

Transformación de las ideas sobre catabolismo de estudiantes de Bachillerato, después de participar en la aplicación de una secuencia didáctica diseñada para el proyecto Laboratorios de Ciencias del Bachillerato UNAM
Transformation of High-School Students' Ideas about Catabolism After Participating in the Implementation of a Teaching Sequence Designed for the Science Laboratories Project in UNAM High School

Carmen Leonor Martínez Parra¹, Beatriz Eugenia García Rivera², Leticia Gallegos Cázares² y Silvia López Eslava³

¹*Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (ENCCH). Plantel Vallejo. UNAM, Av. 100 Metros S/N, Magdalena de las Salinas, CP 07760. Del. Gustavo A. Madero, México, D.F. México. ranitadella@yahoo.com.mx*

²*Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior S/N, Ciudad Universitaria, AP 70-186, CP 04510, México D.F. México.*

³*Escuela Nacional Preparatoria (ENP). Plantel 5 "José Vasconcelos". UNAM, Calzada del Hueso, No. 729, Ex Hacienda Coapa, CP 14300, Del. Tlalpan, México, D.F. México.*

Recibido 25/06/2013 – Aceptado 04/05/2014

Resumen

Un gran número de alumnos de Bachillerato mantienen una serie de concepciones alternativas y dificultades conceptuales sobre los procesos biológicos. Por ejemplo, no reconocen el tipo de metabolismo (autótrofo, heterótrofo) que se presenta en los sistemas vivos; consideran la respiración como un simple intercambio de gases; identifican la fotosíntesis como un tipo de respiración en plantas. Esta investigación evaluó el estado de conocimiento de un grupo de estudiantes antes y después de la aplicación de una secuencia didáctica desarrollada a partir de un modelo pedagógico que fundamenta el proyecto de los Laboratorios de Ciencias para el Bachillerato UNAM. Los resultados sugieren una reestructuración en las concepciones en torno a los tipos de metabolismo y los procesos de fermentación y respiración.

Palabras claves: Modelo pedagógico, catabolismo, reestructuración.

Abstract

A large number of high school students have alternative conceptions and conceptual difficulties about biological processes. For example, they do not recognize the type of metabolism (autotrophic, heterotrophic) occurring in living systems, they consider breathing as a simple gas exchange and they identify photosynthesis as a kind of breathing in plants. This research assessed a group of students' state of knowledge before and after the implementation of a teaching sequence developed from a pedagogical model based on the science labs project for UNAM high school. The results suggest a conceptual reorganization

around different types of metabolism, and breathing and fermentation processes.

Key words: Pedagogical Model, Catabolism, Reorganization.

Introducción

Entender qué es el metabolismo es indispensable ya que es parte fundamental de la actividad celular y uno de los procesos comunes de los seres vivos. Por ello, es necesario conocer las reacciones anabólicas y catabólicas que lo integran, pues a partir de esto es posible tener una representación más clara de las interacciones entre materia y energía que sustentan la vida de los organismos. Este conocimiento es la base conceptual para avanzar en el estudio de otras funciones celulares que permiten entender la unidad y diversidad biológica (Storey, 1992; García, 1991).

Lo complejo del tema dificulta su abordaje en clase, ya que implica analizar diferentes niveles de organización y de interacción de procesos biológicos de distintos niveles de abstracción, que van desde aspectos macroscópicos hasta llegar al nivel molecular, donde ocurre una inmensa variedad de reacciones que están conectadas y coordinadas en distintos sitios del organismo (ya sea que éste sea uni o pluricelular).

