

VALORACIÓN ESTADÍSTICA DE CAMBIO COGNITIVO EN ESTUDIANTES DE BIOLOGÍA, USANDO LOS CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE LA GLUCÓLISIS*

Sergio R. Torres Ochoa

Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. Correo E: storres@umich.mx

RESUMEN

El artículo se centra en la comprensión de conceptos fundamentales de la glucólisis, a partir de la capacidad de reconocimiento de estructuras lógicas proposicionales, en una muestra de estudiantes de la carrera de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. El propósito fue valorar el cambio cognitivo, en los estudiantes, evidenciado a partir de los resultados promediados y sometidos a análisis estadístico de un instrumento diseñado ad hoc. De 12 reactivos originales del instrumento, correspondientes a un criterio teórico conceptual de la glucólisis, 6 fueron validados por prueba de Cronbach. Solamente un reactivo evidenció un cambio cognitivo significativo, en la fase post-prueba, y ninguno fue reconocido como de conocimiento previo, durante la fase de pre-prueba.

PALABRAS

CLAVE:

Glucólisis, cambio cognitivo, educación superior, evaluación educativa.

ABSTRACT

The article focuses on understanding the fundamental concepts of glycolysis, from the ability of propositional logical structure recognition, in a sample of students from the career of Biology from the Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. The purpose was to assess cognitive change in students, as evidenced from the results averaged and subjected to statistical analysis of an instrument designed ad hoc. Of 12 original items of the instrument, corresponding to a theoretical and conceptual approach of glycolysis, 6 were validated by Cronbach test. Only a reagent showed significant cognitive change in the post-test, and none was recognized as prior knowledge, during the pre-test.

KEY WORDS:

Glycolysis, cognitive change, higher education, educational evaluation

INTRODUCCIÓN

La formación que ubicamos en el nivel superior está íntimamente ligada a la estructura social deseable de sistematizar y planificar el desarrollo de una Nación; es lo que identificamos como noción estratégica del proceso civilizatorio moderno. Éste se sustenta principalmente en los avances científicos y tecnológicos. De ahí que la formación profesional esté determinada por la generación y aplicación del conocimiento científico, no es casual que se considere como sustantiva la relación entre la docencia y la investigación en las instituciones de educación superior. En ese contexto, el tener conciencia de que se está asimilando conocimiento tendría que ser una habilidad esencial del sujeto

en formación; resulta impensable hoy que las diferentes carreras universitarias no se acerquen lo más posible a los campos científicos de su competencia. Los profesores del tercer nivel exigimos y orientamos la formación de los alumnos en las rutas procedimentales y estructuras cognoscitivas que aporta el campo, disciplina o área científica relacionados con la asignatura que nos corresponde impartir en la cátedra. Una parte fundamental de este insumo curricular lo constituye el conjunto de conceptos, y las relaciones entre ellos, que delimita el contenido teórico programático. Esta delimitación generalmente la consideremos restrictiva: difícilmente alcanza el ciclo lectivo respectivo; se requeriría, como mínimo, duplicar la cantidad de información contemplada, habría que insistir

en la creación, dentro del plan de estudios, de materias adicionales y seriadas en proporción al conocimiento generado a nivel global. Esto último es una contradicción constitutiva ya que, precisamente, una de las características de la ciencia es su crecimiento acelerado y continuo, así que es poco menos que imposible establecer un procedimiento formativo paralelo al ímpetu de la ciencia, en cuanto a generación de conocimiento.

El incremento cuantitativo de tiempo y contenidos dentro de un programa de estudios, para subsanar deficiencias operativas de una asignatura universitaria hoy, es una empresa condenada al fracaso. Una postura estratégica que se ha sostenido, desde no hace poco tiempo, es la de insistir en el alumno en el reconocimiento de su papel como aprendiz permanente. Conforme se generan los conocimientos, el sujeto tendrá que estar predispuesto a su comprensión, bajo un criterio específico de lo que le incumbe en su desempeño profesional. Como se mencionó al principio, el estudiante debe tomar conciencia de su asimilación del conocimiento y de que ésta depende de su disposición y voluntad, ni más ni menos.

