

PROGRESIVIDAD DEL APRENDIZAJE SOBRE EL CONCEPTO DE HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA EN EL LABORATORIO USANDO MAPAS CONCEPTUALES

Loimar Torres
bioquimicapedagogico@gmail.com

Julia L. Flores-Espejo
jflorespejo@hotmail.com
Universidad Pedagógica Experimental Libertador - Instituto
Pedagógico de Caracas

Sinopsis Educativa
Revista Venezolana
de Investigación
Vol. 19.2
Diciembre: 2019
pp 100 - 112

Recibido: Octubre 2019
Aprobado: Noviembre 2019

RESUMEN

Esta investigación de campo, sustentada en la teoría constructivista del aprendizaje significativo propuesta por Ausubel y enmarcada en el paradigma interpretativo, se realizó con docentes en formación de la especialidad de Biología en un curso de Bioquímica del pregrado del Instituto Pedagógico de Caracas. El objetivo fue evaluar la progresividad en el aprendizaje significativo del concepto de hidrólisis enzimática, a través del uso de mapas conceptuales (MC), tras la aplicación del mismo en la resolución de un problema práctico de laboratorio abordado con una orientación investigativa. Participaron ocho estudiantes quienes elaboraron MC en tres momentos didácticos distintos donde se empleó el método de puntuación unitaria para evaluar su calidad constructiva. Las puntuaciones de los MC de cada uno de los estudiantes se usaron para analizar su calidad constructiva. Los resultados revelan progresividad conceptual en torno al concepto de hidrólisis enzimática y la utilidad de los MC como herramientas para evidenciar la forma en la que los estudiantes reconstruyen sus significados conceptuales. Se infiere de esta manera la modificación de la estructura cognoscitiva de los estudiantes en el contexto de aprendizaje del laboratorio de bioquímica, bajo una orientación didáctica investigativa.

Palabras clave:
Progresividad conceptual, hidrólisis enzimática, mapas conceptuales, laboratorio didáctico, orientación didáctica investigativa.

PROGRESSIVITY OF LEARNING ABOUT THE CONCEPT OF ENZYMIC HYDROLYSIS IN THE LABORATORY BY USING CONCEPTUAL MAPS

ABSTRACT

The following field research, based on the constructivist theory of meaningful learning proposed by Ausubel and framed in the interpretative paradigm, was carried out with training professors of the specialty of Biology in a course of Biochemistry of the undergraduate of the Pedagogical Institute of Caracas. The objective was to evaluate the progressivity in the significant learning of the concept of enzymatic hydrolysis, through the use of conceptual maps (CM), after their application in the resolution of a practical laboratory problem addressed with a research orientation. Eight students participated, who developed CM at three different didactic moments, where it was used the unit scoring method to assess its constructive quality. The CM scores of each of the students were used to analyze their constructive quality. The results reveal conceptual progressivity regarding the concept of enzymatic hydrolysis and the usefulness of CM as tools to evidence the way in which students reconstruct their conceptual meanings. It is inferred in this way the modification of the cognitive structure of the students in the learning context of the Biochemistry laboratory, under a didactic research orientation.

Key words:
conceptual progressivity, enzymatic hydrolysis, concept maps, teaching laboratory, didactic research orientation.

PROGRESSIVITE DE L'APPRENTISSAGE SUR LA NOTION D'HYDROLYSE ENZYMATIQUE EN LABORATOIRE GRÂCE À L'UTILISATION DE CARTES CONCEPTUELLES

RÉSUMÉ

Cette recherche sur le terrain, basée sur la théorie constructiviste de l'apprentissage significatif proposée par Ausubel et encadrée dans le paradigme interprétatif, c'était fait avec des professeurs en formation de la spécialité de Biologie dans un cours de Biochimie du premier cycle de l'Institut Pédagogique de Caracas. L'objectif était d'évaluer la progressivité dans l'apprentissage significatif du concept d'hydrolyse enzymatique, grâce à l'utilisation de cartes conceptuelles (CC), après son application à la résolution d'un problème de laboratoire pratique traité dans une optique de recherche. Huit étudiants ont participé qui a développé CC à trois moments didactiques différents où il a été utilisé la méthode de notation par unité pour évaluer sa qualité constructive. Les scores CC de chacun des étudiants ont été utilisés pour analyser leur qualité constructive. Les résultats révèlent une progressivité conceptuelle autour du concept d'hydrolyse enzymatique et l'utilité de CC comme outils pour démontrer la manière dont les étudiants reconstruisent leurs significations conceptuelles. Il est inféré de cette manière, la modification de la structure cognitive des étudiants dans le contexte de l'apprentissage du laboratoire de Biochimie, dans une optique de recherche didactique.

Mot clefes:

Progressivité conceptuelle, hydrolyse enzymatique, cartes conceptuelles, laboratoire didactique, orientation didactique d'investigation.

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la ciencia se ha fundamentado tradicionalmente en una "perspectiva transmisiva sobre el desarrollo del conocimiento" (De Jong, 1988, p. 306), lo que contribuye a que el estudiante actúe como un ente pasivo, favoreciendo así un aprendizaje mecánico, como proceso opuesto del aprendizaje significativo deseado, según Moreira (2007).

Esto no ha sido una problemática única de la enseñanza teórica en el aula de clase, sino que también ha permeado estrategias didácticas diferenciales de la ciencia como es el laboratorio de enseñanza, el cual generalmente se desarrolla bajo una orientación didáctica tipo "receta de cocina", que limita al estudiante a seguir instrucciones y a responder preguntas escritas en manuales o guías prediseñadas, sin tener la oportunidad de indagar sobre sus propias interrogantes, limitando así su capacidad creativa y el desarrollo de actitudes científicas (Flores, Caballero y Moreira, 2009; García y Calixto, 1999).