A esta complejidad y abstracción, se suman las dificultades conceptuales que los estudiantes tienen, referidas a las concepciones alternativas que mantienen. Por ejemplo, consideran que la respiración es el intercambio de gases, que las células vegetales respiran dióxido de carbono y las células animales oxígeno; que la respiración de las plantas es la fotosíntesis (Flores *et al*, 2001) o bien que las plantas no respiran (Cañal, 1999). También contribuye la dificultad de transitar entre los distintos niveles implicados en el análisis del metabolismo, que conllevan problemas asociados con las representaciones visuales y lingüísticas que se utilizan para su enseñanza, al flujo dinámico, a las transformaciones de energía y a la complejidad de los sistemas (Stadig Degerman y Tibell, 2012). Todos estos aspectos fueron considerados y sirvieron para la construcción y aplicación de una secuencia didáctica centrada en el catabolismo, que permitiera que los alumnos construyeran una visión más integrada y clara de la fermentación y la respiración. Para lograrlo, se partió del modelo pedagógico que fundamenta el proyecto de los laboratorios de ciencias para el Bachillerato UNAM, que se describe brevemente a continuación.

Referentes teóricos

El marco teórico que sustenta la construcción de esta secuencia se basa en la consideración de tres perspectivas: epistemológica, del aprendizaje y tecnológica. Cada una de ellas contribuye, desde su línea de estudio, a enriquecer el currículo con diversos aspectos psicopedagógicos, epistemológicos y sociales implicados en la formación científica básica de los alumnos, que se relacionan con la forma en que el conocimiento se construye (teorías y conceptos científicos de las disciplinas dentro de una comunidad y sus transformaciones en el tiempo), con los procesos cognitivos y psicológicos implicados en el desarrollo conceptual de los sujetos, así como las herramientas, símbolos y nuevas formas de representación externa de los fenómenos, que permiten generar diferentes formas de interpretación y de construcción del conocimiento (Gallegos, 2006).

La **perspectiva epistemológica** ubica al modelo en una posición constructivista, que reconoce al sujeto cognoscente como constructor de su pensamiento, cuyas experiencias derivadas de su continua interacción con el objeto de conocimiento y con la construcción de otros sujetos le permiten interpretar la realidad y generar conocimiento, mediante la reflexión y la toma de conciencia (Gallegos y Flores, 2011). La reconstrucción de sus representaciones y posibles modelos de explicación requieren de un proceso de explicitación en entornos de argumentación y colaboración, que están referidos a contextos específicos (temas desarrollados en las actividades) por lo que se construyen múltiples representaciones sobre los fenómenos. En una secuencia didáctica son igual de importantes los procesos de diferenciación conceptual como los de integración.

En cuanto al **aprendizaje**, las concepciones implícitas de los estudiantes no se consideran entidades aisladas, sino estructuras conceptuales más complejas, que constituyen modelos o representaciones del mundo (Karmiloff-Smith, 1991; Pozo y Rodrigo, 2001), sobre las cuales hay que incidir para explicitarlas y promover en ellas cambios representacionales que ayuden a los alumnos a construir modelos o esquemas de representación más cercanos a los científicamente aceptados. Para lograrlo, se toma en cuenta la influencia del contexto, que fortalece la propuesta de la existencia de las representaciones múltiples en los sujetos (Flores y Gallegos, 1999; Taber, 2001). Estos aspectos se combinan con otros, para generar estrategias de aprendizaje que pongan al alcance de los alumnos distintas representaciones o modelos alternativos, que les ayuden a confrontar o ponerlos en competencia con sus propios modelos y con ello reorganicen sus experiencias hacia un razonamiento y conocimiento científico.

La **perspectiva tecnológica** se cimenta en la investigación sobre cómo los conocimientos, razonamiento y procedimientos científicos de los estudiantes son apoyados o transformados por el uso de la tecnología. De acuerdo con esto, Flores y Gallegos (2009) hacen una propuesta didáctica para incorporar la tecnología en los Laboratorios de Ciencias del Bachillerato universitario, y se considera la transformación del ambiente escolar para propiciar el cambio de representaciones en los alumnos, bajo un esquema de trabajo colaborativo.