La teoría cognitiva señala la pertinencia de tomar en cuenta los procesos neurobiológicos que sustentan la asimilación del conocimiento, la expresión de las conductas y el desarrollo de habilidades cognoscitivas, considerando entre otras, la correlación experimental entre redes neuronales y procesos cognoscitivos como la comprensión y el reconocimiento que, en términos neurobiológicos se expresa en la conciencia de algo: "...es tener una representación neural, flexible y dinámica de ese algo" (1) o, como el mismo autor anota: las funciones mentales son propiedades emergentes del sistema nervioso. Estas tendencias no son precisamente nuevas, sin embargo, bajo criterios científicos aportan continuamente conocimientos nuevos que apuntalan modelos educativos sugerentes, por decir lo menos. Puede mencionarse como ejemplo de esas tendencias la relación entre la ciencia del cerebro (neurobiología) y la psicología cognitiva, que da lugar al surgimiento de un nuevo marco intelectual para examinar las funciones mentales (2).

Las bases neurobiológicas y los estudios sobre percepción y representaciones mentales son el sólido sustento para algunas de las orientaciones de orden psicopedagógico que procuran acercarse a la aparente insalvable contradicción: incremento de información científica vs restricción cognoscitiva y temporal para su asimilación, dentro del marco de un currículo específico. Es de destacarse que "es muy generalizado el desconocimiento de los procesos cognoscitivos y su importancia en edu-

cación, epistemología y filosofía de la ciencia" (3).

El modelo aquí reseñado sobre valoración de cambio en el conocimiento de conceptos fundamentales de las ciencias es apenas un mecanismo en construcción a partir de investigación educativa que se enmarca dentro de los estudios referidos en el párrafo anterior. El modelo está siendo operado en las ciencias biológicas y específicamente el tratado aquí se refiere a la bioquímica. Concretamente se abordó el contenido de lo que se conoce como glucólisis (4-8).

El objeto del estudio, es valorar la capacidad desarrollada de cambio cognitivo durante la intervención docente en un curso de bioquímica, sobre el tema glucólisis, a nivel superior. El sustento teórico de este cambio radica en que las estructuras cognoscitivas están supeditadas a las complejas conexiones de redes neuronales, de la corteza cerebral y otras estructuras del sistema nervioso central. Se asume teóricamente que la construcción de redes neuronales obedece a estímulos percibidos que se traducen en información codificada que, en términos psicológicos, se reconocen como representaciones. Estas representaciones a su vez correlacionadas generan esquemas mentales que se registran cerebralmente y que reconocemos como conocimiento. El conflicto (relación contradictoria, de acuerdo a Piaget) (9) entre un conocimiento previo y otro nuevo genera cambios significativos que tentativamente (fundamento metodológico de este estudio) pueden identificarse como aprendizaje. La acumulación de este aprendizaje o cambios cognitivos, en su conjunto, es equiparada a la llamada memoria de largo plazo a la que se le adjudican otras propiedades y se modifica el concepto hacia el principio de la codificación específica, que se refiere a la relación entre codificación de elementos de memoria y su codificación posterior (3), lo que en términos prácticos se interpreta aquí como conocimiento previo y asimilación de conocimiento, respectivamente. A esta memoria no puede adjudicársele una temporalidad aunque hay estudios que intentan clasificarla. Se sabe que permanece en las redes pero es sumamente complejo definir el lapso, se asume que a mayor significancia, mayor será su alcance en el tiempo. Eso hace que se tome como cambio cognitivo al conocimiento asimilado en estructuras jerárquicas lógicas, donde los conceptos y sus relaciones semánticas juegan un papel preponderante (10). En el caso de las ciencias esto adquiere especial relevancia dados los componentes, además del lógico, epistemológico y gramatical con que se sistematiza el discurso científico. Resulta entonces importante el considerar el reconocimiento de las proposiciones (enunciados discursivos) científicas

que los sujetos pueden expresar de manera concreta al momento de valorar un potencial cambio cognitivo en el individuo respecto de algún tema científico.