Por el contrario, una orientación didáctica constructivista de la enseñanza en el laboratorio de ciencias implica abordar situaciones problemáticas abiertas que planteen retos

a la estructura cognitiva del estudiante, quien debe ser un participante activo en el planteamiento de hipótesis y diseño de metodologías para dar respuesta a un problema de investigación contextualizado que surge de su propio interés (Flores-Espejo, 2014; Gil y Valdés, 1996). Esto se corresponde con los planteamientos de Moreira y Levandowski (1983) cuando señalan que uno de los objetivos de la enseñanza de laboratorio es el aprendizaje de hábitos, técnicas y manejo de aparatos, aunque los señalamientos de Hofstein (2004) permiten apreciar que las actividades prácticas abordadas a modo de investigación son de gran utilidad didáctica, en virtud de que permiten una mayor comprensión sobre la experimentación y los conceptos, tomando en cuenta que en ellas el estudiante construye conocimientos simulando el trabajo científico. Flores-Espejo (2014) trabajó en esta dirección en el contexto del laboratorio de enseñanza de la Bioquímica bajo un enfoque epistemológico constructivista.

Por ende, los enfoques constructivistas deben abordarse en el laboratorio de enseñanza de la ciencia para favorecer la participación activa del estudiante en el proceso del aprendizaje significativo de conceptos

científicos, lo que ocurre de manera gradual, progresiva, desde la perspectiva ausubeliana; Caballero (2003) ha denominado este proceso como progresividad conceptual. Un concepto científico que ha sido investigado en la Cátedra de Bioquímica de la UPEL-IPC es el de hidrólisis enzimática (Flores, Caballero y Moreira, 2008). Este mismo concepto es ahora objeto de interés en el presente trabajo en el contexto del laboratorio debido a su función estructurante en la progresividad del aprendizaje conceptual de la bioquímica en el área de enzimas.

En este sentido, la progresividad conceptual puede ser considerada como un indicador de aprendizaje significativo (Caballero, 2003; Flores-Espejo, 2018) y puede evaluarse a través del uso de mapas conceptuales (MC), que permite su análisis tanto cualitativo como cuantitativo (Flores, Caballero y Moreira, 2011, 2014; Moreira, 2005; Novak y Gowin, 1988).

En el contexto de todo lo antes planteado, en el laboratorio de Bioquímica de la UPEL-IPC se ha venido implementando una orientación investigativa, a fin de brindar la oportunidad a los estudiantes de las áreas de Biología y Química de participar en un aprendizaje significativo de conceptos científicos de elevado nivel de complejidad que requiere de capacidad aplicativa en la resolución de situaciones problemáticas. Esto ha conducido a algunas interrogantes, como las siguientes: ¿cómo contribuye una orientación investigativa de la enseñanza del laboratorio en el aprendizaje progresivo del concepto científico sobre hidrólisis enzimática?, ¿qué revelarían los mapas conceptuales sobre la progresividad conceptual en relación con la hidrólisis enzimática?

En este contexto emergió el siguiente problema de investigación: ¿qué evidencias de progresividad en el aprendizaje significativo del concepto de hidrólisis enzimática revelan los mapas conceptuales de los estudiantes en el laboratorio de Bioquímica bajo una orientación investigativa de enseñanza? Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue: *evaluar la progresividad del aprendizaje significativo del concepto de hidrólisis enzimática a través de mapas conceptuales en el contexto del laboratorio de enseñanza de la UPEL-IPC bajo una orientación investigativa.*

Es pertinente señalar que la idea central de la investigación fue brindar un espacio didáctico en el laboratorio de enseñanza con una orientación investigativa para que el estudiante

se enfrentara a la oportunidad de modificar sus significados respecto al concepto de hidrólisis enzimática al operarlos en una situación problemática surgida de su interés particular.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El aprendizaje significativo es un concepto ausubeliano de marcada relevancia, que se entiende como el proceso mediante el cual una nueva información se relaciona de forma coherente y no arbitraria a la estructura cognitiva de quien aprende, en la que existen subsumidores o elementos de anclaje que hacen posible el proceso, dándose así una reestructuración cognitiva, que construye bases más estables para futuros aprendizajes y para la aplicación de los conceptos aprendidos a situaciones concretas (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983; Ausubel, 2002; Rodríguez, 2004). Así, el docente debe contribuir a que el estudiante construya aprendizajes significativos (Landau, Sileo y Lastres, 1997).

Este proceso de aprendizaje lleva implícita la idea central de que el conocimiento humano está en constante evolución, lo cual se manifiesta en la reconstrucción de conceptos a la luz de las experiencias vividas, siendo los conceptos los elementos estructurales constituyentes del aprendizaje individual, según Novak (1997). En tal sentido, los conceptos se consideran estructuras mentales dinámicas que evolucionan con el individuo y la época, y tienen, además, connotaciones afectivas, por lo que el aprendizaje de conceptos va de la mano con la construcción progresiva de significados, lo que Caballero (2003) reconoce como progresividad conceptual, sustentada en tres aspectos: "...la adquisición de vocabulario nuevo, junto con la posibilidad de articular esas palabras en proposiciones; la creciente capacidad de relación entre proposiciones nuevas y otras presentes en la estructura cognitiva y, por último, una mayor independencia, también creciente, de los apoyos empírico – concretos." (p. 167), generando progresivamente mayores niveles de abstracción.

Por ende, se puede afirmar que una orientación investigativa del trabajo práctico de laboratorio pudiera contribuir como una estrategia de enseñanza en ciencias que propicie la progresividad en el aprendizaje significativo de conceptos científicos. En este sentido, la teoría ausubeliana en el contexto del laboratorio de ciencias juega un papel importante, tal como lo interpretan Flores, Caballero

y Moreira (2013, 2016).