El modelo pedagógico para los Laboratorios de Ciencias del Bachillerato UNAM propone que los elementos de estas perspectivas se organicen y estructuren para:

- Generar actividades que permitan a los alumnos explicitar sus ideas sobre situaciones o fenómenos científicos específicos.
- Ofrecer situaciones contextualizadas donde confronten sus ideas con las de sus compañeros, y con las que puedan comprender los conceptos científicos implicados en la representación de los fenómenos naturales.
- Identificar distintos niveles de representación de los conceptos científicos, que coexisten porque dependen del contexto específico en el que se desarrollan.
- Generalizar los modelos dentro de contextos y dominios específicos y que puedan utilizarlos en la solución de nuevas situaciones.

- Ofrecer un marco de análisis, comprensión e interpretación de la realidad que permita a los alumnos apropiarse del conocimiento científico y tecnológico así como la toma de decisiones de manera informada.

- Desarrollar una visión de ciencia dinámica y cambiante, que permita a los estudiantes percibir que los procesos de construcción del conocimiento forman parte de su cultura (Gallegos, 2006).

Dicha estructura fue la base para el desarrollo de una secuencia didáctica sobre catabolismo para los Laboratorios de Ciencias del Bachillerato universitario, en la que se atienden tanto los aspectos curriculares, tiempos, recursos experimentales y tecnológicos, como el proceso didáctico y su aplicación en el aula.

Construcción de la secuencia didáctica de Catabolismo

A partir del modelo pedagógico descrito, se elaboró una secuencia sobre Catabolismo (Martínez *et al*, 2011) con la intención de apoyar a los estudiantes en la comprensión de los procesos de fermentación y respiración y que logran establecer una relación con otros procesos biológicos. En la secuencia se usaron distintas herramientas cognitivas que sirvieran para generar representaciones externas del fenómeno y que permitieran a los alumnos analizar los procesos desde distintos niveles de representación. Para ello se utilizaron las TIC como medios que posibilitan el uso de representaciones externas de forma inmediata, de manera tal, que el alumno pueda poner a prueba diferentes elementos de su representación al ser explicitados, explorados y confrontados mediante gran diversidad de recursos (experimentos, gráficas, esquemas, simulaciones, animaciones, mapas mentales, etc.) y con ello ayudar a construir o reestructurar su propia visión acerca de los procesos catabólicos en los sistemas vivos.

La identificación y organización de los aspectos que se abordaron en la secuencia partieron de los objetivos y propósitos señalados en los programas de estudio de Biología (2006)¹ de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (ENCCCH), subsistema del Bachillerato de la Universidad Nacional Autónoma de México, que fueron la base para definir los propósitos generales de la secuencia. En base a ello, se pretende que los alumnos comprendan que: mediante su nutrición (autótrofa o heterótrofa) los sistemas vivos obtienen la glucosa que requieren para llevar a cabo las reacciones catabólicas que les permiten obtener energía; el intercambio de gases es el mecanismo mediante el cual se obtiene oxígeno del medio y que esto es diferente a la respiración; ésta es un proceso de obtención de energía que ocurre a nivel celular; tanto las plantas como los animales (entre otros sistemas vivos) llevan a cabo la respiración; existen distintas rutas metabólicas para la obtención de energía.

Para la organización conceptual del catabolismo se construyó un mapa conceptual sobre el mismo (Figura 1), en el que se jerarquizaron y relacionaron los distintos temas involucrados, destacando cuatro: intercambio de gases, glucólisis, respiración celular

1 <http://www.cch.unam.mx/plandeestudios>

(aeróbica), fermentación. Cada uno de estos temas se abordó en distintas actividades, mismas que se indican dentro de la figura 1 con un número.

