

Construcción de un marco teórico/conceptual para abordar el trabajo de laboratorio usando el diagrama V: un estudio de caso de la UPEL / IPC

Construction of a theoretical/conceptual base to approach the laboratory work through the use of the v diagram: a study case of the UPEL/ IPC

Julia Flores (1)

jflorespejo@hotmail.com

María Concesa Caballero (2)

concesa@ubu.es

Marco Antonio Moreira (3)

moreira@if.ufrgs.br

(1) Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL).

Instituto Pedagógico de Caracas

(2) Departamento de Física, Universidad de Burgos (UBU), España

(3) Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande Do Sul, Brasil

RESUMEN

Estudio descriptivo para interpretar, desde la teoría ausubeliana, la construcción de una base teórica/conceptual integrada al marco metodológico para la resolución de problemas en el laboratorio de Bioquímica del IPC usando el diagrama V. Participaron ocho docentes en formación del área de Química que cursaron Bioquímica en el periodo académico 2006-II. Los estudiantes desarrollaron el diagrama V de Gowin para cinco actividades de laboratorio de complejidad creciente. El marco teórico/conceptual contempló mapas conceptuales (MC), cuya calidad constructiva se evaluó cuali-cuantitativamente; su puntuación se determinó usando el método holístico (MH) y el método de puntuación unitaria (MPU), correlacionados en forma positiva y alta (r de pearson=0,74; $p<0,05$). El marco teórico/conceptual con MC evaluados por el MPU, se correlacionó con el marco metodológico de manera positiva y más alta que el integrado con MC evaluados por el MH ($r=0,83>r=0,76$; $p<0,05$). Los resultados orientarán la continuidad de futuras investigaciones.

Palabras clave: diagrama V de Gowin; enseñanza del laboratorio; mapas conceptuales; resolución de problemas

ABSTRACT

This descriptive study case presents an analytical interpretation, from the ausubelian theory, of the construction of a theoretical/conceptual framework integrated to a methodological base, in order to solve problems through the use of V diagrams in the biochemistry laboratory at the IPC. Eight preservice chemistry teachers of the chemistry area participated during the 2006-II semester. The V diagrams were constructed to solve five laboratory activities of increasing difficulty level. The theoretical framework included concept maps which were evaluated quali-quantitatively; two scoring methods were used: the holistic method (MH) and the unitary scoring method (MPU), resulting positively and highly correlated (pearson $r=0,74$; $p<0,05$). The theoretical/conceptual framework, integrated with MPU scored concept maps, was correlated with the methodological framework, showing a higher positive correlation (pearson $r=0,74$; $p<0,05$) than that integrated with MH scored concept maps ($r=0,83 > r=0,76$; $p<0,05$). Results will be useful to continue future research.

Key words: *Gowin's V diagram; laboratory teaching; concept maps; problem solving*

INTRODUCCIÓN

Investigaciones recientes en didáctica de las ciencias ponen de manifiesto la importancia de la aplicación de conocimientos teóricos en el trabajo de laboratorio, rompiendo así con la visión de los laboratorios tipo “receta de cocina” asociada con el estilo de instrucción tradicional¹ (Hofstein, 2004; Hofstein y Lunetta, 2004; Séré, 2002b), que ha arrojado resultados poco alentadores (Barberá y Valdés, 1996). Actualmente se favorecen los estilos alternativos constructivistas como el indagativo y la resolución de problemas, considerándose que los estudiantes deben aplicar métodos y procedimientos científicos para resolver problemas en el laboratorio, en vez de simplemente limitarse a aprender técnicas y métodos (Domin, 1999; Hodson, 1994; Hofstein y Lunetta, 2004; NSTA, 2007). En este sentido, se valoran los enfoques instruccionales que permiten la construcción de un marco teórico integrado al metodológico para abordar el trabajo de laboratorio.

¹ Para una mayor documentación se recomienda leer: Flores, Caballero y Moreira (2009).
Revista de Investigación N° 73. Vol. 35. Mayo-Agosto 2011

Dentro del estilo instruccional de resolución de problemas, el enfoque epistemológico² constituye una herramienta útil a la luz de las tendencias actuales en la didáctica del laboratorio de ciencias; el mismo se basa en el uso del diagrama V de Gowin, el cual se ha recomendado desde hace varias décadas (Moreira y Levandowski, 1983; Novak, 1979; Novak y Gowin, 1988; Tamir, 1989). Algunos estudios en Venezuela han reportado su aplicación en el laboratorio (Blanco, 2001; Flores, 2004, 2007; Sanabria y Ramírez, 2004; Andrés, Meneses y Pesa, 2007). Una representación de la estructura básica del diagrama V (Gowin y Álvarez, 2005, p. 41; Novak y Gowin, 1988, p. 77) se muestra a continuación:



Gráfico 1. Diagrama V mostrando sus elementos interactivos involucrados en la construcción del conocimiento

Según Gowin y Álvarez (2005, p. 35), “el diagrama V fue desarrollado como una manera de ayudar en el entendimiento de relaciones significativas entre eventos, procesos u objetos. ... observar la interacción entre lo que se conoce y lo que se necesita saber o entender”³. Esta herramienta heurística permite conjugar lo teórico y lo metodológico para

² El término “enfoque epistemológico” es usado por Moreira y Levandowski (1983, p. 99), quienes lo describen como un abordaje de la enseñanza del laboratorio que intenta reflejar cómo se produce el conocimiento, relacionando los elementos involucrados en el proceso de investigación (pregunta básica, fenómeno u objeto de interés, método, conceptos claves, etc.) a través de la herramienta heurística V de Gowin.

³ Original en inglés: The V diagram was developed as a way to aid in the understanding of meaningful relationships among events, processes, or objects. It is a tool that helps one to observe the interplay between what is known and what needs to be known or understood.

resolver problemas en el contexto del laboratorio, lo que lleva implícito tanto el desarrollo de habilidades, hábitos y manejo de instrumentos, así como el aprendizaje de conceptos, leyes, relaciones y principios en correspondencia con el quehacer científico (Moreira y Levandowski, 1983).