Es pertinente señalar que Novak y Gowin (1988) hacen referencia a la utilidad que pueden tener los MC en los trabajos de laboratorio y de campo, en virtud de que permiten al estudiante identificar conceptos y las relaciones relevantes entre ellos, a su vez son herramientas que facilitan la interpretación de acontecimientos o fenómenos observados, por lo que la actividad práctica no se hace de forma arbitraria sino consciente. Los autores hacen referencia a que una de las mayores contribuciones de los MC al progreso educativo está en que estos pueden ser utilizados como técnicas de evaluación, especialmente en el campo de la investigación (Flores, Caballero y Moreira, 2011, 2014).

Particularmente el concepto de hidrólisis enzimática resulta ser un contenido científico del curso de bioquímica que se aborda en los trabajos prácticos de laboratorio y que ha sido poco objeto de investigación educacional. Al respecto, Flores, Caballero y Moreira (2008) investigaron sobre este concepto dentro de la Cátedra

de Bioquímica de la UPEL-IPC, constituyendo una base para el trabajo aquí presentado. Este concepto implica conocimientos en el área de la Química General, Química Orgánica, Físicoquímica y Bioquímica, lo que lo hace muy interesante para estudiar su aprendizaje progresivo en el contexto de los trabajos prácticos de laboratorio en el curso de Bioquímica.

ABORDAJE METODOLÓGICO

Esta investigación se considera de campo en un nivel descriptivo. Los participantes fueron ocho estudiantes de pregrado inscritos en un curso de Bioquímica de la especialidad de Biología del Instituto Pedagógico de Caracas.

La investigación implicó el uso de un diseño descriptivo – comparativo. Se asignó a los estudiantes la elaboración de MC en tres momentos distintos de la investigación, en correspondencia con la planificación didáctica. En la Tabla 1 se muestra un esbozo del diseño general de la investigación.

Diseño general de la Investigación:

Grupo de Principiantes	Fase de la Investigación	Fuente de Datos	Técnica de Análisis	Momento de Aplicación
8 Estudiantes del pregrado de la especialidad de Biología inscritos en un curso de Bioquímica del IPC.	Fase I: Diagnóstica Inicial.	Mapa conceptual inicial: elaborado individualmente por los participantes haciendo uso de un listado de conceptos suministrados por el docente investigador al cual los estudiantes podían adicionar conceptos.	Se elaboró un mapa conceptual de referencia (MCR) y se evaluó empleando el método de puntuación unitaria (MPU) para proceder a evaluar y clasificar la calidad constructiva de los mapas conceptuales elaborados por cada participante.	Semana N° 2 (al iniciar el curso y sin cobertura del contenido de enzimas)
	Fase II: Previa a la aplicación del concepto de hidrólisis enzimática en la resolución de un problema práctico de laboratorio abordado con una orientación investigativo.	Mapa conceptual inicial: elaborado individualmente por los participantes partiendo de una selección libre de conceptos.	Análisis de contenido mediante el MPU.	Semana N° 2 (al iniciar el curso y sin cobertura del contenido de enzimas)

	Fase III: Aplicación del concepto de hidrólisis enzimática en la resolución de un problema práctico de laboratorio abordado con una orientación investigativo.			Semana N° 12 (en esta fase los estudiantes podían mejorar sus MC en la medida que el trabajo práctico y la asesoría docente libre lo indicara)
	Fase IV: Posterior a la aplicación del concepto de hidrólisis enzimática en la resolución de un problema práctico de laboratorio con una orientación investigativo.	Mapa conceptual final: elaborado individualmente por los participantes partiendo de una selección libre de conceptos.		Semana N° 16 (después de haber desarrollado el trabajo práctico de laboratorio y entregado el informe de laboratorio respectivo)

Contexto didáctico. El procedimiento para la aplicación de la orientación didáctica investigativa del laboratorio se basó en el material titulado “Esquema para conducir un trabajo de laboratorio en el área de química con orientación investigativa” propuesto por Flores y Arias (1990), el cual ha sido aplicado en otras investigaciones (Leal y Flores, 2017; Medina, 2016; Velásquez, 2007).

El abordaje de la actividad experimental implicó la resolución de una situación problemática contextualizada que surgió de las inquietudes particulares de cada participante a partir de la idea generadora planteada por la docente-investigadora, “estudio de la hidrólisis enzimática aplicada a estructuras peptídicas”. Las situaciones problemáticas estuvieron asociadas, en general, al análisis del efecto en la modificación de variables experimentales como el pH, la temperatura, la concentración de enzima o de sustrato sobre la actividad catalítica de una enzima específica, empleando fuentes enzimáticas accesibles para los estudiantes (fármacos de origen comercial, frutas, entre otras) y los sustratos específicos para la enzima seleccionada; un ejemplo de estos trabajos fue el referido a “Efectos de la temperatura, pH y concentración de sustrato sobre la actividad hidrolítica de la tripsina presente en el medicamento Festal”.

Tratamiento de los datos. Los MC elaborados por los estudiantes fueron examinados haciendo uso de la técnica de análisis de

contenido, mediante el método de puntuación unitaria (MPU) propuesto por Flores y otros (2011, 2014) para la evaluación de MC, como una derivación de las propuestas elaboradas por Novak y Gowin (1988) y por McClure, Sonak y Sue en 1999 (citados en Flores y otros, 2011). En este método se proponen como criterios de evaluación o unidades estructurales, los expuestos a continuación:

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 o irrelevantes (CT); relación del concepto relevante con el total seleccionado (CR/CT). El componente CT y el CR/CT no formaron parte total del puntaje del MC, aunque se usaron como parámetros de análisis complementario. (p.250).

