

LOS MAPAS CONCEPTUALES COMO INSTRUMENTOS EVALUATIVOS DEL NIVEL DE CONSTRUCCIÓN INTEGRATIVA DE SIGNIFICADOS EN EL LABORATORIO DE BIOQUÍMICA BAJO UN ENFOQUE CONSTRUCTIVISTA ¹

Concept maps as evaluation tools of the integrative construction level of meanings in the biochemistry laboratory under a constructivist approach

Julia Flores [jflorespejo@hotmail.com]

Departamento de Biología y Química. Instituto Pedagógico de Caracas
Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Venezuela

María Concesa Caballero [concesa@ubu.es]

Departamento de Didácticas Específicas. Universidad de Burgos, España

Marco Antonio Moreira [moreira@if.ufrgs.br]

Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Resumen

Este trabajo de tipo descriptivo-comparativo se realizó con 13 estudiantes de profesorado de las áreas de Biología y Química del Instituto Pedagógico de Caracas en un curso de Bioquímica, los cuales constituyeron dos grupos de laboratorio. Tuvo como propósito comparar estos dos grupos en cuanto al nivel de construcción integrativa de significados científicos lograda en los mapas conceptuales desarrollados de forma integrada al diagrama V en torno a una situación-problema planteada sobre enzimas en el laboratorio, considerando los conocimientos previos sobre este contenido disciplinar. Dos estadísticos se usaron para comparar los grupos: la prueba *t* de student para el nivel de conocimientos previos y la U de Mann-Whitney para los mapas conceptuales. Un Índice General de Construcción Integrativa de significados (IGCIS), propuesto por los autores, se incorporó de manera novedosa para evaluar los mapas conceptuales. Los resultados revelaron el poder discriminatorio del IGCIS al poder diferenciar los grupos de manera más coherente y en correspondencia con sus niveles de conocimientos previos.

Palabras clave: Mapas conceptuales; Trabajo de laboratorio; Orientación didáctica constructivista; construcción de significados.

Abstract

This descriptive-comparative work was carried out with 13 students in the areas of Biology and Chemistry of the Pedagogical Institute of Caracas in a course of Biochemistry, who formed two lab groups. Its purpose was to compare the level of integrative construction of scientific meanings achieved in the concept maps developed in an integrated manner to the V diagram around a problem situation raised on enzymes, considering previous knowledge about this disciplinary content. Two statistics were used to compare the groups: student's *t* test for the pre-existing knowledge and Mann-Whitney U for concept maps. A General Index of Integrative Construction of meanings (IGCIS) proposed by the authors, was incorporated in a novel way to assess concept maps. The results revealed the discriminatory power of IGCIS, being able to differentiate the groups in a more consistent way and in accordance with their levels of prior knowledge.

Keywords: Concept maps; Lab work; Constructivist teaching approach; Meaning construction.

¹ Publicado en Actas VII Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo y V Encuentro Iberoamericano sobre Investigación en Enseñanza de las Ciencias. Universidad de Burgos, España, de 13-17 de julio de 2015, pp. 4-16.

Introducción

La construcción de mapas conceptuales se ha venido utilizando en el laboratorio de Bioquímica del Instituto Pedagógico de Caracas (IPC), en la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL), por más de una década, de forma integrada a la herramienta heurística diagrama V, a fin de favorecer la integración teórica-metodológica de los estudiantes en la solución de situaciones-problemas planteadas desde sus propias inquietudes, bajo un enfoque didáctico epistemológico-constructivista (Flores, 2004; Flores y Arias, 1999; Flores, 2008; Flores, Caballero y Moreira, 2009; Flores, Caballero y Moreira, 2011). En una investigación realizada en el 2006-2007, se observó una correlación positiva entre el marco teórico discursivo y el metodológico del diagrama V elaborado por los estudiantes al abordar una situación-problema, así como entre los mapas conceptuales y el marco metodológico, indicando una interdependencia entre ambas vertientes y la importancia de los mapas conceptuales en la integración de conceptos científicos relevantes en un contexto de aprendizaje particular (Flores, Caballero y Moreira, 2011). Asimismo, otra investigación, realizada por Torres (2012), reveló la utilidad de los mapas conceptuales como indicadores de la progresividad conceptual en el aprendizaje significativo del concepto de hidrólisis enzimática de proteínas aplicado a la resolución de un problema abordado en este laboratorio.

Novak y Cañas (2006) destacan la importancia de la comprensión conceptual del fenómeno que se investiga para obtener ganancia relevante de conocimiento, siendo los mapas conceptuales útiles no sólo en la evaluación de tal comprensión, sino también en el aprendizaje, considerándose, además, una herramienta útil para organizar y representar el conocimiento. Al respecto, la diferenciación progresiva y la reconciliación integradora, como principios básicos de la asimilación conceptual, de acuerdo con la teoría ausubeliana, son indicadores del aprendizaje significativo, los cuales pueden ser apreciados en las proposiciones y relaciones conceptuales relevantes que los estudiantes representan en los mapas conceptuales sobre el contenido científico relacionado con la situación-problema a resolver en el laboratorio. Por lo tanto, esta herramienta puede ser utilizada como instrumento de evaluación para la búsqueda de evidencias de aprendizaje significativo, como lo señala Moreira (2003).

