maestría (desde 1990). Miembro del equipo de investigadores del Proyecto Interinstitucional e Internacional sobre Criterios e Indicadores de Calidad de la Educación Superior Venezolana (1994-1999). Miembro de la Comisión Responsable del proyecto sobre Evaluación de la Función de Investigación de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (desde 1999). Investigador activo (con numerosas publicaciones, participación en eventos, tutorías, arbitraje de artículos para revistas indexadas, evaluaciones de tesis y trabajos de ascensos) en las líneas de: Evaluación de la Calidad de la Educación, Diagnóstico de Procesos Mentales, Uso de Mapas de Conceptos, Resolución de Problemas, Concepciones de Estudiantes y Profesores, Enseñanza Aprendizaje y Currículo en Ciencias, el Rol del Laboratorio en la Enseñanza de las Ciencias Naturales, Capacitación de Docentes en ejercicio y Evaluación de Programas de Estudios (desde 1980). Miembro de la Asociación Venezolana de Estudios Canadienses (desde 1993). Reconocimiento a la labor académica por CONABA, convocatorias 1997-1998 y 1999-2000.