En este método sencillo se asigna un punto a cada unidad estructural válida, lo cual arrojará una puntuación final que dará indicios de la calidad del contenido conceptual representado y relacionado, aunque para una ampliación más compleja de este método se puede consultar a Flores y otros (2011, 2014).

A efectos de tener un valor referencial que permitiría estimar la calidad constructiva de los MC realizados por los participantes se elaboró un mapa conceptual referencial, tal como lo sugieren Novak y Gowin (1988). Este MC referencial se presenta en el Gráfico 1; la leyenda ubicada en la parte inferior indica los símbolos utilizados para identificar cada una de las unidades estructurales válidas que fueron consideradas durante su evaluación.

La puntuación de este MC referencial daría un indicio numérico para estimar la calidad constructiva de los MC elaborados por los estudiantes. Resulta conveniente señalar que, tal y como lo indican los autores antes citados, los estudiantes pueden obtener puntuaciones más altas que la asignada al MCR, ya que este constituye simplemente un referente de comparación, en virtud de que fue elaborado tomando en cuenta los conceptos sugeridos a los participantes, así como las relaciones conceptuales válidas mínimas que se deben establecer en el contexto específico dado. En este sentido, un MC está sujeto a la idiosincracia de quien lo elabora y es relativo (Moreira, 2005).

El MC referencial fue elaborado por las investigadoras con los 18 conceptos sugeridos a los participantes para elaborar su MC (el concepto de Tripsina, no se encuentra encerrado en un rectángulo dentro del MC por estar ubicado como un ejemplo). En el MC referencial los conceptos son relacionados de acuerdo con las proposiciones que se considerarían aceptables en el contexto del curso de Bioquímica. Como se mencionó en el apartado del método, los estudiantes tenían la libertad de incluir conceptos adicionales en su MC de considerarlo conveniente. En la Tabla 2 se muestran los resultados evaluativos del MC referencial y, como se puede apreciar, el puntaje final de la evaluación del MC referencial fue 52.

Puntaje del MC de referencia por el método de puntuación unitaria (MPU)

Indicadores	CR	RCV	NJ	CCV	Ram	MPU
Mapa Conceptual de Referencia	18	17	7	7	3	52

CR: conceptos relevantes; **RCV:** relaciones conceptuales válidas; **NJ:** niveles jerárquicos relevantes; **CCV:** conexiones cruzadas válidas; **Ram:** número de ramificaciones conceptuales relevantes; **MPU:** puntaje obtenido mediante el método de puntuación unitaria.

A partir del puntaje del MC referencial se elaboró una escala de cinco intervalos de clase que se utilizaron para clasificar la calidad constructiva de los MC en cinco categorías, como se muestra en la Tabla 3.

Escala para la categorización de los mapas conceptuales según su calidad constructiva utilizando como referente la puntuación obtenida para el MCR

Puntuación	Calidad Constructiva
1-10	Muy Baja
11-20	Baja
21-30	Media
31-40	Alta
41-52	Muy Alta

Los criterios considerados en la evaluación de los MC fueron los siguientes: (a) En cuanto a los CR, sólo se consideraron como conceptos válidos aquellos que tenían pertinencia con el tema de la hidrólisis enzimática abordada por el estudiante; (b) en cuanto a las relaciones conceptuales válidas (RCV), se consideraron aquellas que guardaran relación con ideas científicamente aceptables sobre el tema de estudio; (c) en cuanto a los niveles jerárquicos válidos (NJ), se consideraron aquellos en los que los elementos conceptuales estaban ubicados según un nivel de inclusividad conceptual aceptable; y (d) solo se puntuó una vez cada aspecto evaluado.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los resultados se presentan a continuación considerando las fases I, II y IV, en las cuales se evaluaron los MC iniciales, de avance y finales, respectivamente.

Mapa conceptual inicial

Los resultados presentados en la Tabla 4 revelan que la mayoría de los MC elaborados al inicio del curso de Bioquímica presentaron una calidad constructiva por debajo del nivel medio, distribuidos de la siguiente manera: (a) nivel medio para participantes 5 y 8; (b) nivel bajo para

participantes 2, 3 y 7; y (c) nivel muy bajo para participantes 1, 4 y 6.

La puntuación mínima fue de 6 (participante 1) y la máxima 26 (participante 8), muy alejado de la puntuación del MC de referencia. Esto pone de manifiesto deficiencias en los significados conceptuales sobre hidrólisis enzimática de los

estudiantes al iniciar el curso de Bioquímica, como habría de esperarse.

Puntaje y clasificación según la calidad constructiva de los MC iniciales elaborados por los participantes en la fase I de la investigación

Mapa del Participante	CR	RCV	NJ	CCV	Ram	PUNTAJE MPU	Calidad Constructiva
1	4	1	1	0	0	6	Muy Baja
2	10	8	1	0	0	19	Baja
3	7	5	2	0	0	14	Baja
4	2	2	3	0	1	8	Muy Baja
5	12	10	3	0	0	25	Media
6	3	0	0	0	0	3	Muy Baja
7	7	5	1	0	0	13	Baja
8	13	9	3	0	1	26	Media

Mapa conceptual de avance

Los MC de avance se caracterizaron por ser simples y poco elaborados, con una limitada inclusión de conceptos relevantes, aunque fueron

escogidos libremente por el estudiante y elaborados antes de desarrollar el trabajo práctico de laboratorio respectivo. Los resultados se sintetizan en la Tabla 5.