Ahora bien, en virtud de que un enfoque didáctico constructivista permite un escenario para propiciar el aprendizaje significativo mediante la necesidad que se le presenta al estudiante de construir nuevos significados teóricos y metodológicos, aplicables a una situación-problema concreta a la que debe dar respuesta, se hace necesario el mejoramiento de los métodos de evaluación del aprendizaje para que la misma dependa de indicadores apropiados de este proceso. En este sentido, aunque se han publicado múltiples formas de evaluar los mapas conceptuales, Flores et al. (2011) presentaron una forma sencilla de evaluación a la que denominaron Método de Puntuación Unitaria (MPU) que fue utilizada para determinar el Puntaje Relativo de la Calidad Constructiva de los Mapas Conceptuales (PRCC_{MC}) en un grupo de estudiantes y la respectiva actividad práctica de laboratorio abordada. Posteriormente, Torres (2012) aplicó el MPU en el contexto del laboratorio con resultados positivos en cuanto a su potencialidad para discriminar la calidad constructiva de los mapas conceptuales.

Aunque el MPU y el PRCC_{MC} son útiles para discriminar la calidad constructiva de los mapas conceptuales, la particularidad del laboratorio como un complejo ambiente de aprendizaje ha conducido a los autores a la búsqueda de criterios que mejoren dicha evaluación. Así, considerando que una situación-problema abordada en el laboratorio amerita una solución práctica, sustentada en la capacidad del estudiante de integrar significados conceptuales teóricos y metodológicos en un contexto particular, emergió la idea de incorporar un indicador de integración de conceptos

metodológicos a los teóricos, así como un indicador de pertinencia contextual en la evaluación de los mapas conceptuales, lo que permite enriquecer los criterios evaluativos de este procesador de información a fin de determinar el nivel de construcción integrativa de significados teóricos y metodológicos a través un índice, al que se ha denominado Índice General de Construcción Integrativa de Significados (IGCIS).

En virtud de que la Cátedra de Bioquímica del Instituto Pedagógico de Caracas atiende docentes en formación de las áreas de Biología y Química, ha sido su interés central el desarrollo de investigaciones comparativas relacionadas con estos dos grupos de estudiantes con el propósito de mejorar la práctica educativa. Por lo tanto, para efectos del trabajo aquí presentado se planteó el siguiente *objetivo general* de investigación: Interpretar el nivel de construcción integrativa de significados en los mapas conceptuales elaborados por docentes en formación de Biología y de Química en torno a una situación-problema en el laboratorio de Bioquímica, bajo un enfoque constructivista, y evaluados a través de un índice general de construcción integrativa de significados (IGCIS). Para el logro del mismo se plantearon los siguientes objetivos específicos: (a) Diagnosticar los conocimientos previos de los estudiantes sobre enzimas a través de una prueba escrita; (b) Evaluar los mapas conceptuales considerando el IGCIS; y (c) Comparar el nivel de construcción integrativa de significados del grupo de Biología con el de Química.

Fundamentación Teórica

Los principios de la comprensión conceptual en la teoría ausubeliana se derivan del proceso de asimilación, como proceso psicológico del aprendizaje, y de la organización de la estructura cognitiva que este proceso finalmente genera. Desde el punto de vista conceptual, Ausubel considera que los conocimientos previos que tiene el estudiante es lo más importante que el docente debe precisar para conducir el proceso instruccional; de ahí la famosa expresión: “De todos los factores que influyen en el aprendizaje, el más importante consiste en lo que el estudiante ya sabe; averígüese esto y enséñese en consecuencia.” (Ausubel, Novak y Hanesian., 1983, p. 56). Trasladando el sentido de esta expresión al contexto del laboratorio, se asume que se hace necesario partir de lo que conocen los estudiantes sobre el contenido disciplinar pertinente, ya que este conocimiento deberá ser utilizado para integrar las bases conceptuales, tanto teóricas como metodológicas, que permitirán el diseño del trabajo de laboratorio que el estudiante desarrollará desde su propia iniciativa como actividad investigativa, bajo una orientación didáctica es constructivista.

En consistencia con la teoría ausubeliana, si consideramos que los conocimientos previos son estructuras cognitivas de anclaje, inclusores o subsumidores de la nueva información, lo que Ausubel (2002, p. 235) denomina “disponibilidad de ideas de anclaje pertinentes”, y que los mismos se modifican mediante el proceso de asimilación, entonces se puede asumir que una prueba de conocimientos previos debe pretender evaluar simplemente el status del conocimiento que el docente considera fundamental y relevante para afrontar un trabajo de laboratorio centrado en la resolución de una situación problemática nueva dentro de límites razonablemente alcanzables por el estudiante. En este sentido, el mismo Ausubel plantea algunas alternativas para determinar los conocimientos previos, las cuales son útiles como orientaciones prácticas:

La disponibilidad de ideas pertinentes en la estructura cognitiva se puede determinar mediante pretest de opciones múltiples o basados en ensayos, mediante entrevistas clínicas de tipo piagetiano, mediante el método socrático y mediante la “correspondencia cognitiva”. También se pueden emplear evaluaciones consensuadas por expertos y enseñantes de una materia para juzgar el grado y la proximidad de la pertinencia cognitiva ya existente para una tarea de aprendizaje dada. (Ausubel, 2002, p. 236)

Desde la perspectiva ausubeliana, el aprendizaje significativo es un proceso de adquisición de nuevos significados, en virtud de que el aprendiz no hace una transposición directa de los mismos a su estructura cognitiva sino que participa activamente de un proceso cognitivo para asimilarlos a expensas de la modificación de los subsumidores disponibles (Ausubel, 2002). Asimismo, señala que este proceso de interacción es activo, integrador, no arbitrario y no literal, generando como producto nuevos significados; al respecto, Caballero (2009) destaca estas características como aspectos que permiten interpretar el significado del concepto en sí como aprendizaje significativo, en términos ausubelianos. Polémicamente, Gowin (1985, p. 130) se pregunta si captar un significado es equivalente a aprender, y termina destacando que «la comprensión de los significados es sólo una condición necesaria (pero no suficiente) para el aprendizaje», de modo que no se puede aprender sin antes tener una comprensión de los significados, ya que para este autor el aprendizaje se entiende “como la reorganización activa de una pauta existente de significados” (ob. cit., p. 129), lo cual implica procesos de integración y diferenciación, es decir, la integración de los nuevos significados a los viejos. En realidad, este planteamiento no es esencialmente diferente del planteamiento ausubeliano, sólo que Ausubel discrimina niveles de aprendizaje significativo, de modo que la construcción de significados puede ser desde un nivel representacional hasta un nivel proposicional pasando por un nivel conceptual, destacando que en todos estos casos el nuevo significado se construye en interacción con la estructura cognitiva mediante el proceso de asimilación y, por ende, la comprensión significativa es mayor en la medida que se genere una mayor relación conceptual.