La delimitación de cambio cognitivo en el conocimiento científico se aduce que está inscrita, por llamarla de algún modo, en el conjunto de modificaciones de conceptos o ideas, las cuales se relacionan para construcción de un complejo teórico: "la categorización conceptual sería un claro ejemplo de asimilación de un objeto a un esquema cognitivo" (9). Se parte aquí de que se requiere la razón como capacidad para conocer el entorno natural y se resalta la particularidad de que "de acuerdo con las teorías constructivistas, la acción cognitiva es un requisito *sine qua non* para contar con dicha capacidad" (11).

Las propiedades de los conceptos científicos se caracterizan porque están organizados jerárquicamente de conformidad con los sustentos epistemológicos del campo científico de que se trate. Otra propiedad es que su organización cognoscitiva se da conforme a estructuras lógicas; esta propiedad es un factor diferenciador del conocimiento vulgar o sentido común –de manera general, pues no necesariamente es excluyente– "no se percibe el objeto pasivamente, como registro de datos puros, sino que se actúa, mediante inferencias" (11). En ausencia de herramientas más poderosas de orden neurobiológico, otra propiedad del conocimiento es que hay una relación estrecha entre la construcción del mismo y el lenguaje. Ello permite identificar la representación con el carácter semántico del concepto y sus relaciones, con el carácter sintáctico. El sentido que se le adjudica a estas tres propiedades del conocimiento, en este caso el científico, es su equiparación con estructuras gramaticales funcionales. Si esta estructura explicativa es correcta, es factible correlacionar esquemas mentales jerárquicamente estructurados (cognición) con la expresión comunicativa (lenguaje) de los sujetos en interacción, en este caso, la formación en un campo específico de la ciencia (curso programático de una carrera científica-ciencia biológica). "La organización conceptual contiene conceptos, conexiones lógicas e imágenes respecto de una zona de conocimiento, los cuales están articulados en dos dimensiones, la semántica y la epistemológica, que dan significado y justificación al contenido" (12). Además, "...el aparato cognitivo es semánticamente activo, proceso en el que se unen pensamiento y lenguaje" (12).

Someter a aprendices a una valoración de la expresión o del reconocimiento de estructuras lógicas de proposiciones referidas a conceptos fundamentales de alguna ciencia es una posibilidad

teórica de abordaje sistemático de la problemática. En el caso que aquí ocupa se optó por la de reconocimiento de estructuras lógicas construidas a partir de un criterio teórico que define las bases conceptuales de la ciencia (conocimiento específico) en cuestión. Con bases constructivistas se asume que cada sujeto posee un conocimiento previo que puede ser pertinente o no, que posea o no las 3 propiedades: lógica formal, gramatical y epistemológica. El inducir a reconocimiento de estructuras proposicionales a estos sujetos es una vía de discriminar ese conocimiento previo. Si luego de la intervención docente se somete nuevamente al sujeto al mismo reconocimiento es posible discriminar aquellos conceptos que modificaron esas propiedades y en el sujeto se asume como indicador de cambio cognitivo.