Mapa del Participante	CR	RCV	NJ	CCV	Ram	PUNTAJE MPU	Calidad Constructiva
1	6	5	3	0	0	14	Baja
2	6	4	3	0	0	13	Baja
3	7	5	3	0	0	15	Baja
4	6	4	3	1	0	14	Baja
5	7	6	5	0	0	18	Baja
6	7	3	3	0	1	14	Baja
7	10	5	4	0	2	21	Media
8	10	7	3	0	1	21	Media

CR: conceptos relevantes; **RCV:** relaciones conceptuales válidas; **NJ** niveles jerárquicos válidos; **CCV:** conexiones cruzadas válidas y **Ram:**

ramificaciones conceptuales relevantes; **MPU:** puntaje obtenido mediante el método de puntuación unitaria.

El puntaje obtenido oscila entre un mínimo de 13 (participante 2) y un máximo de 21 (participantes 7 y 8), siendo este último un valor bastante alejado del MC referencial, indicando poco progresos conceptual significativo.

elaborados al finalizar el desarrollo del trabajo práctico de laboratorio se muestran en la Tabla 6.

Mapa conceptual final

Puntaje de los MC finales elaborados en la fase IV de la investigación

Los resultados de la evaluación de los MC

Mapa del Participante	CR	RCV	NJ	CCV	Ram	PUNTAJE MPU	Calidad Constructiva
1	22	14	3	1	1	41	Muy Alta
2	58	68	11	7	7	151	Muy Alta
3	40	44	6	2	6	98	Muy Alta
4	24	21	9	1	4	59	Muy Alta
5	23	15	3	2	3	47	Muy Alta
6	24	18	5	0	3	50	Muy Alta
7	43	32	6	4	3	88	Muy Alta
8	24	16	2	0	2	44	Muy Alta

Nótese el incremento en la calificación obtenida por los participantes en relación con la calidad constructiva de sus mapas conceptuales finales al compararlos con los iniciales. La evaluación permite observar una puntuación mínima de 41 (participante 1) y una puntuación máxima de 151 (participante 2), lo cual es reflejo de progres en la calidad constructiva de los MC como producto de la resolución del problema práctico de laboratorio con orientación investigativa.

del proceso evaluativo, se puede afirmar que los participantes manifestaron avances en la calidad constructiva de sus MC, como se puede observar en la Tabla 7.

En los MC elaborados finales se evidenció la influencia que ejerció la aplicación del concepto en la resolución del problema práctico de laboratorio, ya que se incorporan aspectos como: factores que afectan la actividad hidrolítica de las enzimas (el pH, la temperatura, la concentración de enzima, la concentración de sustrato y la presencia de inhibidores), las fuentes de enzimas y los métodos de análisis empleados, correspondientes con ideas científicas aceptables.

El factor común es que entre el MC inicial y el MC final la calidad constructiva aumenta, llegando inclusive a alcanzar puntuaciones elevadas, como es el caso del participante 2 cuyo MC final obtuvo una puntuación de 151, siendo la más alta del grupo de análisis y superior a la del MC de referencia. Esta calidad responde a una mejora en la selección de conceptos relevantes, el establecimiento de relaciones conceptuales válidas y los niveles de jerarquización en cuanto al progreso observado entre el MC inicial y el MC de avance; sin embargo, las conexiones cruzadas válidas y las ramificaciones aparecen con más fortaleza en el MC final, de modo que entre el MC inicial y el MC final el enriquecimiento conceptual es sustancial.

Comparación de los MC en sus diferentes momentos de construcción

Evidencias cuantitativas de progresividad conceptual. En cuanto a las evidencias de progresividad conceptual identificadas mediante el uso de MC como estrategias facilitadoras

El factor común es que entre el MC inicial y el MC final la calidad constructiva aumenta, llegando inclusive a alcanzar puntuaciones elevadas, como es el caso del participante 2 cuyo MC final obtuvo una puntuación de 151, siendo la más alta del grupo de análisis y superior a la del MC de referencia.

Esta calidad responde a una mejora en la selección de conceptos relevantes, el establecimiento de relaciones conceptuales válidas y los niveles de jerarquización en cuanto al progreso observado entre el MC inicial y el MC de avance; sin embargo, las conexiones cruzadas

válidas y las ramificaciones aparecen con más fortaleza en el MC final, de modo que entre el MC inicial y el MC final el enriquecimiento conceptual es sustancial.

Evaluación de los MC elaborados en las diferentes fases de la investigación

MC	Puntaje MPU del MC			Calidad Constructiva		
	Fase I	Fase II	Fase III			
1	6	14	41	Muy Baja	Muy Alta	Muy Alta
2	19	13	151	Baja	Muy Alta	Muy Alta
3	14	15	98	Baja	Muy Alta	Muy Alta
4	8	14	59	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
5	25	18	47	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
6	3	14	50	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
7	13	21	88	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
8	26	21	44	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta

Los resultados sugieren que el proceso constructivo evidenciado en los MC responde de la siguiente manera, tomando en consideración los puntajes obtenidos: (a) los MC 1, 4, 6 y 7 muestran un avance progresivo notorio; (b) el MC 3 muestra un avance lento inicialmente pero notorio al final; y (c) los MC 2, 5 y 8 mostraron aparentes retrocesos que luego sirvieron de impulso para mejorar notoriamente al final. Sin embargo, los MC 2, 3, 4 y 7 lograron un puntaje superior al del MC referencial.

El MC final destaca proposiciones asociadas con la actividad experimental, como los factores que afectan la actividad enzimática (pH, temperatura, inhibidores y concentración de sustrato), además de conceptos instrumentales como espectrofotometría UV-visible. La inclusión de estas proposiciones evidencia la influencia que ejerció el desarrollo de la actividad práctica

de laboratorio abordada con una orientación investigativa en el proceso constructivo del aprendizaje significativo de los participantes en relación con el concepto de hidrólisis enzimática y ponen de manifiesto la evolución desde un significado meramente declarativo hacia uno procedimental.