Esta construcción de significados implica asimilación conceptual a través de la subsunción, la diferenciación progresiva y la reconciliación integradora de conceptos, de modo que los diferentes aprendices desarrollan tramas conceptuales idiosincrásicas que pueden llegar a ser más complejas mientras más creativos son (Novak, 1988). Sin embargo, esta tarea no es fácil de lograr en los estudiantes, ya que no existen medios instruccionales que lo garanticen contra toda prueba debido a que es un proceso idiosincrásico, como lo señala Novak (2002). El producto de un aprendizaje significativo puede ser representacional, conceptual o proposicional, siendo este último de mayor nivel cognitivo, más complejo, ya que integra interactivamente y dialécticamente los anteriores, respondiendo así a un mayor grado de significado por su naturaleza relacional con otros conceptos. Esta complejidad conceptual es posible debido a la propiedad permutativa de las relaciones entre conceptos, que permite la diversidad manteniendo cierta homogeneidad que hace posible la comunicación y la función educativa (Novak, 1988). Por lo tanto, la construcción de significados es un proceso idiosincrásico cuyo contenido esencial trata de responder a algún criterio de correspondencia, aceptabilidad, veracidad, validez o pertinencia en un contexto determinado, por lo que de algún modo son sometidos constantemente a cierto juicio social a través de la interacción entre individuos en el transcurso del tiempo en múltiples escenarios, de modo que pueden ser compartidos sobre la base de aspectos similares que permiten la comunicación y negociación para lograr una cierta comprensión de las ideas expresadas.

Cabe destacar que la teoría ausubeliana plantea que el aprendizaje significativo es más eficaz que el mecánico debido a que resulta en: (a) una modificación de la estructura cognoscitiva del individuo, (b) una mayor retención de conceptos y (c) una transferencia de conocimientos para resolver situaciones problemáticas nuevas, lo cual no se debe confundir con la simple aplicación de fórmulas o resolución de ejercicios. En cuanto a la modificación de la estructura cognoscitiva, Novak y Gowin, (1988) sugirieron la elaboración de mapas conceptuales como una técnica para evidenciar los cambios cognoscitivos del individuo, lo que es coherente con lo señalado por Gowin y Álvarez (2005, p. 16): “Pensamos con conceptos. El pensamiento cambia en la medida que los

conceptos cambian. El pensar con mapas conceptuales debería estimular el pensamiento, no reprimirlo”².

Por ende, los mapas conceptuales son considerados en este trabajo como herramientas de construcción de significados en el contexto del *trabajo práctico de laboratorio* (TPL) con orientación constructivista, y cuya evaluación puede permitir discriminar el nivel de dicha construcción. En este sentido, este trabajo pretende ser un aporte sobre la potencialidad evaluativa de los mapas conceptuales en el contexto de los TPL.

Metodología

En esta investigación de campo de tipo descriptiva-comparativa se consideró la participación de 13 estudiantes de profesorado: 7 de Biología y 6 de Química, aunque inicialmente este grupo tenía también 7 estudiantes. El Cuadro 1 resume el diseño de investigación desarrollado y el tratamiento de los datos.

Cuadro 1. Diseño no experimental, descriptivo-comparativo de la investigación realizada.

Grupos comparados	Contexto y contenido disciplinar	Orientación didáctica	Variables	Recolección de datos		Análisis de datos		Tratamiento de datos
				Fuente	Momento	Técnica	Instrumento (Puntaje)	
Biología y Química	Proyecto final de laboratorio (Trabajo práctico de laboratorio sobre enzimas)	Constructivista	Conocimientos previos sobre enzimas	Prueba escrita	Antes de abordar el proyecto	Análisis de contenido	Escala de estimación (1-20 puntos)	<i>t</i> de student
			Construcción integrativa de significados	Mapa conceptual del informe de laboratorio en forma de diagrama V	Después de la ejecución del proyecto	Análisis de contenido	Mapa conceptual (IGCIS: Índice general de construcción integrativa de significado; 1-3 puntos)	- Categorización por nivel: alto, medio y bajo - <i>U</i> de Mann-Whitney

Las actividades de laboratorio se desarrollaron de la siguiente manera: (a) se realizó un taller sobre elaboración de mapas conceptuales y diagrama V al inicio del curso; (b) los estudiantes elaboraron diagramas V con mapas conceptuales (versión de avance) antes de ejecutar cada TPL para recibir la respectiva revisión docente; (c) se desarrollaron los primeros cuatro TPL como actividades investigativas por pares (equipos) de estudiantes y se entregaron los informes respectivos en diagrama V contentivo de un mapa conceptual; (d) luego cada equipo de estudiantes discutió y decidió qué hacer como proyecto de investigación final sobre enzimas, con el respectivo aval docente; (e) se aplicó una prueba de conocimientos previos sobre enzimas en la fase de pre-laboratorio del proyecto; (f) cada estudiante elaboró el diagrama V con un mapa conceptual integrado (versión de avance) antes de ejecutar el proyecto (g) se ejecutó el proyecto; y (g) cada estudiante elaboró su informe respectivo en forma de diagrama V con el mapa conceptual final incluido. El mapa conceptual debía integrar conceptos teóricos y metodológicos pertinentes a la situación-problema particular planteada; la versión final se usó para fines investigativos.