La V heurística tiene, además, la ventaja de integrar los mapas conceptuales (MC) dentro del proceso constructivo (Gowin y Álvarez, 2005; Sansón, González, Montagut y Navarro, 2005; Moreira, 2006), los cuales son útiles en el aprendizaje significativo (Novak y Cañas, 2006). Los MC se ajustan en la medida que el pensamiento del individuo cambia, lo que implica que sus conceptos también cambian, de modo que pensar usando MC es una manera de estimular el pensamiento y no de enyesarlo, de acuerdo con Gowin y Álvarez (2005, p.16). Aunque los MC se pueden evaluar usando el método de puntuación inicialmente sugerido por Novak y Gowin (1988, pp. 54, 94), esta propuesta se ha ampliado con el tiempo. Particularmente, McClure, Sonak y Suen (1999, p. 477) plantean la importancia de evaluar contenido y estructura, es decir, cuali-cuantitativamente.

El diagrama V se ha implementado en el laboratorio de Bioquímica del IPC desde hace más de 8 semestres, por lo que su uso y logros generales se ha dado a conocer previamente (Flores, 2004, 2007). No obstante, en este contexto surge la inquietud por indagar sobre la relación que pueda evidenciarse entre el marco teórico/conceptual y el marco metodológico para abordar situaciones problemáticas en el laboratorio, considerando el aporte de los MC evaluados cuali-cuantitativamente, situación poco explorada en este ambiente de aprendizaje (Seré, 2002a, 2002b). La resolución de problemas, en su auténtico sentido, constituye una evidencia de aprendizaje significativo, de acuerdo con la teoría ausubeliana (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983), por lo que la misma puede servir como referente teórico para una interpretación aproximativa de este fenómeno en este complejo ambiente de aprendizaje.

Considerando lo antes planteado, se definió el objetivo general de esta investigación: *Analizar interpretativamente el proceso de construcción*

de un marco teórico/conceptual en relación con el marco metodológico pertinente para la resolución de problemas en el laboratorio de Bioquímica del IPC a través del uso del diagrama V. Los objetivos específicos fueron: (a) analizar cualitativamente la calidad constructiva de los MC elaborados por los estudiantes; (b) correlacionar la puntuación de los MC por un método de apreciación general y por un método estructural; (c) determinar la relación de los MC con el marco metodológico de los diagramas V; (d) determinar la relación entre el marco teórico/conceptual y el marco metodológico de los diagramas V; y (e) precisar indicadores de aprendizaje significativo emergentes del proceso de resolución de problemas en el laboratorio.

El aprendizaje significativo se concibe como un proceso de incorporación sustancial (no literal o al pie de la letra) y no arbitraria (plausible, razonable y no aleatoria) de la nueva información en la estructura cognitiva del individuo a través de los subsumidores, entendiéndose por éstos un concepto, una proposición, una idea, es decir, un elemento cognitivo en sí que, unido a la nueva información, la modifica modificándose a sí mismo (Ausubel, 2002, p. 169; Ausubel y otros, 1983, p.118; Moreira, 2000, p.225; Moreira y Ostermann, 1999, p. 52). En este proceso, lo más importante son los conocimientos previos en el área de conocimiento particular de interés, los que no hay que confundir con los prerrequisitos, como lo advierte Moreira (2000, p. 213-214).

Esta teoría se basa en el aprendizaje de conceptos, considerando que la estructura cognitiva almacena el conocimiento conceptual de manera organizada, jerárquica e interrelacionada, a través de tres formas de aprendizaje significativo (Moreira, 2000, pp. 228-232, 242): (a) *aprendizaje subordinado* (diferenciación conceptual progresiva por inclusión derivativa o por inclusión correlativa de conceptos); (b) *aprendizaje superordenado* (reconciliación integradora por construcción inductiva de un nuevo concepto con atributos más inclusivos) y (c) el *aprendizaje combinatorio* (nuevos significados por combinación entre dos conceptos no relacionados por jerarquía).

Una de las evidencias de que ha ocurrido aprendizaje significativo es la capacidad para resolver problemas (Ausubel y otros, 1983), entendida como “...*cualquier actividad en que tanto la representación cognoscitiva de la experiencia previa como los componentes de una situación problemática presente son reorganizados para alcanzar un objetivo predeterminado*” (p. 486). Esta actividad depende de tres factores: (a) el conocimiento de la disciplina en particular; (b) los determinantes cognoscitivos que incluye el dominio del individuo de estrategias particulares para resolver problemas dentro de la disciplina en particular, y (c) los rasgos de personalidad (este último factor escapa de la situación docente en sí). De acuerdo con Ausubel (2002, pp. 274, 275):

El componente de “aplicación”⁰ de la capacidad para resolver problemas es menos enseñable que el componente de “conocimiento”... Por lo tanto, puede que sea más factible reforzar la capacidad para resolver problemas mejorando la comprensión y la retención funcional de conocimientos teóricos por parte del estudiante que enseñándole directamente aptitudes para la resolución de problemas.

Cabe destacar que en esta acotación se muestra un dinamismo subyacente en la interacción entre el dominio conceptual y el metodológico en la resolución de problemas, como lo señala Caballero (2003, p. 149), quien enfatiza que la teoría del aprendizaje significativo no presenta una idea dicotómica entre el conocimiento declarativo y el procedimental en la resolución de problemas, ya que sería subestimar el papel de los conceptos y de sus representaciones en este proceso. Esto es importante particularmente en el trabajo de laboratorio, el cual se debe sustentar en conceptos claramente comprendidos (conocimiento declarativo) y en operaciones constitutivas (conocimiento procedimental) de manera significativa. En este sentido, es necesario comprender “los principios metodológicos y sustanciales subyacentes” en el trabajo de laboratorio, ya que el método científico no es una “receta de cocina”, como lo señalan Ausubel y otros (1983).

MÉTODO

Se refiere al de casos, realizado como investigación de campos (UPEL, 2003, p. 13), es de tipo no experimental y descriptivo. Su validez se fortalece mediante la triangulación de métodos (Cohen y Manion, 2002, pp. 335, 338). Participaron ocho (8) docentes en formación del área de Química, cursantes de Bioquímica en el período académico 2006-II, en el IPC, los cuales fueron organizados por pares para compartir significados en el trabajo práctico de laboratorio (Reigosa Castro y Jiménez Aleixandre, 2000, p. 277), identificados como 1AB, 2AB, 3AB y 4AB.

Los instrumentos utilizados fueron: (a) una prueba diagnóstica sobre elaboración de MC; (b) los 20 MC elaborados en los trabajos prácticos de laboratorio (TPL en adelante); y (c) los 20 informes en diagramas V elaborados en los TPL. La prueba diagnóstica, validada en estructura y contenido por 2 docentes del área de Bioquímica, tenía 7 ítems: los 5 primeros concernían al conocimiento sobre los MC; el sexto tenía un párrafo introductorio sobre la composición química de los seres vivos para seleccionar los conceptos relevantes; y el séptimo solicitaba la elaboración de un MC con el contenido del ítem anterior.