Evidencias cualitativas de progresividad conceptual. La Tabla 8 presenta el incremento en la variedad de conceptos relevantes identificados en los MC elaborados por los estudiantes de forma progresiva. Como se puede apreciar, destacan los conceptos asociados directamente con la actividad experimental, como los factores que afectan la actividad catalítica de las enzimas y los métodos experimentales que se pueden emplear para el estudio de la actividad enzimática.

Conceptos identificados en los MC elaborados en diferentes momentos

Mapa Conceptual	Conceptos encontrados en los MC
MC Inicial	Hidrólisis, agua, enzimas, proteínas, incorporación, lipasa, enzimática, ruptura, enlace amida, amilasa, reacción química, ácida, básica, incorporación, carbohidratos, tripsina.
MC de Avance	Hidrólisis, agua, enzimas, enzimática, ruptura, enlace, ácida, básica, degradación, enlace peptídico, hidrolasas, grupo amino, grupo carboxilo
MC Final	Hidrólisis, agua, enzimas, proteínas, incorporación, lipasa, enzimática, ruptura, enlace, amilasa, reacción química, ácida, básica, degradación, carbohidratos, tripsina, enlace peptídico, hidrolasas, grupo amino, grupo carboxilo, destrucción, aminoácidos, enantiómeros, formación, liberación, pH, temperatura, oncentración de sustrato, protón, hidroxilo, peptidasas, endopeptidasas, mecanismo de reacción, factores físicos, noncentración de enzima, cinética de Michaelis –Menten, colorimetría, espectrofotometría UV-vis, sitio activo, serin proteasas, laboratorio experimental, factores químicos, metabolitos, fármacos, productos comerciales, especificidad, racemización, inespecífica, páncreas, exopeptidasas, reacción de Biuret, complejo de coordinación, absorbancia, concentración, curva de calibración, digestión, metabolismo, inhibición competitiva, inhibición no competitiva, complejo enzima – sustrato, caseína, variables, rapidez de reacción

La inclusión de proposiciones directamente vinculadas con la ejecución experimental es una evidencia de la repercusión de la actividad experimental abordada con enfoque investigativo en el proceso constructivo del concepto de hidrólisis enzimática de los participantes pues revela un desplazamiento del uso de los conceptos de forma meramente declarativa hacia un uso procedimental y operativo en la resolución de problemas de investigación contextualizados.

DISCUSIÓN

Progresividad conceptual entre el MC inicial y el MC de avance

Si se hace un análisis de la panorámica general del resultado de los MC iniciales es posible afirmar que los estudiantes tenían una limitada noción del concepto de hidrólisis enzimática. Las evidencias encontradas reflejan un dominio muy limitado de las ideas nuevas que se supone deberían ser incorporadas por primera vez en el curso de Bioquímica. El hecho de que estos conceptos sean nuevos y tengan un elevado nivel de complejidad puede estar asociado con la poca estructuración que manifiestan los estudiantes respecto a ellos, lo cual permite inferir que no han sido incorporados en su estructura cognoscitiva.

Conocer las ideas de los estudiantes antes de abordar un contenido disciplinar es lo que Ausubel y otros (1983) han denominado conocimientos previos, una variable considerada como el factor más importante de todos los que determinan la adquisición de aprendizajes significativos, razón por la cual señalan que es necesario averiguar su estado previo para poder consecuentemente enseñar de acuerdo con la necesidad cognoscitiva encontrada.

En este sentido, se puede señalar que el MC inicial reveló un primer momento sobre los conocimientos previos de los estudiantes, antes de haberse abordado el contenido de enzimología; otro momento se puede identificar con el MC de avance, el cual reveló los conocimientos previos de los estudiantes después de haberse cubierto el contenido teórico, pero antes de desarrollarse el trabajo práctico de laboratorio. En este sentido, los conocimientos previos iniciales se enriquecieron después de abordarse el contenido teórico de enzimas.

Entre estos dos momentos se pudo observar que los estudiantes realizaron diferentes ajustes a sus significados conceptuales, algunos de los cuales parecen más bien desmejorar en relación con su MC inicial (participantes 2, 5 y 8).

Sin embargo, el proceso de reorganización cognoscitiva no es lineal y puede involucrar avances y retrocesos que redundan en un progreso global, sustancial y complejo de todo el aparato cognoscitivo-conceptual relacionado con el tema abordado, en este caso la hidrólisis enzimática, con la finalidad de lograr un mayor esclarecimiento de las ideas involucradas, lo cual es coherente con lo que señala Moreira (2007), quien señala que el proceso de adquisición de aprendizaje significativo es lento, no lineal, ocurriendo con rupturas e involucrando el aprendizaje mecánico en ciertas etapas. Esto responde a la dinámica de la progresividad conceptual planteada por Caballero (2003).

Estos resultados del MC inicial y el MC de avance constituyen una herramienta útil para la organización secuencial del contenido disciplinar a fin de favorecer el aprendizaje significativo; sin embargo, en el contexto del laboratorio bajo una orientación didáctica constructivista la dinámica permite un mayor grado de interacción con los estudiantes sobre la base de sus inquietudes en torno al trabajo práctico que desarrollan desde una perspectiva de investigación, razón por la cual esta organización secuencial del contenido debe ser vista desde este ambiente de aprendizaje y no desde lo que ocurre en el aula de clase (Flores, Caballero y Moreira, 2013).