La evidencia del reconocimiento de estructuras lógicas deviene en una valoración pertinente de la comprensión de contenidos de esa ciencia o de un segmento de ella. Ello suministra información de que el sujeto en cuestión posee bases cognoscitivas que le permitirán asimilar conocimiento nuevo relativo a esta ciencia, con mayor capacidad que si se le suministra elevada cantidad de información que, en términos neuronales, tendrá poca eficacia de organización y jerarquización y por tanto, probablemente cierta dificultad adicional para provocar un cambio cognitivo. Esto es, la información básica organizada (con las 3 propiedades) puede permitir el acomodo cognoscitivo con mayor eficacia que un cúmulo aleatorio de ideas sueltas que no favorece la organización de representaciones por esquemas mentales: "El control y revisión de los procedimientos empleados en el aprendizaje implica establecer mecanismos de acción para la selección y adquisición de información, para su organización, jerarquización, categorización e integración" (13). El acúmulo de información no será más que eso, independientemente del tiempo sometido a aprendizaje del sujeto; la información pertinentemente estructurada por asimilación, ajuste y reacomodo, es compatible con una organización jerárquica. Esta última es un sustento (conocimiento previo) que permitirá al sujeto percibir e interpretar conocimientos adicionales. Si esto es correcto, se hace innecesario buscar ampliar la temporalidad o incrementar el *pensum* de estudios de una carrera. Se trata de una administración lógicamente estructurada que intenta fomentar una estructura conceptual de asimilación cognoscitiva referida a un campo de la ciencia. Como corolario teórico se recupera la aseveración de que "los conceptos científicos forman parte de un sistema, se adquieren por toma de conciencia de la propia actividad mental e implican relación especial con el

objeto por internalización de la esencia del propio concepto" (14).

METODOLOGÍA

Se diseñó un instrumento de valoración del cambio cognitivo, referido a la glucólisis, en estudiantes de la carrera de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, que cursan la materia de Bioquímica. La muestra se constituyó con un total de 36 estudiantes (luego de excluir aquellos que no estuvieron en la post-prueba), durante el ciclo escolar 2010-2011 (agosto 2010-enero 2011). Se utilizó posteriormente la prueba de Cronbach para validar los reactivos del instrumento (16 en total); 6 de ellos fueron eliminados y en consecuencia, se analizaron los 10 restantes. El mecanismo de diseño y elaboración consistió en elaborar un criterio teórico (conjunto de definiciones) con el apoyo de literatura especializada, cuyo contenido está referido a los conceptos fundamentales de esta área de la bioquímica. Se elaboró el criterio con base en la estructura de enunciados discursivos o proposiciones. Cada una de éstas se trasladó a un reactivo que en su conjunto, constituyó el instrumento completo. Dadas las características epistemológicas de la bioquímica, dichos enunciados se estructuraron bajo dos lenguajes: el castellano, con frases gramaticalmente sólidas que dan cuenta de algunos de los conceptos, cuya abstracción es posible traducirla al uso de palabras (semántica) y relaciones lógicas de las mismas (sintaxis). El otro fue el lenguaje puramente químico, es decir, ecuaciones que expresan procesos de reacciones. La fundamentación de la ecuación química es equivalente a la matemática: se trata de una igualdad (estequiometría), pero su fundamento teórico consiste en que se estructura de acuerdo a la inferencia de la lógica formal del tipo: si A, entonces B, por lo que el signo de igualdad se sustituye por una flecha de izquierda a derecha. Ya que las reacciones químicas que representan son reversibles, se agrega otra flecha en dirección inversa. Esto último significa que el estudiante tendrá que dar cuenta del conocimiento previo en química y química orgánica, necesariamente.

Los reactivos se construyen como preguntas para completar, con doble exclusión. Esto es, el estudiante opta por la sección que completa la estructura lógica o por otra que la excluye. Se deja la opción de **No sé** para efectos de eliminación de sesgo estadístico: se le asigna el valor **cero**, de tal forma que el estudiante se obligue a no utilizar el azar. El conjunto de respuestas se promedia y se procede al análisis estadístico con prueba de distribución de t de Student, se adjudicaron va-