La selección y secuencia de los TPL desarrollados responden a objetivos de aprendizaje que pretenden contribuir con la formación del perfil profesional del docente del área de Química, de acuerdo con el diseño curricular vigente de la especialidad en el IPC. Esta selección y secuencia, así como la definición de objetivos didácticos, ha resultado de una experiencia ensayada durante varios períodos académicos en la búsqueda de alternativas didácticas en el laboratorio de Bioquímica en función de contenidos disciplinares del curso. El objetivo didáctico general fue el siguiente: *Permitirle al estudiante el desarrollo progresivamente independiente de trabajos prácticos a través del dominio de la interacción de los componentes teóricos y metodológicos en el análisis cualitativo y cuantitativo de macromoléculas a partir de la resolución de problemas planteados sobre eventos bioquímicos de interés en el laboratorio.*

Para el logro de este objetivo se implementó el uso del diagrama V a través de cinco TPL progresivamente más complejos, titulados: (a) identificación de macromoléculas (introducción aplicativa del diagrama V); (b) Cuantificación espectrofotométrica de una proteína (fortalecimiento aplicativo del diagrama V); (c) extracción, caracterización y cuantificación de un carbohidrato (consolidación aplicativa semi-independiente del diagrama V); (d) extracción, identificación y cuantificación de un lípido (consolidación aplicativa semi-independiente del diagrama V); (e) estudio catalítico de una enzima (independencia aplicativa del diagrama V), realizado como estudio independiente.

Procedimiento de la investigación realizada en el contexto didáctico

1. Se realizó un taller sobre elaboración de MC y otro sobre diagramas V: (a) el taller de MC se desarrolló siguiendo las orientaciones de Moreira (2000, p. 247); se aplicó la prueba diagnóstica sobre MC antes y después del taller; (b) el taller sobre uso del diagrama V siguió un modelo validado en semestres anteriores y actualizado (ver anexos) de acuerdo con Gowin y Álvarez (2005).
2. Cada TPL se desarrolló en dos (2) semanas, excepto el último que dispuso de 4 semanas incluyendo la presentación pública de resultados; sin embargo, el laboratorio permaneció disponible en horarios previamente acordados.
3. El diagrama V se implementó en cuatro (4) fases de cada TPL:
 - a. *Fase preparatoria.* Se informaba el contenido disciplinar del TPL y se acordaba el evento u objeto de estudio en general una semana previa.
 - b. *Fase pre-experimental.* El problema se precisaba por consenso en discusión del grupo; la metodología, técnica y procedimientos a aplicar era consultada por los estudiantes quienes la ajustaban, según la necesidad.
 - c. *Fase experimental.* Se desarrollaba el trabajo considerando el diagrama V (versión pre-informe), el posible ajuste de técnicas y procedimientos.
 - d. *Fase post-experimental.* Los estudiantes entregaban el informe en diagrama V; los dos (2) primeros se evaluaron formativamente y su versión ajustada fue sumativa; el resto se evaluó sólo sumativamente.

4. Se recogieron los datos de cada TPL: informes tipo diagrama V con los MC⁴.
5. Se analizaron los datos a partir de los diagramas V como informe final.

Entre las limitaciones se debe considerar que: (a) teóricamente, la interpretación del aprendizaje en el laboratorio se limitó a la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel; (b) el análisis de los datos no pretendió agotar todas las posibilidades; y (c) el tamaño de la muestra se limitó a un grupo de laboratorio de 8 estudiantes. En este sentido, los resultados son válidos para el grupo de estudio, aunque pudieran servir de referencia para muestras y contextos didácticos similares.

Análisis de los datos de la investigación: criterios considerados

Sin negar la importancia del análisis cualitativo de los MC (Moreira 2000, p. 244), se tomó también en cuenta su puntuación considerando a algunos autores (Salcedo-Galvis, 1997, p.181; Yin, Vanides, Ruiz-Primo, Ayala y Shavelson, 2005) para fortalecer su interpretación. La puntuación de un MC es afectada por tres fuentes de variación (McClure, Sonak y Suen, 1999, p. 477), minimizadas en esta investigación: (a) *competencias* del estudiante para elaborarlos, relacionada con la validez del MC; no afectó ya que los estudiantes manejaban esta herramienta e hicieron un taller previo (b) *dominio* del contenido por el evaluador; uno de los investigadores era docente del curso; y (c) *consistencia* al evaluarlos, relacionada con la validez de la medición; se disminuyó aplicando criterios de puntuación.

Los criterios para la puntuación del MC respondieron a tres aspectos (Ruiz-Primo y Shavelson, 1996, p. 573; Ruiz-Primo, 2004, p.2; Yin, Vanides, Ruiz-Primo, Ayala y Shavelson, 2005): (a) *tarea evaluativa*, que implicó solicitar la elaboración de un MC con conceptos relevantes de contenido teórico y metodológico de cada TPL, jerarquizados y organizados

4 La elaboración de MC pasó por el siguiente proceso: selección de conceptos relevantes en contexto problemático disciplinar en la *fase preparatoria* a elaboración de versión previa del MC en la *fase preexperimental* a ajuste del MC durante el proceso a prueba funcional del MC en la *fase experimental* a reajuste del MC a expresión final del MC en la *fase postexperimental*. El diagrama V se usó con función organizativa, formativa (en los 2 primeros TPL) y sumativa.

especialmente en el papel; (b) *formato de respuesta*, que implicó la entrega final en formato computarizado; y (c) *sistema de puntuación*, que consideró dos métodos: el holístico y estructural.

Los componentes considerados para analizar los MC fueron: número de conceptos relevantes seleccionados (**CR**); número de relaciones conceptuales válidas (**RCV**); niveles jerárquicos relevantes (**NJ**); número de conexiones cruzadas válidas (**CCV**); número de ramificaciones conceptuales relevantes (**Ram**); número de conceptos totales seleccionados, relevantes e irrelevantes (**CT**); relación de conceptos relevantes sobre el total seleccionados (**CR/CT**). El componente CT y el CR/CT no formaron parte del puntaje total del MC, aunque se usaron como parámetros de análisis complementario.