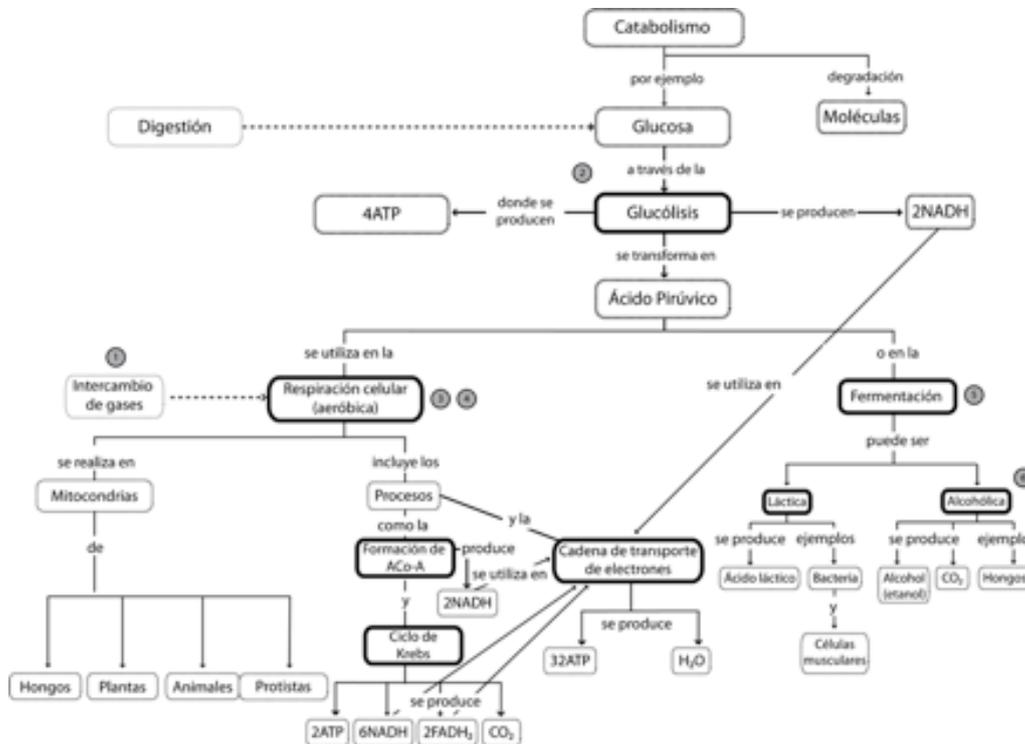


Figura 1. Mapa conceptual de la secuencia de Catabolismo.

Para cada uno de estos temas se analizaron: las dificultades conceptuales que presentan para los estudiantes; las ideas previas que los alumnos tienen al respecto; las alternativas didácticas para abordarlas; la pertinencia de la incorporación de distintas herramientas tecnológicas o actividades experimentales y la forma en que podían organizarse e integrarse dentro de las actividades de aprendizaje que fomentaran la participación activa de los alumnos; la explicitación de sus ideas; la contrastación de sus ideas con la nueva información; el análisis de los fenómenos desde distintos niveles de representación (macroscópico, microscópico y molecular); la posibilidad de plantear sus propias formas de análisis de los problemas que se les presentaban; la discusión constante entre pares y con el profesor como guía en su proceso de aprendizaje. Todo ello fue analizado para lograr reflexiones sobre las representaciones de los estudiantes, entre otros aspectos. Como resultado de este análisis se definió una secuencia con seis actividades de aprendizaje y que se describe de manera general en la Tabla 1.