riables numéricas continuas, de -0.5 a 1, a cada reactivo, como se explica abajo, para valorar el cambio significativo entre antes y después de la intervención docente, es decir, se utilizó una estimación paramétrica, consistente con el número de la muestra (36 estudiantes). El instrumento de aplicó al inicio (pre-prueba) y al final del curso (post-prueba). Se tomó el criterio estadístico de que cada reactivo, en promedio, deberá superar el valor crítico de expresión (0.75) para adjudicarle el carácter de reconocimiento de estructura lógica. El 0.75 es la mediana entre 1 punto y -0.5 puntos: si el estudiante opta por la parte que representa estructura lógica de la proposición se le adjudica el valor de 1; si opta por la parte que no posee estructura lógica, se le asigna el valor -0.5 (eliminando el sesgo de error por contestar al azar); si opta por **No sé**, se le asigna valor cero. En el grupo en estudio, la media de un reactivo que supera el valor crítico (0.75) en la pre-prueba, se identifica como conocimiento previo. La media que supera el valor crítico en la post-prueba, se identifica como indicador de cambio cognitivo durante la intervención docente. La media menor a 0.75, en la post-prueba, es indicador de un reactivo (concepto) refractario a la intervención docente.

RESULTADOS

Las medias de los resultados de los 12 reactivos del instrumento, de la pre-prueba y la post-prueba (Tabla 1), fueron analizadas con t de Student ($p = 0.001$) y se encontró que hay diferencia significativa favorable a la intervención docente (lo cual incluye el autoestudio o trabajo extra-aula). Esto es, el conjunto de reactivos denotaron un cambio estadístico significativo, en cuanto a la capacidad de reconocimiento de estructuras lógicas, lo cual indica una actividad positiva en la labor docente. Sin embargo, al considerar el valor crítico aceptado (0.75) para cada reactivo, como se observa en la Tabla 1, solamente el reactivo número 4 puede considerarse como indicador de un cambio cognitivo, es decir, de asimilación de un conocimiento significativo y como producto de la intervención docente. Ningún reactivo en la pre-prueba superó el valor crítico, lo cual es indicador de que no hay conocimiento previo respecto de algunos conceptos fundamentales de la glucólisis, en lo que a reconocimiento de estructuras lógicas se refiere. Excepto el reactivo con el número 4, el conjunto de reactivos mostró ser refractario al cambio cognitivo (reconocimiento de estructuras lógicas), indicando que todos ellos requieren un tratamiento adicional y diferenciador por parte de la intervención docente: ajustar, precisar y profun-

TABLA 1

Promedios de resultados de pre-prueba y post-prueba. *Superación de valor crítico de 0.75.

No de Reactivo	PRE-PRUEBA	POST-PRUEBA
1	0.192	0.429
2	0.173	0.652
3	0.115	0.277
4	0.327	0.786*
5	0.019	0.607
6	-0.17	0.348
7	0.154	0.625
8	0.154	0.321
9	0.462	0.482
10	0.385	0.607
11	0.25	0.08
12	0.173	0.205

dizar son mecanismos obligados, por parte de los profesores de la materia, para incidir en un cambio cognitivo significativo en conjunto, es decir, para su comprensión fundamental, gramatical, lógica y epistemológica, de los conceptos relacionados con la glucólisis. El carácter de refractario al cambio cognitivo se acuña aquí para resaltar los conceptos que no evidencian cambios significativos, en el conocimiento de los estudiantes, a pesar del esfuerzo formativo curricular.

El número de 36 estudiantes de la muestra es suficiente como para considerarlos integrados a una población de distribución normal. En virtud de lo anterior, se aplicó la prueba de validación de instrumento de Cronbach, en la post-prueba, y se obtuvo que 6 reactivos son propicios para el manejo del instrumento, con una validación de 0.812 (reactivos 1, 3, 4, 6, 8 y 9), los que serán aplicados en una segunda cohorte de estudiantes y se revalorarán los resultados obtenidos hasta aquí.