Aunque “cualquier clave de puntuación de los mapas conceptuales conlleva cierto grado de subjetividad inherente, como de hecho sucede con todos los instrumentos de evaluación” (Novak y Gowin, 1988, p.130), en esta investigación se trató de triangular métodos de análisis para disminuir tal subjetividad. Los dos métodos de puntuación del MC aplicados fueron: (a) el *método holístico* (MH), que define una puntuación como tarea pedagógica (escala 1 al 10) por juicio global del contenido conceptual representado y relacionado (McClure, Sonak y Sue, 1999); y (b) el *método de puntuación unitaria* (MPU), que asigna un punto a cada unidad estructural válida (CR, RCV, Ram, NJ, CCV); se deriva del propuesto por Novak y Gowin (1988) y del *método estructural* de McClure, Sonak y Sue (1999).

La puntuación derivada del MPU se utilizó para determinar el *puntaje relativo de la calidad de construcción del mapa conceptual* ($PRCC_{MC}$)⁵, que se determinó tomando como referencia de puntaje máximo el MC mejor elaborado del grupo, lo que permitió ubicar al resto de manera relativa a través del porcentaje de aproximación al mismo. El $PRCC_{MC}$ se usó para fines de tratamiento matemático.

5 El $PRCC_{MC}$ se calculó de la siguiente manera: el puntaje MPU del componente respectivo del MC se dividió entre el puntaje máximo logrado de ese componente y se multiplicó por cien; luego todos los porcentajes calculados de cada componente se sumaron y dividieron entre el total de componentes considerados (cinco en total) de modo que el promedio de esta sumatoria genera un puntaje relativo que permite ubicar a los estudiantes entre sí.

RESULTADOS

Análisis cualitativo de los mapas conceptuales elaborados

El cuadro 1 recoge los resultados de los MC elaborados en el taller y en los TPL desarrollados, revelando la siguiente secuencia comparativa general de su calidad constructiva entre los equipos de estudiantes: 3AB > 1AB = 2AB > 4AB.

Cuadro 1. Calidad constructiva general de los MC elaborados (N=20)

EQUIPOS DE ESTUDIANTES	DESCRIPCIÓN DE LOS MC ELABORADOS EN ...		CALIDAD CONSTRUCTIVA GENERAL*
	TALLER (antes/después)	TRABAJOS DE LABORATORIO (5)	
1AB	Baja / media	3 media; 1 baja; 1 alta	Media
2AB	Baja / media	5 media	Media
3AB	Media / alta	4 alta; 1 media	Alta
4AB	Baja / baja	4 baja; 1 media	Baja

*Apreciada como un promedio cualitativo del análisis del contenido y estructura de los MC elaborado en los 5 TPL.

En líneas generales, la mayoría de los MC elaborados se encuentra en un nivel medio de calidad constructiva, como lo muestra el gráfico 2:

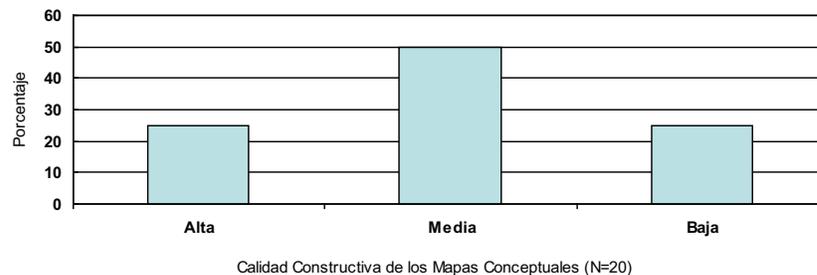


Gráfico 2. Mapas conceptuales categorizados por su calidad constructiva

Análisis cuantitativo de los mapas conceptuales

El cuadro 2 muestra los resultados de los puntajes de cada MC evaluado, en el mismo se aprecian dos aspectos importantes: (a) la contribución diferencial de cada componente a la definición del PRCC_{MC} en el grupo de estudio: el CR y el RCV contribuyen en mayor medida (casi el 80%), seguido de los NJ, luego de las CCV y en menor proporción de las Ram; y (b) no obstante las diferencias producidas en los puntajes obtenidos por cada método, ambos discriminan los MC elaborados. Estos datos se discuten a continuación en el siguiente orden: (a) la correlación entre los métodos de puntuación de los MC, (b) la calidad constructiva de los MC elaborados, (c) el proceso constructivo general de los MC en el laboratorio, (d) el contexto de los MC elaborados, y (e) la correlación de los MC con el diagrama V.

Cuadro 2. Puntaje de los MC obtenidos por los dos métodos de puntuación para cada equipo de estudiantes en cada TPL

TPL	EQUIPO	PUNTAJE DE LOS COMPONENTES DEL MC						MPU	PRCC _{MC} (Escala 1-100)	MH (Escala 1-10)
		CT▲	CR	RCV	NJ	Ram	CCV			
1	1AB	36	26	29	6	2	3	66	75,6	5,0
	2AB	34	28	26	6	7	0	67	74,4	10
	3AB	32	30	33	6	5	4	78	95,8	10
	4AB	20	19	4	5	4	2	34	53,2	3,0
2	1AB	30	7	6	5	2	1	21	50,2	4,0
	2AB	23	15	13	5	4	0	37	68,9	7,0
	3AB	20	15	14	7	5	2	43	100	9,0
	4AB	8	7	3	4	1	1	16	39,0	2,5
3	1AB	19	19	16	5	4	2	46	82,0	8,0
	2AB	22	11	11	6	2	0	30	50,0	10
	3AB	21	21	23	5	2	3	54	86,7	10
	4AB	23	4	3	3	2	0	12	26,4	3,0
4	1AB	23	23	20	5	5	0	53	60,6	8,0
	2AB	25	21	21	6	4	2	54	79,4	9,0
	3AB	34	29	29	7	6	2	73	100	10
	4AB	13	7	5	3	2	0	17	23,5	1,0
5	1AB	25	24	26	7	6	3	66	100	10
	2AB	22	16	15	7	3	0	41	54,9	8,0
	3AB	17	12	11	7	2	0	32	45,1	8,0
	4AB	18	16	14	5	3	0	38	48,4	8,0
Promedio	---	23,3	17,5	16,1	5,5	1,25	3,6	43,9	65,7	8,82
Desviación estándar	---	---	---	---	---	---	---	19,2	24,1	2,97

▲ No se incluye en el puntaje del MPU ni PRCCMC; CR y RCV constituyen 76,5 % del puntaje.