<p style="text-align: center;">Actividad. 1. Intercambio gaseoso</p> <p>Propósito: Diferenciar los procesos de intercambio de gases (IG) y respiración celular (RC).</p>
<p>Acciones que se llevan a cabo y recursos empleados</p> <ul style="list-style-type: none">• Con apoyo de imágenes de sistemas vivos y preguntas se recuperan las representaciones de los alumnos acerca de los requerimientos energéticos, intercambio de gases y respiración de estos organismos.• Mediante una lectura sobre intercambio de gases se presentan nuevos elementos de interpretación para identificar las diferencias de dicho proceso en distintos grupos de organismos.• Se trabaja un interactivo multimedia de intercambio de gases, para ubicar a los alumnos en los niveles microscópico y molecular, reconociendo que es en este punto donde participa el oxígeno.• Las discusiones en equipo y grupales a lo largo de las tareas anteriores permiten que los equipos comiencen la elaboración de un mapa mental sobre el tema, que elaboran en un programa por computadora.
<p style="text-align: center;">Actividad: 2. Glucólisis</p> <p>Propósito: Reconocer la glucólisis como un proceso para obtener energía presente en todos los sistemas vivos.</p>
<p>Acciones que se llevan a cabo y recursos empleados</p> <ul style="list-style-type: none">• Con dos videos acerca de la digestión y el sistema digestivo se recupera información que es discutida a través de un ejercicio que promueve la integración y relación de conceptos.• Se utilizan esquemas que ayuden a los alumnos a establecer la relación entre ingesta de alimentos, digestión y obtención de nutrimentos.• Se continúa la construcción del mapa mental por equipo para integrar los elementos relevantes del tema y sus relaciones.• Se presenta un problema relacionado con la glucólisis que es analizado por equipos, y cada uno de ellos expresa sus ideas en una plantilla diseñada en Google docs, que recupera la información de todo el grupo y permite la discusión y análisis de las respuestas de cada equipo.• Análisis grupal de un esquema sobre el proceso de glucólisis, que es proyectado en la computadora.• Cada alumno elabora un escrito sobre el trabajo de la sesión.
<p style="text-align: center;">Actividad: 3. Respiración celular</p> <p>Propósito: Reconocer la RC como una ruta catabólica para la obtención de energía adicional y diferenciarla del IG.</p>
<p>Acciones que se llevan a cabo y recursos empleados</p> <ul style="list-style-type: none">• Para situar el contexto de esta actividad se plantea una situación hipotética sobre los requerimientos energéticos de una célula.• Se recuperan aspectos previamente analizados sobre nutrición, glucólisis y obtención de oxígeno. Con distintos esquemas dinámicos sobre el proceso de respiración celular (ciclo de Krebs, transporte de electrones) se llega al nivel molecular para que los alumnos reconozcan el lenguaje químico y puedan analizar la transformación de las moléculas y la obtención de energía en estos modelos que describen el proceso.• Con el análisis y las explicaciones sobre la respiración celular, los alumnos incorporan los nuevos esquemas a su mapa mental.

Actividad 4. Respiración celular en plantas
Propósito: Diseñar y realizar una actividad experimental sobre la RC en plantas.
<p>Acciones que se llevan a cabo y recursos empleados</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una situación hipotética que presenta distintas ideas sobre la respiración en plantas (ceranas a las concepciones de muchos estudiantes) es la base conocer las ideas de los alumnos. A partir de esto los equipos proponen un protocolo experimental para analizar la respiración celular en las plantas. • Los equipos realizan sus experimentos, teniendo a su alcance sensores, hojas de cálculo, video e imágenes para el registro de datos, que emplearán de acuerdo al protocolo y variables que definieron. • Presentación de resultados de los equipo, se discuten y analizan las diferencias en los diseños experimentales, la posibilidad de relacionar los resultados, y explican que la respiración es una ruta metabólica que las células siguen para obtener energía. • Los equipos elaboran reporte de la actividad experimental, recuperando discusiones en equipo y grupales.
Actividad 5. Fermentación
Propósito: Reconocer la fermentación como una ruta catabólica e identificar la glucólisis como requisito indispensable para que se lleve a cabo la fermentación.
<p>Acciones que se llevan a cabo y recursos empleados</p> <ul style="list-style-type: none"> • Con la revisión de una lectura sobre una competencia atlética se llega al tema de fermentación, para que los equipos generen preguntas e hipótesis sobre éste, que redactan en una plantilla generada en Google docs. • Se analiza una lectura sobre la fermentación y se elabora un cuadro comparativo de la fermentación alcohólica y láctica, que se discute en grupo. • Se presentan diagramas dinámicos y aspectos relevantes sobre fermentación, para recuperar los aspectos más importantes del proceso y se incorporan las ideas trabajadas con los cuadros comparativos. • Se plantea un problema de aplicación para analizar la participación de la levadura en la preparación de pan. • Los estudiantes generan una conclusión acerca de la fermentación, donde consideran su importancia, los tipos de fermentación que existen y los organismos que la presentan.
Actividad 6. Fermentación alcohólica
Propósito: Diseñar y realizar una actividad experimental sobre la fermentación alcohólica.
<p>Acciones que se llevan a cabo y recursos empleados</p> <ul style="list-style-type: none"> • Con una lectura sobre la fermentación, los alumnos relacionan el proceso con su vida cotidiana. • Los equipos elaboran hipótesis de trabajo y un protocolo experimental para analizar la fermentación. • Desarrollo de los experimentos a partir de una serie definida de materiales y equipos disponibles (sensores, hojas de cálculo, video e imágenes para el registro de datos) para diversificar las alternativas de trabajo y analizar distintas variables. • Los equipos presentan su trabajo al grupo, se discuten y comparan los resultados obtenidos, de acuerdo a las variables y diseños experimentales que siguieron. • Por equipo, concluyen el reporte de su actividad. • En forma individual concluyen la construcción de su mapa mental sobre catabolismo.