Pregunta 1:

1. La glucólisis es un proceso anaerobio
 - a. Que está establecido exclusivamente en la vida anaeróbica.
 - b. NO SÉ
 - c. Que tuvo que surgir en la atmósfera con poco oxígeno de la Tierra pre-eucariótica.

Pregunta 3:

2. La pequeña cantidad de energía que se captura durante las reacciones glucolíticas
 - a. Se almacena temporalmente en dos moléculas de ATP y dos de NADH.
 - b. NO SÉ
 - c. Se dirigen en forma de ATP hacia la cadena respiratoria.

Pregunta 4:

3. En organismos anaerobios la glucólisis
 - a. No existe.
 - b. NO SÉ
 - c. Puede llevar a que el piruvato se convierta en productos de desecho como etanol, ácido láctico o ácido acético.

Pregunta 6:

4. Durante la glucólisis la glucosa
 - a. Se fosforila dos veces.
 - b. NO SÉ
 - c. Sufre varias fosforilaciones y desfosforilaciones alternadas dependiendo del organismo involucrado (animal o vegetal).

Pregunta 8:

5. La generación de ATP durante la glucólisis
 - a. Es de 2 ATP totales y 4 netos.
 - b. NO SÉ
 - c. Es de 4 ATP totales y 2 netos.

Pregunta 9:

6. $D\text{-Glucosa} + 2\text{ADP} + 2\text{P}_i + 2\text{NAD}^+$
 - a. $2\text{Piruvato} + 2\text{ATP} + 2\text{NADH} + 2\text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$
 - b. NO SÉ
 - c. $2\text{G-3-P} + 4\text{ATP} + 2\text{NADH} + 2\text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$

Nota: Los reactivos 2, 5, 7, 10, 11 y 12 fueron eliminados luego de la validación de Cronbach, durante la pre-prueba.

DISCUSIÓN


El instrumento valora el reconocimiento de estructuras lógicas con 3 propiedades: lógica formal, gramatical y epistemológica, que indiquen una estructura conceptual básica para la comprensión de la glucólisis y contenidos relativos. De esa forma los valores obtenidos no son calificación; orientan al profesor a reconocer conceptos que ya están dentro de conocimientos previos, en promedio, en los estudiantes; conocimientos que durante la intervención docente son modificados y conocimientos refractarios, esto es, aquellos que requieren mayor atención formativa y ser abordados con precisión

para conformar una base teórica que es el cambio cognitivo que faculte al egresado del curso interpretar conocimientos posteriores relativos a esta ciencia; su pertinencia en la aplicación formativa puede considerarse innovación educativa. Sin embargo, no puede perderse de vista que otros factores importantes están en juego pero que no forman parte de esta línea de investigación. Uno de estos, tal vez el principal, es la predisposición del estudiante a reconocerse como aprendiz y romper la inercia cultural que deja a la institución y al enseñante la responsabilidad de la asimilación del estudiante respecto al conocimiento científico. O sea que estos resultados no pueden considerarse, para su aplicación, como aislados; existen modelos que atacan la problemática bajo la perspectiva de la metacognición que sin duda, es clave para la modificación en los resultados esperados para la formación en ciencias. No por insuficiente, el abordaje de este estudio lo hace invalidante, al contrario, tendrá que encontrar coincidencia con otras líneas de investigación que apuntalen la formación superior en ciencias en México con la capacidad de competir con otras latitudes.

Se puede concluir que en la muestra estudiada la intervención docente favorece un cambio cognitivo en los estudiantes, en general, referente a conceptos fundamentales de glucólisis, en cuanto a reconocimiento de estructuras lógicas se refiere. Pero evidentemente esta intervención es insuficiente y al concluir el curso respectivo los estudiantes siguen sin manifestar una comprensión global del significado de la glucólisis a partir de sus conceptos fundamentales interrelacionados. Se entiende aquí como intervención docente, en términos genéricos, a las actividades generadas educativamente dentro

y fuera del aula y donde la interacción interpersonal (estudiante-profesor; estudiante-estudiante), las tareas formativas encomendadas al estudiante, el aparato didáctico utilizado y los textos manejados, están conectados al proceso formativo específico de la comprensión de la glucólisis bajo la supervisión de, al menos, un profesor.