Correlación entre los métodos de puntuación de los mapas conceptuales

La correlación de Pearson entre las dos medidas de puntuación de los MC se determinó y los resultados se muestran a continuación:

Cuadro 3. Correlación de las puntuaciones de los MC por el MH y el MPU

VARIABLES RELACIONADAS		<i>r</i> calculado	<i>r</i> crítico
MH	MPU (PCCR _{MC})	0,74	0,44

Nota: N = 20; p < 0,05; gl = 18

Los resultados de la correlación entre el puntaje de los MC asignados por el MH y el MPU, revelan un coeficiente de correlación positiva y alta (Hinkle, Wiersma y Jurs, 1988), de modo que las dos formas de puntuación tienen correspondencia entre sí, por lo que se puede entender que ambos métodos utilizados están midiendo prácticamente lo mismo, de forma consistente, aunque no perfecta. Al respecto, McClure, Sonak y Suen (1999, p. 483) encontraron que el MH y el método estructural que usaron, no diferían de manera estadísticamente significativa, aceptando así su confiabilidad como métodos de medición. Sin embargo, estos autores señalan que ambos métodos generan mucha carga cognitiva en la memoria de trabajo del evaluador, siendo mayor con el MH por la falta de estructura para tratar con la complejidad de la tarea (op. cit., p. 488), lo que explicaría por qué no resultó un coeficiente de correlación mayor.

En general, la puntuación arrojó un parámetro indicador de la calidad constructiva del MC, el PRCC_{MC}, que se mostró útil para compararlo con las puntuaciones del MH usado durante el proceso pedagógico, revelándose una correlación positiva alta entre ambos métodos. Este tipo de correlación permite apreciar la validez de las medidas realizadas (Cohen, 2002, p. 338).

Calidad constructiva de los mapas conceptuales elaborados por equipos

El cuadro 4 y el gráfico 3 muestran los resultados del $PRCC_{MC}$ y del MH por cada equipo de estudiantes como promedio de los cinco MC que elaboraron:

Cuadro 4. Puntaje promedio* de los MC elaborados por el $PRCC_{MC}$ y el MH

EQUIPOS	PUNTAJES PROMEDIOS					PROMEDIO (N=20)	
	CR	RCV	NJ	Ram	CCV	$PCCR_{MC}$	MH
1AB	80,6	73,4	85,2	70,4	58,3	73,6	7,0
2AB	77,0	69,9	91,4	69,3	20,0	65,5	6,8
3AB	90,0	88,5	96,7	70,9	80,0	85,2	9,4
4AB	44,0	23,5	60,9	42,1	14,0	36,9	3,5

El promedio de cada componente se determinó sobre la base del mismo en los 5 MC de cada equipo.

De acuerdo con Ruiz-Primo (2004, p. 5), los estudios sobre los puntajes de los MC, en general, permiten ubicar a los estudiantes de manera relativa entre sí y proveen un buen estimado del nivel de ejecución, por lo que se puede interpretar que, de acuerdo con el $PCCR_{MC}$, los equipos presentaron un desempeño en la calidad constructiva de los MC en el siguiente orden: 3AB > 1AB > 2AB > 4AB. También se puede apreciar que el componente CCV tiene mayor potencial como discriminador cognitivo de los grupos, coherente con el $PRCC_{MC}$. Esto es válido para las puntuaciones MH, a pesar de que es un método de percepción global.

Asimismo, si se considera que los MC pueden reflejar la organización conceptual que se le atribuye a un contenido disciplinar (Moreira, 2000, p.241), y que los individuos poseen diferente *calidad* y *cantidad* de conocimiento relevante que les permite incorporar nuevo conocimiento (Novak y Cañas, 2006, p.3), igualmente se podría entender que los equipos de estudiantes manifestaron diferentes niveles de comprensión del contenido aplicativo de los TPL, en la misma correspondencia relativa de la calidad constructiva de sus MC. Esta interpretación es también

consistente con lo que señala Ruiz-Primo (2000, p.4) en cuanto a que el ser conocedor de un contenido implica tener una estructura conceptual bien integrada en torno a conceptos centrales del mismo.

Según la teoría ausubeliana, dos procesos cognitivos importantes están involucrados en la construcción de un MC: la diferenciación conceptual y la reconciliación integrativa (Moreira, 2000, p. 242). De este modo, en la medida que la calidad constructiva de un MC mejora, también mejora la comprensión del contenido debido a que los conceptos se van discriminando entre sí y adquiriendo nuevas relaciones que implican nuevos significados. La diferenciación progresiva se ve reflejada en un MC a través de los NJ y las Ram, mientras que la reconciliación integradora se puede apreciar en las CCV.

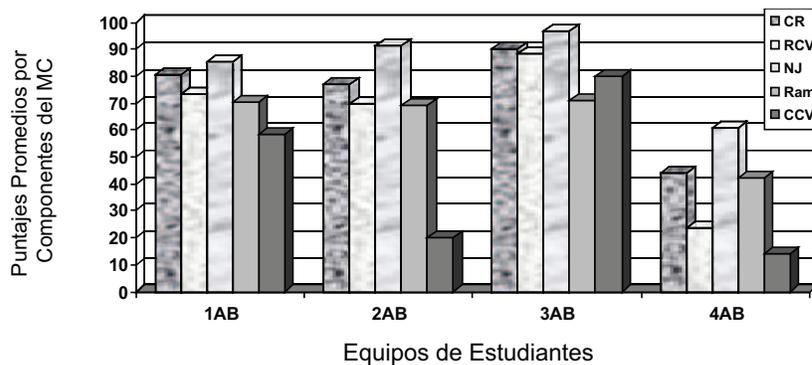


Gráfico 3. Puntuaciones promedio por componentes estructurales de los mapas conceptuales elaborados por los equipos de estudiantes

Proceso constructivo general de los mapas conceptuales en el laboratorio

El siguiente cuadro resume el promedio de los MC construidos por los cuatro equipos de estudiantes en cada TPL.