Progresividad conceptual entre el MC de avance y el MC final

El MC final elaborado por los estudiantes tiene una mayor cantidad de conceptos relevantes en comparación con el MC de avance, sugiriendo una mejoría en la estructuración y organización de las ideas relacionadas con el concepto de hidrólisis enzimática en la estructura cognitiva, tal como se puede interpretar de acuerdo con lo señalado por Novak y Gowin (1988) y Moreira (2005), quienes plantean que un MC puede ser útil para tener una panorámica del significado que el estudiante le atribuye a un determinado conocimiento así como de la organización conceptual asociada al mismo.

Igualmente, todos los otros elementos analizados en los MC sufren una mejoría importantes después de la realización del trabajo práctico de laboratorio, lo que refleja la necesidad de enfrentar al individuo con situaciones que le planteen interrogantes y que brinden la oportunidad de poner en práctica lo que sabe a fin de hacerlo consciente de su aplicabilidad, con lo que podrá identificar inconsistencias y buscar nuevas asociaciones más lógicas y aplicables.

Estas mejoras en la calidad constructiva de los MC finales se pueden atribuir al progreso en la construcción del significado que los estudiantes le otorgan al concepto de hidrólisis enzimática logrado durante el proceso de aplicación del concepto en la resolución de un problema práctico de laboratorio abordado bajo una orientación investigativo. Lo descrito se corresponde con lo planteado por autores como Novak y Gowin (1988) y Moreira (2005) cuando señalan que los MC pueden incorporarse a las actividades prácticas de laboratorio, ya que permiten no solo visualizar la estructuración conceptual del estudiante en torno a un tema en particular, sino que también favorecen los procesos de integración, reconciliación y diferenciación de conceptos, situación también planteada por Flores, Caballero y Moreira (2014) y Flores-Espejo (2014).

Las evidencias encontradas en los MC, sugieren que el aprendizaje significativo del concepto de hidrólisis enzimática representa un ejemplo de aprendizaje superordenado, ya que pasa a subordinar conceptos menos generales e incluyentes existentes en la estructura cognitiva de quien aprende, propiciando reconciliación integradora de conceptos que los estudiantes no tenían claros.

Finalmente, cabe destacar que la variable conocimientos previos ha sido recientemente considerada particularmente en el contexto del laboratorio de ciencias, en el que se destaca que estudiantes bajo una orientación didáctico constructivista del laboratorio pudieron lograr un aprendizaje significativo superior al de aquellos estudiantes bajo una orientación tradicional; en dicho caso se observó también que los estudiantes bajo una orientación constructivista desarrollaron un nivel superior de conocimientos previos antes de abordar el trabajo práctico de laboratorio sobre enzimas (Flores-Espejo y Moreira, 2018). Tomando en consideración este referente investigativo, hay que señalar que sus resultados son consistentes con los obtenidos en el presente trabajo en general, en virtud de que el progreso de los estudiantes se hizo notorio en el MC final, en el que se reveló una calidad constructiva muy alta, como indicador de aprendizaje significativo sobre hidrólisis enzimática, aunque se observan diferentes patrones de progresividad conceptual, revelando así la complejidad de este proceso.

El análisis de los MC elaborados por los estudiantes en las distintas etapas de la investigación, permite inferir que participaron de un proceso de construcción de significados

conceptuales que interpretable como progresividad conceptual en el contexto del laboratorio didáctico de bioquímica con una orientación investigativa, situación que se corresponde con las ideas propuestas por autores como Lopes (2002), Andrés (2005), Miranda y Andrés (2009), y Flores (2014), quienes coinciden en señalar que las actividades prácticas de laboratorio pueden contribuir en el proceso orientado a facilitar el aprendizaje de conceptos científicos, mediante la participación del estudiante en el planteamiento de problemas y la búsqueda de alternativas de solución de forma activa y consciente.

CONCLUSIONES

La aplicación del concepto de hidrólisis enzimática en la resolución de problemas prácticos de laboratorio, abordados con una orientación didáctica investigativa, promueve la movilización de ideas en la estructura conceptual de quien aprende, poniendo de manifiesto que los MC elaborados después de la resolución del problema práctico de laboratorio bajo esta orientación de enseñanza tienen una mayor calidad constructiva.

La investigación permite valorar el uso de los MC en los procesos orientados tanto al aprendizaje significativo de conceptos científicos como a la evaluación de los mismos, ya que brindan información útil con relación a la progresividad conceptual que experimenta el estudiante durante el proceso constructivo de aprendizajes significativos.

Cabe destacar también que los resultados de este trabajo fortalecen la línea de investigación sobre progresividad conceptual en el área de enseñanza de las ciencias, de lo cual hay muy poca investigación reportada, especialmente en el campo del aprendizaje de la Bioquímica. Por lo tanto, en el proceso constructivo del aprendizaje significativo del concepto de hidrólisis enzimática, resulta de utilidad la búsqueda de elementos de progresividad conceptual llevada a cabo en el laboratorio bajo una orientación didáctica investigativa, por lo cual se recomienda su uso, no solo en futuras investigaciones, sino en la práctica pedagógica cotidiana dentro del laboratorio de enseñanza de ciencias, como es el caso del laboratorio didáctico de Bioquímica de la UPEL-IPC.