CONCLUSIONES

La intervención docente tendrá que inclinarse por algún procedimiento constructivista que auxilie a romper los obstáculos epistemológicos en una mayor cantidad de conceptos. Por ejemplo, un recurso a mano es el uso de mapas conceptuales que tendrá que ser evaluado en una cohorte posterior, incorporando ya innovación educativa, entendida ésta como la aplicación de modelos de intervención docente interactivos, dinámicos, con base en los conocimientos previos de los estudiantes y el auxilio de nuevas tecnologías de la información. Los resultados y las conclusiones son aproximativas y temporales; se requerirá continuidad en la línea de investigación y consecuentemente, la posibilidad de sistematizar de forma recurrente el modelo y sus resultados con la finalidad de construir mecanismos de interpretación que definan de mejor manera eso que aún permanece bastante oscuro: cómo lograr la asimilación significativa del conocimiento en sujetos que tienen la necesidad de comprender abstracciones científicas como la glucólisis, mismas que serán fundamentales en las complejas relaciones posteriores con otros mecanismos metabólicos, fisiológicos y biológico-moleculares, en una formación científica cada vez con mayor énfasis estratégico. 

REFERENCIAS

1. Álvarez LFJ (1998) La emergencia de la conciencia. En: de la Fuente R y Álvarez LFJ (1998) *Biología de la mente*. El Colegio Nacional-CFE, México: 50-72.
2. De la Fuente R (1998) Las bases neurobiológicas de la mente. Una visión de conjunto. En: de la Fuente R y Álvarez LFJ (1998) *Biología de la mente*. El Colegio Nacional-CFE, México: 9-22.
3. Ballesteros S (1999) Memoria humana: investigación y teoría. *Psichotema* 11(4): 705-723.
4. Mathews y otros (2002) *Bioquímica*. Pearson Educación, Madrid, pp 1335.
5. Mayes PA y DA Bender (2003) Glycolysis and the oxidation of pyruvate. En: Murray RK, DK Granner, PA Mayes & VW Rodwell (2003) *Harper's illustrated Biochemistry*. Lange Medical Books/Mc Graw Hill, New York: 136-144.
6. McKee T y McKee JR (2003) *Bioquímica. La base molecular de la vida*. Mc Graw Hill-Interamerican, Madrid, pp 804.
7. Stryer L (1990) *Bioquímica*. Reverté, Barcelona, pp 1084.
8. Voet D, Voet J (2006) *Bioquímica*. Panamericana, México, pp 1776
9. Pozo JI (2002) *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Morata, Madrid, pp 264.

10. Campos MA y Gaspar HS (2009) Discurso y construcción de conocimiento. En: Campos MA (Coord.) (2009) *Discurso, construcción de conocimiento y enseñanza*. IISUE-UNAM-Plaza y Valdés Editores, México: 23-58.
11. Campos MA (2004) Una aproximación sociocultural a los procesos cognoscitivos en el contexto educativo. *Perfiles Educativos* 26(104): 7-32.
12. Campos MA, L Cortés R, S Gaspar H (1999) Análisis de discurso de la organización lógico-conceptual de estudiantes de biología de nivel secundaria. *Revista Mexicana de Investigación Educativa* 4(7): 27-77.
13. Organista PD (2005) Conciencia y metacognición. *Avances en Psicología Latinoamericana* 23: 77-89.
14. Cuevas NA, S Torres O (2011) Evaluación de adquisición de conocimientos de conceptos de ecología en estudiantes de bachillerato tecnológico en México. *Revista Iberoamericana de Educación Superior* 2(3): 130-151.