Cuadro 5. PCCR_{MC} promedio de los componentes del MC por TPL (N=20)

TPL	ÍNDICE	PUNTAJES PROMEDIOS					PRCC _{MC}
	CR/CT▲	CR	RCV	NJ	Ram	CCV	PROMEDIO ♣
1	0,84	85,8	69,7	95,8	64,3	56,2	74,4
2	0,54	73,4	64,3	75,0	60,0	50,0	64,5
3	0,51	65,5	57,6	79,2	62,5	41,7	61,3
4	0,84	69,0	64,6	75,0	70,8	50,0	65,9
5	0,83	70,9	63,4	92,9	58,3	25,0	62,1
<i>Promedio General</i>	<i>0,73</i>	<i>72,9</i>	<i>63,9</i>	<i>83,6</i>	<i>63,2</i>	<i>44,6</i>	<i>65,6</i>

▲ No se incluye en el cálculo del PCCR_{MC}; su puntaje se calculó con el MPU, no con el derivado PCC_{MC}

Este cuadro permite interpretar las tendencias mostradas en cuanto a:

- El PRCC_{MC} promedio es mayor en el primer TPL que en el resto. Esto posiblemente se deba a que este primer trabajo tenía un nivel de exigencia menor al resto, por haber consistido en un trabajo introductorio que sirvió de base para introducir el uso del diagrama V y orientar sobre la elaboración de un MC con los criterios preestablecidos (ver metodología). Aquí los conceptos relevantes se seleccionaron en consenso con el grupo.
- El PRCC_{MC} promedio para el segundo y tercer TPL disminuye. Esto se explica por el mayor grado de dificultad en estos dos trabajos, que eran más exigentes que el primero, y el tercero más que el segundo. Se suma el hecho de que los equipos debían identificar los CR relevantes, por su propia cuenta, para integrarlos según el problema planteado, experiencia nueva para todos.
- El cuarto TPL presentó un aumento del PRCC_{MC} con relación a los dos TPL anteriores a pesar de su mayor complejidad. Esto indica, de algún modo, la respuesta más adaptada de los estudiantes para responder a las situaciones problemáticas planteadas en el laboratorio a través del uso del diagrama V. El cuarto TPL requería mayor independencia metodológica; sin embargo, el nivel de respuesta de los estudiantes fue mayor, como se refleja en el PRCC_{MC}.
- El quinto TPL mantuvo un PRCC_{MC} alto a pesar de su mayor grado de complejidad con relación al resto. En éste, los estudiantes eran completamente responsables de su actividad; la docente sirvió sólo

de apoyo en momentos de dificultad para abrirle a los estudiantes alternativas de análisis por medio de preguntas que ellos mismos pudieran razonar y responder para decidir sobre la base de justificaciones válidas. En este último trabajo se muestra una alta calidad constructiva de los MC en general, revelando no sólo el éxito en la tarea sino también en el dominio del diagrama V para integrar conceptos teóricos y metodológicos de manera significativa para la resolución de problemas.

Contexto de los mapas conceptuales elaborados

Ahora bien, cabe destacar que el puntaje de los MC refleja el conocimiento conceptual sobre un contenido específico, como también el contexto disciplinar de cada TPL, al cual nos referiremos como *situación problemática contextualizada*. Novak y Cañas (2006, p.1) señalan que los MC deben construirse tomando como referencia alguna pregunta en particular que buscamos responder, denominada *pregunta foco* y señalan su relación con el contexto: “*El mapa conceptual puede pertenecer a alguna situación o evento que estamos tratando de comprender a través de la organización del conocimiento en la forma de un mapa de concepto, proveyendo así el contexto para el mapa de concepto*”⁶ (ob. cit., p. 2). Al respecto, el parámetro referido a la relación CR/CT permite interpretar modestamente este planteamiento. Los resultados se muestran a continuación:

Cuadro 6. Relación CR/CT por equipos de estudiantes

EQUIPOS	CT	CR	CR/CT ▲
1AB	26,6	19,8	0,74
2AB	25,2	18,2	0,72
3AB	24,8	21,4	0,86
4AB	16,4	10,6	0,64

▲ Los puntajes del CR y CT de esta relación se calcularon con el MPU, no con el derivado PCC_{MC}

6 Original en inglés: The concept map may pertain to some situation or event that we are trying to understand through the organization of knowledge in the form of a concept map thus providing the context for the concept map.

La relación CR/CT permite apreciar la “claridad mental” de los estudiantes sobre la situación problemática contextual, ya que cuando CR es igual a CT el valor es la unidad, indicando que todos los conceptos seleccionados son relevantes dentro del contexto de la situación problemática. Esto significa que si los estudiantes de un equipo no están claros, les será muy difícil seleccionar CR, por lo que pueden seleccionar un amplio espectro de conceptos pertinentes al contenido disciplinar pero no al problema específico planteado, por lo que el valor de CR/CT sería menor que la unidad. Se podría decir que esta relación CR/CT parece ser un parámetro complementario útil, un índice, para evaluar la calidad constructiva de los MC dentro de la situación problemática contextualizada, como se aprecia en las diferencias obtenidas entre los equipos: $3AB > 1AB > 2AB > 4AB$, coherente con el orden expresado por el $PRCC_{MC}$. Esta consistencia del índice CR/CT se observa también en el cuadro 5 sobre los TLP.

No obstante, un alto índice CR/CT no garantiza relaciones conceptualmente válidas (ver caso equipo 1AB, TPL 5: máxima relación CR/CT=1; CCV=0), aunque existe mayor probabilidad de que las mismas se puedan establecer y mejorar, ya que la correlación entre el índice CR/CT y el puntaje MPU resultó moderadamente positivo ($r=0,63$; $\alpha=0,05$). En este orden de ideas, cabe señalar lo planteado por Novak (1997, p. 69): “para cualquier curso o programa de estudio, la cantidad de conocimiento relevante disponible es avasalladora. Una tarea importante que debe enfrentar es determinar qué conocimiento incluir y cuál omitir”, planteamiento válido no sólo para los docentes sino también para los estudiantes en un proceso constructivo de relaciones conceptuales para resolver problemas.

Correlación de los mapas conceptuales con el diagrama V

El análisis de los diagramas V se sustentará en el principio básico de la coherencia de significados entre todos sus componentes fundamentales como una medida del desarrollo intelectual del individuo, según lo señalado por Gowin y Álvarez (2005, p. 104). En este sentido, cada componente recibió una puntuación representativa del grado de coherencia interactiva

de significados entre el contenido teórico y el metodológico para la resolución del problema planteado en cada TPL. Se usó una escala del 1 al 100, discriminada según el cuadro siguiente:

Cuadro 7. Puntaje especificado para los elementos del diagrama V

MARCO (DOMINIO)	ELEMENTOS EVALUADOS	PUNTAJE ASIGNADO (100 pts total)	PORCENTAJE
Teórico / Conceptual	a. Evento / Objetos	3,0	30%
	b. Preguntas	3,0	
	c. Visión del Mundo	2,0	
	d. Filosofías	3,0	
	e. Teorías	3,0	
	f. Leyes	1,0	
	g. Principios	5,0	
	h. Mapa conceptual ▲	10	
	i. Procedimiento	5,0	
Metodológico	j. Registros	10	70%
	k. Transformaciones	25	
	l. Interpretaciones *	15	
	m. Afirmaciones de conocimientos	10	
	n. Juicios de Valor	5,0	

▲ La puntuación depende del método usado; * Aspecto ponderado incluido en el diagrama V de manera complementaria.