REFERENCIAS

- Andrés, Ma. M. (2005). *Diseño del trabajo de laboratorio con bases epistemológicas y didácticas: caso carrera de docentes de Física. Tesis Doctoral. Universidad de Burgos, España. ISBN 978-84-96394-59-9.*
- Ausubel, D. (1982). *Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva. España: Editorial Paidós Ibérica, S.A.*
- Ausubel, D, Novak, J y Hanesian, H.(1983). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo. México: Editorial Trillas.*
- Caballero, M.C. (2003). *La progresividad del aprendizaje significativo de conceptos. En Rodríguez, M.L. (Compiladora). La teoría del aprendizaje significativo en la perspectiva de la psicología cognitiva. (pp. 162-197). Barcelona: Octaedro.*
- De Jong, O. (1998). *Los experimentos que plantean problemas en las aulas de química dilemas y soluciones. Enseñanza de las Ciencias, 16(2), 305-314.*
- Flores-Espejo, J.L. (2014). *Un enfoque epistemológico-constructivista para facilitar el aprendizaje en el laboratorio desde una perspectiva ausubeliana. Tesis doctoral no publicada, Universidad de Burgos, España.*
- Flores-Espejo, J.L. (2018). *Una evaluación del aprendizaje significativo con criterios ausubelianos prácticos. Un aporte desde la enseñanza de la bioquímica. Investigación y Postgrado, 33 (2), 9-29.*
- Flores, J. y Arias, H. (1999). *Hacia un enfoque investigativo del laboratorio de Química. UPEL-IPC. Caracas, 1-7.*
- Flores, J., Caballero, M.C. y Moreira, M.A. (2008). *Una interpretación del concepto de hidrólisis en estructuras peptídicas en un curso de bioquímica del IPC en el contexto de la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud. Revista de Investigación, 64, 135-159.*
- Flores, J., Caballero, M. y Moreira, M. (2009). *El laboratorio de enseñanza de las ciencias: Una visión integral de este complejo ambiente de aprendizaje. Revista de Investigación, 68(33), 75-111.*

- Flores, J., Caballero, M. y Moreira, M. (2011). *Construcción de un marco teórico conceptual para abordar el trabajo de laboratorio usando el diagrama V: Un estudio de caso en UPEL/IPC. Revista de Investigación, 73(35), 241-266.*
- Flores, J., Caballero, M.C. y Moreira, M.A. (2013). *Una interpretación de la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel en el contexto del laboratorio didáctico de ciencias. Aprendizagem Significativa em Revista, 3(3), 41-54.*
- Flores, J., Caballero, M.C. y Moreira, M.A. (2014). *Los mapas conceptuales como instrumentos evaluativos del nivel de construcción integrativa de significados en el laboratorio de bioquímica bajo un enfoque constructivista. Investigações em Ensino de Ciências, 19(3), 611-624.*
- Flores-Espejo, J. y Moreira, M.A. (2016). *La actitud de aprendizaje en el laboratorio de ciencias: diseño de un instrumento con fundamento teórico ausubeliano. Aprendizagem Significativa em Revista, 6(3), 89-101.*
- Flores-Espejo, J. y Moreira, M.A. (2018). *Los conocimientos previos como variable ausubeliana de aprendizaje en el laboratorio bajo enfoques didácticos diferentes. Aprendizagem Significativa em Revista, 8(3), 01-11.*
- García, M. y Calixto, R. (1999). *Actividades experimentales para la enseñanza de las ciencias naturales en educación básica. Perfiles Educativos, 83 (84), s/p.*
- Gil, D. y Valdés, P. (1996). *Un ejemplo de laboratorio como actividad investigadora: segundo principio de la dinámica. Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales, 6, 93-102.*
- Hofstein, A. (2004). *The laboratory in chemistry education: thirty years of experience with developments, implementation and evaluation, Chemistry Education: Research and Practice, 5 (3) 247-264.*
- Landau, L., Sileo, M. y Lastres, L. (1997). *Transformación de un trabajo práctico tradicional. Educación Química, 8(4), 200-204.*
- Leal, C. y Flores, J.L. (2017). *Efectos sobre la habilidad comunicativa escrita, de diferentes formas de agrupación, en el laboratorio de Química. Revista Educación Superior y Sociedad, 18, 21 - 39.*
- Lopes, B. (2002). *Desarrollar conceptos de física a través del trabajo experimental: evaluación de auxiliares didácticos. Enseñanza de las Ciencias, 20 (1), 115-132.*
- Medina, D. (2016). *Un aporte hacia la formación de competencias profesionales a través de una orientación constructivista del laboratorio de química en estudiantes de la Escuela Técnica Industrial Julio Calcaño. Trabajo de grado no publicado, Instituto Pedagógico de Caracas, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Caracas, Venezuela.*
- Miranda, C. y Andrés, M. (2009). *El aprendizaje en el laboratorio basado en resolución de problemas reales. Sapiens. Revista Universitaria de Investigación, 2, 181- 194.*
- Moreira, M. (2005). *Mapas conceptuales y aprendizaje significativo en ciencias. Revista Chilena de Educación en ciencias, 4(2), 38-44.*
- Moreira, M. A. (2007). *Aprendizaje significativo: de la visión clásica a la visión crítica. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/visionclassicavisioncritica.pdf> [Consulta: 2017, Febrero 13].*
- Moreira, M. y Levandowski, C. (1983) *Diferentes abordajes de la enseñanza de laboratorio. Porto Alegre: Editora da Universidade.*
- Novak, J. (1997). *Retorno a clarificar con mapas conceptuales. En Moreira. M. A., Caballero y M.L. Rodríguez (Orgs.), Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo (pp. 47-63). España: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Burgos.*
- Novak, J. y Gowin, B. (1988). *Aprendiendo a aprender. Barcelona: Ediciones Martínez Roca.*
- Rodríguez, M. (2004). *La teoría del aprendizaje significativo. [Documento en línea]. Disponible: <http://cmc.ihmc.us/papers/cmc2004-290.pdf> [Consulta: 2018, Julio 15].*
- Velázquez, B. (2007). *Influencia del enfoque investigativo sobre el aprendizaje en el laboratorio de química de 9º grado de educación básica. Disertación (Maestría en Educación Mención Enseñanza de la Química) - Instituto Pedagógico de Caracas, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Caracas.*