Tabla 1. Se presentan los propósitos y las actividades que conforman la secuencia de catabolismo, así como las acciones contempladas y los recursos empleados.

Concluida la secuencia didáctica fue aplicada en el aula para conocer la posible reestructuración conceptual de los alumnos sobre el tema de catabolismo.

Metodología

Aplicación de la Secuencia didáctica Catabolismo

Participantes

La secuencia se aplicó en un grupo de Tercer Semestre, Turno Matutino, del Bachillerato de la Universidad Nacional Autónoma México (UNAM), subsistema Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (ENCCH), plantel Vallejo. Además se contó con un grupo de Tercer Semestre del mismo subsistema y plantel, que fue considerado como grupo control (el profesor era ajeno a la propuesta, y abordó el tema de catabolismo como parte del programa, pero sin tener como referente la secuencia, ni trabajó en el Laboratorio prototipo). Cada grupo estuvo integrado por 24 alumnos, con edades entre los 15 y 16 años, para quienes el tema fue abordado por primera vez con este nivel de profundidad y complejidad.

Instrumentos utilizados

Se generó un cuestionario pretest para indagar las concepciones de los estudiantes sobre: identificación del metabolismo autótrofo y heterótrofo en diferentes sistemas vivos; caracterización del metabolismo autótrofo y heterótrofo; identificación del proceso de respiración en diferentes organismos; concepción del proceso de respiración, energía y alimentación; concepción del proceso de fermentación y relación entre respiración y fermentación. Asimismo se buscó identificar la forma que aplicaban dichas concepciones en distintos contextos (Ver Anexo 1).

Para identificar la posible transformación conceptual, se diseñó un cuestionario postest con los temas explorados en el pretest, pero integrados en tareas que demandaban conocimiento más específico. Se propusieron otros contextos de aplicación y se modificaron los ejemplos de organismos sobre los que se preguntaba (Ver Anexo 2).

Ambos cuestionarios demandaron respuestas escritas y ser contestados individualmente. Después de la aplicación, se analizaron las respuestas de los alumnos y se construyeron categorías de análisis que permitieron comparar sus ideas antes y después de la aplicación, así como con los resultados de aprendizaje del grupo control.

Procedimiento

Grupo experimental: El estudio se realizó en tres fases:

1. Los alumnos resolvieron el pretest (antes de la aplicación de la secuencia).
2. Se aplicó la secuencia didáctica completa, que requirió de cinco horas semanales durante cuatro semanas. Las sesiones fueron en el Laboratorio prototipo de la ENCCH (que

cuenta con equipos para utilizar los recursos propuestos en la secuencia).