La puntuación difiere de la sugerida por Gowin y Álvarez (op. cit., p. 122) y de la reportado en una investigación por García, Insausti y Merino (2003), simplemente por razones prácticas, experiencia en su uso y validación previa para fines evaluativos por varios semestres en la Cátedra de Bioquímica del IPC, lo cual no afecta el comportamiento correlacional que pueda existir entre ambos dominios del diagrama V. Los resultados de las puntuaciones de este diagrama se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 8. Puntaje obtenido en el diagrama V por equipo en cada TPL

TPL	EQUIPOS	MARCO TEÓRICO (30%)		MARCO METODOLÓGICO (70%)
		Con puntaje holístico del MC	Con PCCR _{MC} convertidos*	
1	1AB	18,5	21,1	54,0
	2AB	27,5	24,9	59,0
	3AB	28,5	25,9	66,5
	4AB	17,0	19,3	42,0
2	1AB	21,0	22,0	55,0
	2AB	24,5	23,9	49,5
	3AB	27,0	28,0	62,0
	4AB	15,5	16,9	18,0
3	1AB	27,0	27,2	43,0
	2AB	29,5	24,5	40,0
	3AB	29,5	28,2	69,0
	4AB	16,6	16,2	7,0
4	1AB	19,0	17,1	31,0
	2AB	22,5	21,4	47,0
	3AB	30,0	30,0	69,0
	4AB	16,5	17,9	33,0
5	1AB	29,0	29,0	70,0
	2AB	27,0	24,5	70,0
	3AB	28,0	24,5	70,0
	4AB	24,0	20,8	29,0

* La conversión del puntaje se hizo a través de los valores z para ajustarlo a una escala del 1-10 (s= 2,4; Media=6,6)

Planteamiento de correlaciones teórico/conceptual-metodológico

La relación entre el marco teórico/conceptual y el marco metodológico se determinó mediante el coeficiente de correlación de Pearson. Los MC se consideraron en forma independiente e integrada con el marco teórico/conceptual usando los dos métodos de puntuación, el MH y el PRCC_{MC} (derivado del MPU).

Cuadro 9. Resultados de las correlaciones de Pearson entre el marco teórico / conceptual y el metodológico

CORRELACIÓN	VARIABLES RELACIONADAS		r calculado	r crítico
	Y	X		
1	Puntajes del marco metodológico del diagrama V	Puntajes MH del MC	0,63	0,44
2		Puntajes MPU del MC: PCC _{MC}	0,69	
3	Puntajes del marco teórico (con puntajes MH del MC)	0,76		
4	Puntajes del marco teórico (con puntajes MPU del MC)	0,83		

Nota: N = 20; p < 0,05; gl =18

Las correlaciones 1 y 2 son positivas y moderadas, pero muestran que los dos métodos de puntuación del MC, el MH y el MPU, no presentan el mismo grado de asociación con el marco metodológico del diagrama V: el coeficiente de correlación con el MH es menor ($r_{MPH} < r_{MH}$). Estos coeficientes de correlación calculados se pueden interpretar como *coeficientes de validez* (Gronlund, 1985, p. 67), por lo que los puntajes determinados por el MPU permiten predecir con más certeza el desempeño de los estudiantes para resolver problemas planteados en el laboratorio, lo que es una medida de su *validez concurrente* (Moreira, 2000, p. 22; Ruiz-Primo, 2000, p. 20; 2004, p. 5; Ruiz-Primo y Shavelson, 1996, p.592).

Ahora bien, las correlaciones 3 y 4 permiten comprender mejor la situación sobre la integración del conocimiento teórico y el metodológico de los estudiantes. Los resultados muestran que la correlación con el marco metodológico es positiva y alta, pero es más fuerte en el caso de la asociación del marco teórico integrado a los puntajes MPU del MC ($r = 0,83$) que en el caso del marco teórico integrado a los puntajes MH ($r = 0,76$), lo cual es consistente con lo encontrado previamente en las correlaciones 1 y 2. La correlación resultó positiva y alta, por lo que se puede considerar como un buen indicador de la aplicación del conocimiento teórico del estudiante a las situaciones problemáticas planteadas en los TL respectivos, mostrando la coherencia cognitiva en la estructura de conocimiento de los estudiantes. En este sentido, conviene considerar que la construcción adecuada de un marco teórico/conceptual es importante para resolver problemas en el laboratorio, ya que se integra al marco metodológico con una alta correlación, lo cual es consistente con lo planteado por la teoría ausubeliana (Ausubel y otros, 1983; Caballero, 2003).

CONCLUSIONES

- La discriminación de la calidad constructiva de los MC se mostró consistente desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo, de modo que los métodos utilizados fueron complementarios y útiles para establecer diferencias en el conocimiento representado para la resolución de problemas en el laboratorio.

- El método estructural MPU para definir el $PRCC_{MC}$ se mostró como un indicador discriminatorio apropiado de la calidad constructiva de los MC por su mayor grado de correlación con el marco metodológico del diagrama V.
- El marco teórico/conceptual del diagrama V, integrado con MC evaluados por el MPU, es potencialmente útil para relacionar el desempeño en la resolución de problemas por su alta correlación con el marco metodológico.
- La relación CR/CT de los MC son parámetros consistentes con la variación del $PRCC_{MC}$ y del proceso constructivo en el laboratorio.

Se recomienda continuar con el desarrollo de un método de evaluación de MC válido, sencillo y coherente con el contexto de resolución de problemas en el laboratorio con el diagrama V.

Así como profundizar en el análisis de la relación CR/CT en la calidad constructiva de los MC en la resolución de problemas en el laboratorio. En este orden de ideas se recomienda también comparar la elaboración de un marco teórico/conceptual integrado al marco metodológico para resolver problemas en el laboratorio, tanto en docentes en formación del área de Biología como del área de Química y desarrollar un modelo didáctico-epistemológico de resolución de problemas en el laboratorio.