[1] Thinking changes as concepts change. Thinking with concept maps should stimulate thinking, not stifle it.

Los TPL 1 al 4 tenían como contenido disciplinar carbohidratos, lípidos, ácidos nucleicos y proteína, respectivamente. El contenido del proyecto fue enzimología, considerando básicamente los siguientes aspectos como referencia para la prueba de conocimientos previos: naturaleza de las enzimas, características enzimáticas, clasificación de las enzimas, actividad enzimática, factores que alteran la catálisis enzimática, inhibición y tipos de inhibición enzimática, representación de reacciones enzimáticas normales e inhibidas mediante ecuaciones químicas y gráficas, así como análisis interpretativo de situaciones-problemas relacionadas con la actividad enzimática.

La prueba de conocimientos previos se estructuró en cuatro partes: (a) Selección simple (Conceptual; 10 ítems; 5 puntos; 32,2% dificultad), (b) Análisis de problema teórico (Aplicativo; 6 ítems; 3 puntos; 25,8% dificultad), (c) Mapa conceptual (Conceptual; 25 conceptos claves; 2 puntos; 49% dificultad) y (d) Desarrollo (Contextual; 5 ítems abiertos; 10 puntos; 19,6% dificultad). Se evaluó con una escala de estimación (1 a 20 puntos); su grado de dificultad promedio fue mediano (45,4%).

En cuanto a la evaluación de los mapas conceptuales, se consideraron los siguientes componentes (en función no sólo de su validez, sino también de su pertinencia y relevancia en el contexto dado de la actividad investigativa desarrollada del proyecto sobre enzimas) para calcular el puntaje MPU y determinar luego el $PRCC_{MC}$:

- Los conceptos relevantes, incluyendo los ejemplos, (CR).
- Las relaciones conceptuales (RC).
- Las conexiones cruzadas (CC).
- Los niveles de jerarquías (NJ)
- Las ramificaciones (RAM).

Además, se tomaron en cuenta dos componentes:

- Los conceptos con implicaciones metodológicas para la práctica (CM)
- El número de conceptos totales seleccionados (CT), tanto relevantes como irrelevantes, pertinentes como no pertinentes.

El nivel de construcción integrativa de significados de los mapas conceptuales se determinó a través de un parámetro que se denominó Índice General de Construcción Integrativa de Significados (IGCIS), integrado por tres índices, según la siguiente relación:

$$IGCIS = CR/CT + CM/CR + IRCC_{MC}$$

A continuación se describen estos índices:

- a. El *índice de pertinencia contextual* (CR/CT), el cual se determinó en función de la relación entre el número de conceptos relevantes (CR) y el número de conceptos totales (CT), permite tener un parámetro de comparación de los mapas conceptuales en función del total de conceptos seleccionados por el estudiante y los que son realmente relevantes de acuerdo con la situación-problema correspondiente en su contexto, como lo reportan Flores et al. (2011).
- b. El *índice de inclusión de conceptos metodológicos* (CM/CR), que es un indicador de los conceptos metodológicos (CM) considerados en el mapa conceptual con relación al total de conceptos relevantes; este índice se propone por primera vez para efectos de este trabajo;

los conceptos considerados para este índice deben tener implicaciones metodológicas en el plano práctico para considerarse válidos, pertinentes y relevantes.

- c. El *índice relativo de la calidad constructiva del mapa conceptual* (IRCC_{MC}), que se deriva del puntaje relativo de la calidad constructiva del mapa conceptual (PRCC_{MC}) determinado con base en el puntaje MPU, como lo refieren Flores et al. (2011).

Con el IGCIS se precisó el *nivel de construcción integrativa de significados de los mapas conceptuales* utilizando una escala discriminada en tres niveles: alto, medio y bajo.

Análisis de los resultados

Conocimientos previos sobre enzimas

En la Tabla 1 se puede apreciar que la diferencia entre las medias de los puntajes de la prueba de conocimientos previos de los grupos no es significativa estadísticamente ($t_{vo} = 0.119 < t_{vc} = 1,895$; $p > 0,05$; g.l. = 12), por lo que se asume que los grupos tenían un nivel similar de conocimientos previos sobre enzimas. Este resultado es importante, ya que permite entender que ambos grupos abordaron su proyecto final con un nivel equivalente de conocimientos previos, por lo que no presentaban ventajas uno sobre el otro; sin embargo, se reconoce que hay una ligera tendencia superior de las medias de los puntajes del grupo de Biología. La aplicación de la prueba *t de student* se justificó sobre la base de la distribución normal de los datos, además de la homogeneidad de sus varianzas (ver datos de los puntajes en el Anexo A).

Tabla 1. Prueba *t de student* de los puntajes de la prueba de conocimientos previos de los grupos.

Grupos	Medias	t_{vo}	t_{vc}	Significancia (unilateral)	Nivel de significancia	Grados de libertad (g.l.)
Biología	12,00	0,119	1,895	0,454	$\alpha = 0,05$	12
Química	11,87					

Nota. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk mostró una distribución normal para el grupo de Biología ($W_{vo} = 0,898 > W_{vc} = 0,803$; $p = 0,318$; g.l. = 7) y para el de Química ($W_{vo} = 0,916 > W_{vc} = 0,803$; $p = 0,440$; g.l. = 7)); la prueba de Levene de homogeneidad de la varianza resultó positiva ($F_{vo} = 1,929 < F_{vc} = 4,28$; $p = 0,190$; g.l. = 6/6).