3. Aplicación del postest, un mes después de terminar la aplicación de la secuencia

Grupo control. No hubo aplicación del pretest. En este caso los alumnos estudiaron las temáticas concernientes al catabolismo, sin seguir el diseño de la secuencia didáctica y en un laboratorio sin recursos tecnológicos en la ENCCH, plantel Vallejo. El postest se aplicó un mes después de trabajar en clase el tema de catabolismo.

Resultados y Discusión

Se presentan diferenciados: 1) los resultados de los estudiantes del grupo experimental antes de la aplicación de la secuencia, donde se describen las concepciones y dificultades que fueron detectadas; 2) la comparación de los resultados del grupo experimental (antes y después de la aplicación) con los del grupo control.

Identificación del metabolismo autótrofo y heterótrofo

Antes de la aplicación, entre el 25 y 33% tuvieron problemas para identificar el tipo de metabolismo de los ejemplos de sistemas vivos presentados. La mayoría (88%) señaló que el champiñón es un organismo autótrofo.

Después de la aplicación, todo el grupo experimental reconoció el metabolismo de plantas y animales; 83% señaló a los hongos como sistemas vivos heterótrofos; más del 50% reconoció que en los reinos protista y monera hay organismos autótrofos o heterótrofos. En el grupo control, 88% reconoció el tipo de metabolismo de plantas y animales, 67% consideró los hongos como organismos autótrofos; ningún alumno reconoció que en los reinos monera y protista hay organismos autótrofos o heterótrofos.

Caracterización del metabolismo autótrofo y heterótrofo

Antes de la aplicación, 42% del grupo experimental consideraba que los sistemas autótrofos son aquellos que elaboran su propio alimento; 37% señaló que el sistema autótrofo se refiere a sistemas independientes, pero no dieron mayores argumentos; 13% mencionó otras concepciones no relacionadas claramente con el metabolismo. Después de la secuencia, destaca que 63% reconoció a los sistemas autótrofos como organismos capaces de elaborar su glucosa, esto es, hablaron de la molécula que se utiliza para la obtención de energía y no sólo refirieron que elaboran su alimento; 25% los ubica como dependientes, sin mayor descripción. En el grupo control, 63 % consideró que el metabolismo autótrofo se relaciona con algún grado de independencia, aunque no aclararon en qué sentido, 33% mencionó alguna estructura, sin hablar del proceso (Figura 2.a).

Resultados muy similares se presentaron con las concepciones sobre sistema vivo heterótrofo (Figura 2.b).

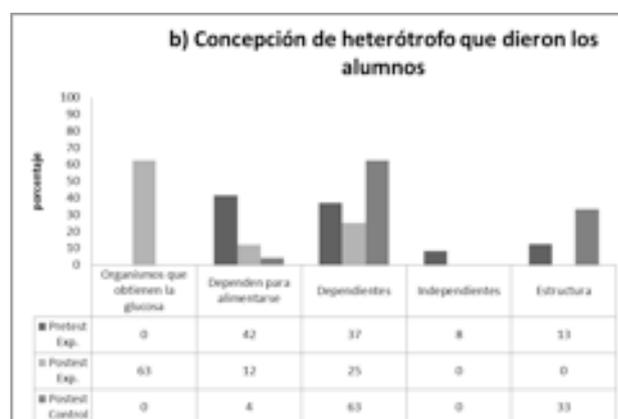


Figura 2 a). Concepciones de metabolismo autótrofo antes y después de la aplicación de la secuencia en el grupo experimental y después de la aplicación en el grupo control. b) Concepciones de metabolismo heterótrofo antes y después de la aplicación en el grupo experimental y después de trabajar el tema en el grupo control.

Concepción sobre el proceso de respiración

Antes de abordar el tema, 66% refirió la respiración como un intercambio de gases. El 17% señaló que la respiración es la transformación de O_2 por CO_2 y otro 17% de las respuestas no se identificaron en ninguna de estas concepciones. Después de estudiar los procesos catabólicos, 75% del grupo experimental reconoció a la respiración como un proceso de oxidación o degradación de la glucosa para obtener energía. El 21% mantuvo la concepción de respiración como intercambio de gases. En el caso del grupo control, 92% concibió el proceso de respiración como un intercambio de gases (Figura 3).