REFERENCIAS

- Andrés, Ma. M., Meneses, J. y Pesa, M. (2007). Efectividad metacognitiva de la heurística V de Gowin en trabajos de laboratorio centrados en la resolución de problemas de situaciones problemáticas. *Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación, Monografía VIII*, 203-215
- Ausubel, D.P. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva*. España: Editorial Paidós Ibérica, S.A
- Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, L. (1983). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. (2a. ed.). México: Editorial Trillas
- Barberá, O. y Valdés, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 365-379

- Blanco, V. (2001). *La V de Gowin y las interacciones cooperativas: su influencia sobre el aprendizaje en el laboratorio de química en estudiantes de noveno grado*. Trabajo de grado de maestría no publicada, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas, Caracas
- Caballero, M. C. (2003). La progresividad del aprendizaje significativo de conceptos. *Actas del Pidec*, 5, 137-154
- Cohen, L. y Manion, L. (2002). *Métodos de investigación cualitativa*. Madrid: Editorial La Muralla, S.A
- Domin, D.S. (1999). A review of laboratory instruction styles. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 543-547
- Flores, J. (2004, marzo). *Enfoque epistemológico del laboratorio de química: una propuesta integradora de contenidos*. Ponencia presentada en la XI Jornada Anual de Investigación, III Jornadas de Postgrado, Caracas
- Flores, J. (2007a, junio). *Dos enfoques no convencionales de enseñanza del laboratorio de ciencias: una experiencia en un curso de postgrado*. Ponencia presentada en V Jornada de Docencia e Investigación del Departamento de Biología y Química, Caracas
- Flores, J. y Caballero C. (2009). El laboratorio en la enseñanza de la Química: una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de Investigación*, 65
- García Sastre, P., Insausti, M.J. y Merino, M. (2003). Evaluación de los trabajos prácticos mediante diagramas V. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(1), 1-14
- Gowin, D. B. y Álvarez, M.C. (2005). *The art of educating with V diagrams*. Cambridge: Cambridge University Press
- Gronlund, N.E. (1985). *Measurement and evaluation in teaching*. New York: MacMillan Publishing Company
- Hinkle, D.E., Wiersma, W. y Jurs, S.G. (1988). *Applied statistics for the behavioural sciences* (2a. ed.). Boston, USA: Houghton Mifflin Company
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313
- Hofstein, A. (2004). The laboratory in chemistry education: thirty years of experience with developments, implementation, and research. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(3), 247-264

- Hofstein, A. y Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 52, 201-217
- Martínez Miguélez, M. (1999). La nueva ciencia. Su desafío, lógica y método. México: Editorial Trillas, S.A. de C.V
- McClure, J.R., Sonak, B. y Suen, H.K. (1999). Concept map assessment of classroom learning: reliability, validity, and logistical practicality. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(4), 475-192
- Moreira, M.A. (2000). La teoría del aprendizaje significativo. En M.A. Moreira, C. Caballeros Sahelices y J. Meneses Villagrà (Orgs.), *Escuela de Verano sobre Investigación en Enseñanza de las Ciencias* (pp.211-251). España: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Burgos
- Moreira, M.A. (2006). *Mapas conceituais & diagramas V*. Porto Alegre: Editorial do Autor
- Moreira, M.A. y Levandowski, C.E. (1983). *Diferentes abordagens ao ensino de laboratorio*. Porto Alegre: Editora da Universidade
- Moreira, M.A. y Ostermann, F. (1999). *Teorías constructuvistas*. Porto Alegre: Grupo de Ensino, Instituto de Física UFRGS
- National Science Teachers Association (2007). The NSTA position statement: the integral role of laboratory investigation in science instruction. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.nsta.org/about/positions/laboratory.aspx> [Consulta: 2008, Agosto 14]
- Novak, J.D. (1979). Applying psychology and philosophy to improvement of laboratory teaching. *The American Biology Teacher*, 41(8), 466-474
- Novak, J.D. (1997). Retorno a clarificar con mapas conceptuales. En M.A. Moreira, C. Caballeros Sahelices y M.L. Rodríguez (Orgs.), *Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo* (pp. 67-84). España: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Burgos
- Novak, J.D. y Cañas, A.J. (2006). The theory underlying concept maps and how to construct them. [Documento en línea]. Disponible: <http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryCmaps/TheoryUnderlyingConceptMaps.htm> [Consulta: 2008, Agosto 14]
- Novak, J.D. y Gowin, B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. España: Ediciones Martínez Roca

- Reigosa Castro, C.E. y Jiménez Aleixandre, M.P. (2000). La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), 275-284
- Ruiz-Primo, M.A. (2000). On the use of concept maps as an assessment tool in science: what we have learned so far. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 2(1), 1-24
- Ruiz-Primo, M.A. (2004). Examining concept maps as an assessment tool. En A.J. Cañas, J.K. Novak y F.M. González (Eds.), *Proceedings of the First Conference on Concept Mapping* (pp. 1-8). Pamplona, Spain. [Documento en línea]. Disponible: <http://cmc.ihmc.us/papers/cmc/2000-036.pdf> [Consulta: 2007, Agosto 19]
- Ruiz-Primo, M.A. y Shavelson, R.J. (1996). Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6), 569-600
- Salcedo Galvis, H. (1997). La evaluación del rendimiento estudiantil a nivel de postgrado mediante mapas conceptuales y diagramas heurísticos de Gowin: una experiencia en aprendizaje significativo. En M.A. Moreira, C. Caballeros Sahelices y M.L. Rodríguez (Orgs.), *Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo* (pp. 173-182). España: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Burgos
- Sanabria, I. y Ramírez de M., M.S. (2004). *Una estrategia de aprendizaje para integrar teoría y laboratorio de Física I mediante los mapas conceptuales y la V de Gowin* [Documento en línea]. Disponible: <http://cmc.ihmc.us/papers/cmc> [Consulta: 2005, Noviembre 29]
- Sansón Ortega, C., González Muradás, R.M., Montagut Bosque, P. y Navarro León, F. (2005). La UVE heurística de Gowin y el mapa conceptual como estrategias que favorecen el aprendizaje experimental. *Enseñanza de las Ciencias, Número Extra* (VII Congreso), 1-4
- Séré, M.G. (2002a). La enseñanza en el laboratorio. ¿Qué podemos aprender en término de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia? *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 357-368
- Séré, M. G. (2002b). Towards renewed research questions from the outcomes of the european project labwork in science education. *Science Education*, 86, 624-644

- Tamir, P. (1989). Teaching effectively in the laboratory. *Science Education*, 73(1), 59 – 69
- Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Vicerrectorado de Investigación y Postgrado (2003). *Manual de trabajos de grado y de maestría y tesis doctorales*. Caracas: Autor
- Yin, Y., Vanides, J., Ruiz-Primo, M.A., Ayala, C.C. y Shavelson, R.J. (2005). Comparison of two concept-mapping techniques: implications for scoring, interpretation, and use. *Journal of Research in Science teaching*, 42(2), 116-184