Nivel de Construcción Integrativa de Significados de los Mapas Conceptuales

En la Tabla 2 se observa que el grupo de Biología supera en el IGCIS al de Química debido a que los índices CR/CT y CM/CR son más altos en el grupo de Biología que en el de Química, contribuyendo así a elevar el IGCIS.

Tabla 2. Valores de los índices respectivos para la determinación del nivel de construcción integrativa de significados de los mapas conceptuales.

Grupo/ Estudiante	Índices componentes del IGCIS			Índice general de construcción integrativa de significados (IGCIS)	Nivel de construcción integrativa de significados	
	Índice relativo de la calidad constructiva (IRCC _{MC}) (*)	Índice de pertinencia contextual (CR/CT)	Índice de inclusión de conceptos metodológicos (CM/CR)			
Biología	GB1a	0,72	1	0,47	2,19	Alto
	GB1b	0,72	1	0,53	2,25	Alto
	GB2a	0,76	1	0,55	2,31	Alto

	GB2b	0,63	1	0,47	2,10	Medio
	GB3a	0,63	1	0,53	2,16	Alto
	GB3b	0,66	0,88	0,60	2,14	Alto
	GB4	0,62	0,50	0,58	1,70	Bajo
Química	GQ1b	0,85	0,84	0,52	2,21	Alto
	GQ2a	0,55	0,74	0,20	1,49	Bajo
	GQ2b	0,69	0,75	0,38	1,82	Medio
	GQ3a	0,85	0,88	0,48	2,21	Alto
	GQ3b	0,88	0,78	0,79	2,45	Alto (**)
	GQ4	0,41	0,71	0,47	1,59	Bajo
	Promedio GB	0,68	0,91	0,53	2,12	Medio
Promedio GQ	0,70	0,78	0,47	1,96	Medio	

Nota. Escala: Nivel bajo (1,49 – 1,80), nivel medio (1,81 - 2,13) y nivel alto (2,14 – 2,45).

(*) Ver Anexo B para los valores del PRCC determinante del IRCC.

(**) Ver Anexos C para ejemplo de mapa conceptual elaborado.

En la Tabla 3 se revela que los datos de las puntuaciones del IGCIS del grupo de Biología se distribuyen normalmente ($W_{vo} < W_{vc}$), pero no así los de Química ($W_{vo} > W_{vc}$), por lo que la comparación de los grupos amerita tratamiento no paramétrico, lo cual se realizó con la prueba de Mann-Whitney, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 3. Valores de la prueba de normalidad de Shapiro Wilk del puntaje de IGCIS

Grupos	Grados de libertad	Wvo	Wvc
Biología	7	0,791	0,803
Química	6	0,918	0,788

* Significativo a $p = 0,05$. La prueba de Shapiro-Wilk se realizó con el programa SPSS 21.0

En la Tabla 4 se observa que el valor más bajo del estadístico U de Mann-Whitney es superior al valor crítico, a un nivel de significación de 5%, para la hipótesis no direccional ($U_{vo} = 18 > U_{vc} = 6$; $p > 0,05$), por lo que no se considera estadísticamente significativo, aceptándose así la hipótesis nula de la igualdad de los puntajes (Hinkle, Wiersma y Jurs, 1988).

Tabla 4. Valor calculado del estadístico U de Mann-Whitney en la comparación de los puntajes del grupo de Biología y el de Química

Grupo	Tamaño del grupo (grado de libertad)	Suma de rangos	Valor observado de U	Valor crítico de U ($\alpha = 0,05$)	Valor de p
Biología	$N_1 = 7$	46	$U_1 = 24$	6	0,43
Química	$N_2 = 6$	45	$U_2 = 18$		

* Cálculo del estadístico U fue realizado con la herramienta: <http://www.holah.karoo.net/Mann-Whitney%20U-test.xls>

Discusión de los Resultados

Conocimientos previos

Los conocimientos previos de los grupos comparados fueron equivalentes, ya que no hubo una diferencia estadísticamente significativa, aunque el grupo de Biología mostró una ligera tendencia a un puntaje promedio superior que el de Química. Esto pudiera indicar que dicho grupo disponía de inclusores o subsumidores que les permitiría abordar el proyecto sobre enzimas desde una condición ausubeliana que favorecería su aprendizaje significativo de manera más promisoría que el grupo de Química. El nivel de conocimientos previos de los estudiantes constituye un indicador de los subsumidores disponibles para involucrarse en un proceso de asimilación conceptual, por lo que cabría esperar que el grupo de Biología se involucrara en un aprendizaje más significativo en el proyecto de laboratorio sobre enzimas que el grupo de Química. Esto no significa un absolutismo inferencial, ya que la teoría ausubeliana permite asumir que un nivel bajo de conocimientos previos puede superarse si se compensa la falta de subsumidores adecuados a través de la inversión de un mayor tiempo de dedicación y esfuerzo. En este sentido, la disposición de subsumidores adecuados y pertinentes amerita que los mismos se hayan elaborado con cierto grado de claridad, precisión y diferenciación para poder tener una potencialidad conceptual asimilativa y aplicativa en el laboratorio, ya que el trabajo de laboratorio implica no sólo conocimiento conceptual teórico y metodológico sino también conocimiento procedimental, que se integran para resolver una determinada situación-problema. Por lo tanto, los conocimientos previos tienen implicaciones importantes en el aprendizaje significativo debido a que dependen de los inclusores que pueden ser potencialmente modificados en el proceso de asimilación de la nueva información para generar una reestructuración cognitiva (Rodríguez Palmero, 2008).

Ahora bien, cabe considerar que una actividad investigativa en el laboratorio demanda en sí construcción de significados, progresividad conceptual, modificación de inclusores, ya que no es posible que el estudiante pueda abordarla exitosamente sin tener los conocimientos previos mínimos necesarios. De este modo, las puntuaciones consideradas en esta investigación constituyeron un indicador de la presencia de inclusores cognitivos relevantes para esta tarea académica; sin embargo, los mismos se tornan más complejos en la dinámica del proceso, ya que no responden a conceptos aislados sino a subsumidores de naturaleza teórica y metodológica, que requieren ser integrados intencional y sustancialmente para poder lograr una mayor comprensión sobre la situación-problema planteada. Por lo tanto, los conocimientos previos sirven de base para continuar anclando, asimilando nueva información, pero la necesidad de aplicación de conceptos relevantes a situaciones-problemas para resolverlas amerita que los inclusores se vayan diferenciando, aclarando, estabilizando y organizando de manera efectiva.

En una línea de investigación similar en el área de Física, Andrés (2005) desarrolló un trabajo considerando los invariantes operatorios de los estudiantes para abordar una situación problemática en el laboratorio, encontrando que los esquemas activados por los estudiantes son diferentes desde lo conceptual, algunos más cercanos al conocimiento científico más que otros; de igual manera, encontró limitaciones en aspectos teóricos y metodológicos que sirvieron de base para orientar la mediación didáctica. Los invariantes operatorios implican el uso de conocimientos previos, ya que los mismos afectan la transferencia, proceso fundamental en la resolución de situaciones-problemas nuevas. Asimismo, el trabajo de Torres (2012), expuso la importancia de los conocimientos previos para la progresividad conceptual en el laboratorio de Bioquímica a fin de resolver situaciones problemáticas concernientes a la hidrólisis enzimática.

Construcción integrativa de significados en el mapa conceptual

Los resultados no revelaron una diferencia significativa en cuanto el nivel de construcción integrativa de significados entre el grupo de Biología y el de Química (Tabla 4); ambos grupos lograron un porcentaje superior al 50% de estudiantes en los niveles alto y medio. Esto indica que ambos grupos se favorecieron en su aprendizaje bajo el mismo enfoque didáctico constructivista, aunque las diferencias individuales permiten apreciar que el grupo de Biología logró un mayor número de estudiantes con niveles alto/medio de construcción integrativa de significados (6/7), a diferencia del grupo de Química (4/6). Esto es coherente con la observación realizada previamente sobre la tendencia del grupo de Biología a un nivel de conocimientos previos superior al de Química. La tendencia a un nivel superior de construcción integrativa de significados del grupo de Biología se le puede atribuir al índice más alto de pertinencia contextual (CR/CT) y el de inclusión de conceptos metodológicos (CM/CR), los cuales indican que realizó una selección contextual de conceptos relevantes y una inclusión de conceptos metodológicos de forma más efectiva que el grupo de Química. Estos índices indican una construcción de significados más enriquecida para el grupo de Biología.

La construcción de significados involucra un proceso de interacción entre los conocimientos nuevos y los previos, por lo que depende del status cognitivo del aprendiz, de su estructura cognitiva, la cual puede permitir una asimilación conceptual en diferentes grados de significatividad psicológica en función de la claridad y estabilidad de los subsumidores o ideas de afianzamiento disponibles. En este proceso, los subsumidores mismos sufren transformación haciéndose más discriminables, elaborados y consolidados y, en consecuencia, más potencialmente facilitadores del aprendizaje conceptual.

En este orden de ideas, se puede decir que en el contexto de una actividad investigativa en el laboratorio de enseñanza de la ciencia, existe un desarrollo conceptual en el que el concepto o conceptos involucrados han adquirido nuevos significados en una relación dialéctica construida por el estudiante a fin de satisfacer la meta propuesta, es decir, resolver el problema planteado. Este proceso, en la medida que tiende a ser superior, de mayor calidad, más elaborado, más integrativo, pertinente y relevante, se acerca más a un aprendizaje cada vez más significativo, lo cual no es un proceso blanco-negro, de todo-nada o mecánico-significativo, sino dialécticamente progresivo en su relación construcción-asimilación conceptual dentro de la estructura cognoscitiva del aprendiz, como se puede interpretar de los planteamientos de Moreira (2012).

Esta progresividad conceptual ocurre en la medida que hay discriminación y reconciliación integrativa de nuevos significados por medio de los subsumidores pertinentes previamente elaborados. Por una parte, la discriminación o diferenciación conceptual progresiva es un mecanismo de refinamiento, enriquecimiento y afianzamiento de los subsumidores cognitivos que permite asimilar nuevos significados con un grado mayor de claridad y estabilidad, de modo que es un proceso que involucra la contrastación de ideas para poder encontrar diferencias que conduzcan a ubicarlas en distintas categorías conceptuales, contribuyendo así a enriquecer al subsumidor que las incluye, por lo que ocurre un aprendizaje subordinado, dependiente de ese inclusor, potenciador de la subsunción. Por otra parte, este proceso de diferenciación conceptual progresiva se encuentra en un dinamismo cognitivo dialéctico con la reconciliación conceptual integradora, la cual permite que durante el proceso de diferenciación conceptual se generen nuevas relaciones entre diferentes conceptos por criterios de integración que les otorga un nuevo significado, para lo cual es necesario que el aprendiz logre abstraer atributos de criterios de los diferentes conceptos para reconciliarlos en una nueva categoría conceptual, como proceso de aprendizaje supraordenado.

Finalmente, cabe señalar que la construcción de significados implica una mayor elaboración proposicional de acuerdo con la idiosincrasia de cada aprendiz, según Novak y Gowin (1988), lo cual está en contraposición a un aprendizaje mecánico, carente de significado; por lo tanto, un mayor nivel de construcción de significados se relaciona con un mayor nivel de organización, transformación y recombinación de las ideas pertinentes y relevantes a fin de satisfacer la meta propuesta, como lo señala Ausubel et al. (1983). La construcción integrativa de significados implica aprendizaje proposicional que pone en evidencia el aprendizaje conceptual inmerso en el mismo, como lo señala Pozo (1996), quien plantea que las relaciones proposicionales implican un mayor grado de complejidad y de significatividad del aprendizaje. Así, el lenguaje que utiliza el estudiante para expresar sus ideas constituye una medida de la comprensión de los significados científicos involucrados en el proceso de resolución del problema planteado en la actividad investigativa sobre enzimas. El aprendizaje significativo proposicional, en el marco de la resolución de una situación-problema, lleva implícito un aprendizaje conceptual progresivo, ya que necesariamente el aprendiz debe usar los conceptos para la búsqueda de relaciones conceptuales pertinentes y relevantes, lo cual es una forma de aprendizaje.

Consideraciones Generales y Recomendaciones

Este trabajo ha permitido apreciar la utilidad de una forma de evaluación de los mapas conceptuales que contribuye a interpretar la construcción integrativa de significados en el trabajo práctico de laboratorio bajo una orientación constructivista. El índice IGCIS integra la calidad constructiva, la pertinencia contextual y la inclusión de conceptos metodológicos pertinentes a la situación-problema planteada. Se recomienda implementar esta forma evaluativa en el laboratorio tanto para propósitos didácticos como investigativos.

Referencias

- Ausubel, D., Novak, J. & Hanesian, L. (1983). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo* (2a. ed.) México: Editorial Trillas.
- Ausubel, D. P. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva*. España: Editorial Paidós Ibérica, S.A.
- Andrés, M. M. (2005). *Diseño del trabajo de laboratorio con bases epistemológicas y cognitivas: caso carrera de profesorado de física*. Tesis doctoral no publicada, Universidad de Burgos, España.
- Caballero, M. C. (2009). ¿Qué aprendizaje promueve el desarrollo de competencias? Una mirada desde el aprendizaje significativo. *Curriculum. Revista de Teoría, Investigación y Práctica Educativa*, 22, 11-34.
- Flores, J. (2004, marzo.). *Enfoque epistemológico del laboratorio de Química: una propuesta integradora de contenidos*. Ponencia presentada en la XI Jornada Anual de Investigación y III Jornadas de Postgrado, Caracas.
- Flores, J. y Arias, H. (1999). *Hacia un enfoque investigativo del laboratorio de química*. UPEL-IPC. Caracas, 1-7.

- Flores, J. (2008, octubre). *El conocimiento teórico/conceptual y metodológico aplicado en el laboratorio de bioquímica bajo el enfoque epistemológico: un estudio de caso de la UPEL/IPC*. Ponencia presentada en la XV Jornada Anual de Investigación y VI Jornada de Postgrado, Caracas.
- Flores, J., Caballero, M.C. & Moreira, M.A. (2011). Construcción de un marco teórico/conceptual para abordar el trabajo de laboratorio usando el diagrama V: un estudio de caso de la UPEL/IPC. *Revista de Investigación*, 73(35), 241-266.
- Flores, J., Caballero, M.C. & Moreira, M.A. (2009). El laboratorio en la enseñanza de la química: una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de Investigación*, 68(33), 75-111.
- Gowin, D.B. (1985). *Hacia una teoría de la educación*. Buenos Aires: Ediciones Aragón.
- Gowin, B.D. & Álvarez, M.C. (2005). *The art of educating with V diagrams*. Cambridge: Cambridge University Press,
- Moreira, M.A. (2003). *Aprendizaje Significativo: Fundamentación Teórica y Estrategias Facilitadoras*. Porto Alegre: Universidad Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).
- Moreira, M.A. (2012). *Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares*. São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Novak, J.D. (2002). Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. *Science Education*, 86(4), 548-571.
- Novak, J.D. (1988). El constructivismo humano: hacia la unidad en la elaboración de significados psicológicos y epistemológicos. En R. Porlán Ariza (Dr.), *Investigación y Enseñanza* (pp. 23-40). Sevilla: Diada Editoras,
- Novak, J. & Cañas, A.J. (2006). *The theory underlying concept maps and how to construct them*. Disponible en <http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryCmaps/TheoryUnderlyingConceptMaps.htm> Acceso: 10 de agosto 2010.
- Novak, J.D. & Gowin, B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. España: Ediciones Martínez Roca.
- Pozo, J.I. (1996). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Ediciones Morata, S.L.
- Rodríguez Palmero, M. L. (2008). *La teoría del aprendizaje significativo en la perspectiva de la psicología cognitiva*. Barcelona: Ediciones Octaedro, S.L.
- Toulmin, S. (1977). *La comprensión humana* (Vol. I). Madrid: Alianza Editorial, S.A.
- Torres, L. (2012). *El enfoque investigativo como una alternativa para el aprendizaje significativo del concepto de hidrólisis enzimática en el laboratorio de bioquímica de la UPEL – IPC*. Trabajo de Grado de Maestría, Instituto Pedagógico de Caracas, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Caracas, Venezuela.

ANEXOS

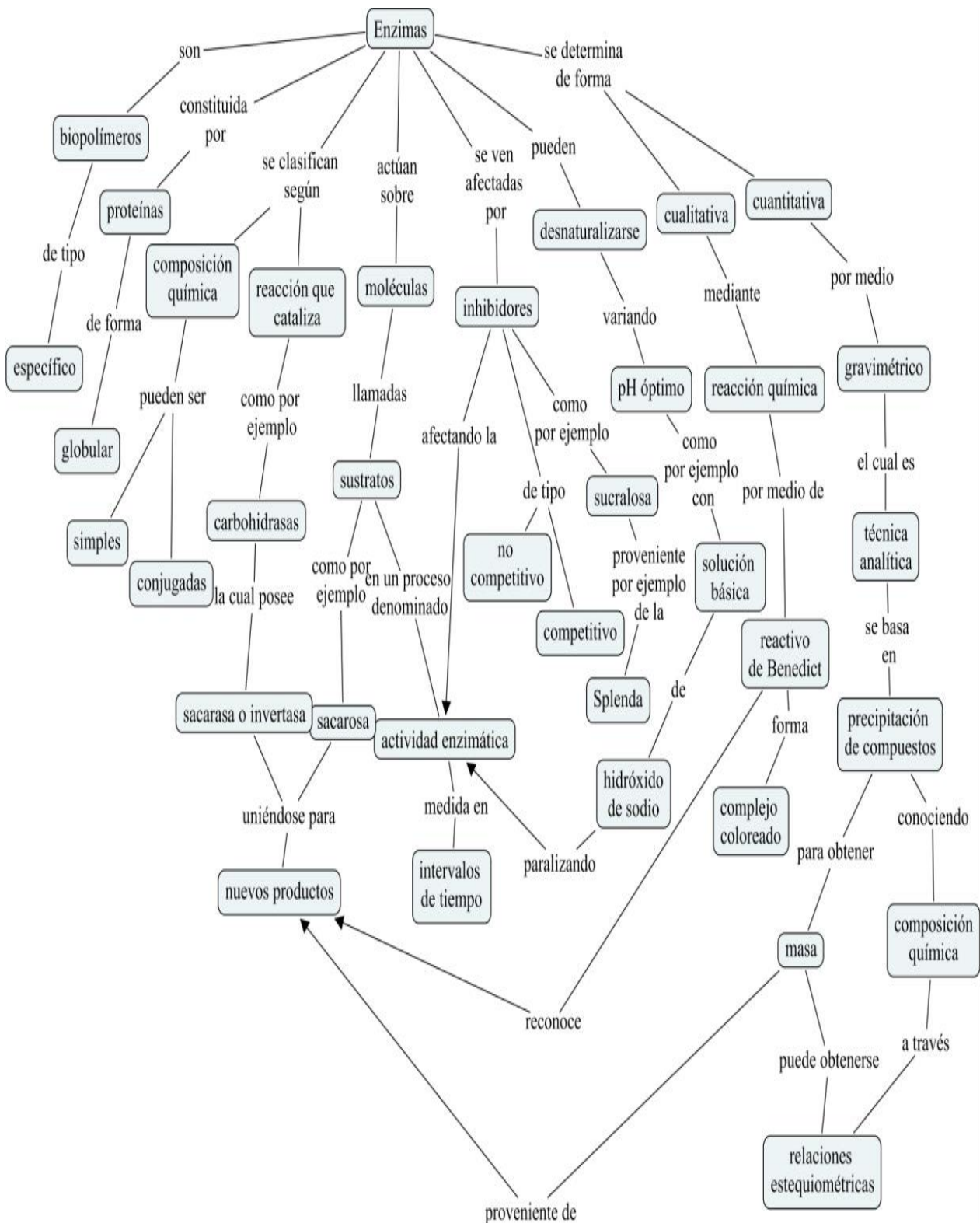
Anexo A. Valores estadísticos de la prueba de conocimientos previos sobre enzimas.

Grupo	Puntajes individuales	Media	Error estándar	Desviación estándar	Varianza	Rango	Asimetría	Curtosis
Biología	GB1a (13,9); GB1b (11,4); GB2a (11,2); GB2b (13,4); GB3a (10,6); GB3b (12,6); GB4 (10,9).	12,0	0,48	1,29	1,68	3,30	0,54	-1,64
Química	GQ1a (15,0); GQ1b (14,2); GQ2a (12,2); GQ2b (12,7); GQ3a (12,0); GQ3b (8,8); GQ4 (8,2)	11,87	0,97	2,57	6,49	6,80	-0,49	-1,01

Anexo B. Puntajes de los componentes de los mapas conceptuales elaborados por los estudiantes

Estudiante	Componentes MPU		Componentes del MPU					Puntaje (MPU)	Puntaje PRCC _{MC} (Escala 1-100)
	CT	CM	CR	RC	CC	NJ	RAM		
GB1a	19	9	19	18	1	5	4	47	72,1
GB1b	19	10	19	19	0	7	4	49	71,9
GB2a	22	12	22	26	1	5	3	57	75,9
GB2b	17	8	17	15	1	5	3	41	62,9
GB3a	17	9	17	15	1	5	3	41	62,9
GB3b	17	9	15	14	1	7	3	40	66,1
GB4	24	7	12	12	3	4	2	33	61,9
GQ1b	31	13	26	28	6	4	6	70	84,6
GQ2a	27	4	20	20	0	7	3	50	55,3
GQ2b	32	9	24	27	2	6	4	63	69,2
GQ3a	33	14	29	30	6	4	5	74	85,1
GQ3b	37	23	29	31	4	5	7	76	87,6
GQ4	21	7	15	12	0	5	3	35	40,9
Promedio GB	19,3	9,1	17,3	17,0	1,1	5,4	3,1	44	67,7
Promedio GQ	30,2	11,7	23,8	24,7	3,0	5,2	4,7	69	70,4
Prom General	24,3	10,3	20,3	20,5	2,0	5,3	3,9	61	69,0

Nota. Número de conceptos totales (CT), conceptos con implicaciones metodológicas para la práctica (CM), conceptos relevantes (CR), relaciones conceptuales (RC), conexiones cruzadas (CC), niveles de jerarquías (NJ) y ramificaciones (RAM).



Anexo C. Mapa conceptual elaborado por la estudiante GQ3b (grupo de Química). Categorizado con un nivel alto de construcción integrativa (Invertasa: sacarosa; sucralosa).