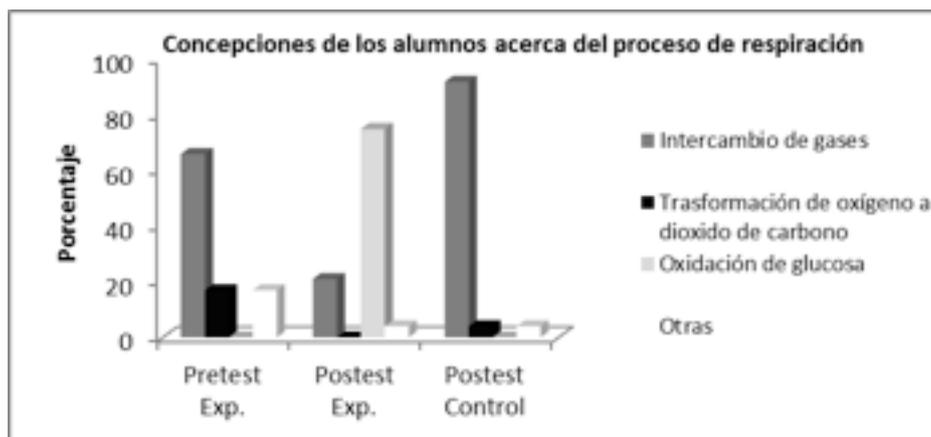


Figura 3. Concepción que tienen los estudiantes sobre el proceso de respiración, antes y después de la aplicación y en el grupo control.

El 45% tenía la idea de que la fotosíntesis es la manera en que las plantas respiran y que ésta consiste en un intercambio de gases; el 46% no mencionó el proceso. Después de la aplicación, el 79% del grupo experimental mencionó que la fotosíntesis es un proceso diferente a la respiración, aunque no todos justificaron su respuesta. En contraste, en el grupo control, 91% dijo que la fotosíntesis es la respiración en plantas.

Energía y alimentación

Antes de la aplicación 96% consideró que la energía se obtiene de los alimentos, de las biomoléculas que los integran y algunos señalaron a los carbohidratos como principal fuente de energía. Después de la aplicación, 72% del grupo experimental indicó que la energía se obtiene de la oxidación de la glucosa, mientras que el 96% del grupo control explicó la obtención de energía a partir de los alimentos y no explicó el proceso.

Concepción de los alumnos sobre el proceso de fermentación

Antes de la aplicación, 42% mencionó que hay un proceso involucrado en el escenario planteado, sin embargo, no especificaron de qué se trata; 50% dio explicaciones diversas y sólo 8% reconoció el proceso de fermentación y/o sus productos.

Después de la aplicación en el grupo experimental, el 88% reconoció que el proceso de fermentación y/o sus productos estaban involucrados en los escenarios planteados. En el grupo control se observó que el 42% reconoció el proceso de fermentación y al menos alguno de sus productos, 50% dio explicaciones muy diversas que no se relacionan directamente con el proceso y el 8% mencionaron el proceso sin especificar de qué se trata.

Relación entre respiración y fermentación

Antes de la aplicación, el 46% señaló que existe una relación entre la respiración y la fermentación por ser procesos bioquímicos y vitales, otro 46% dio explicaciones muy

diversas y ambiguas, que no permitieron identificar si las relacionaban. Después de la aplicación, el 71% del grupo experimental señaló que hay una relación entre respiración y fermentación, y describieron algunos elementos, procesos o moléculas comunes en ambas; el 29% aún consideró que su relación está dada sólo porque ambas son vitales. En el grupo control se observó que el 58% dio explicaciones muy diversas y ambiguas, el 17% reconoció su relación por ser procesos vitales, el 21% no contestó y un estudiante dijo que no hay relación entre la respiración y la fermentación (Figura 4).

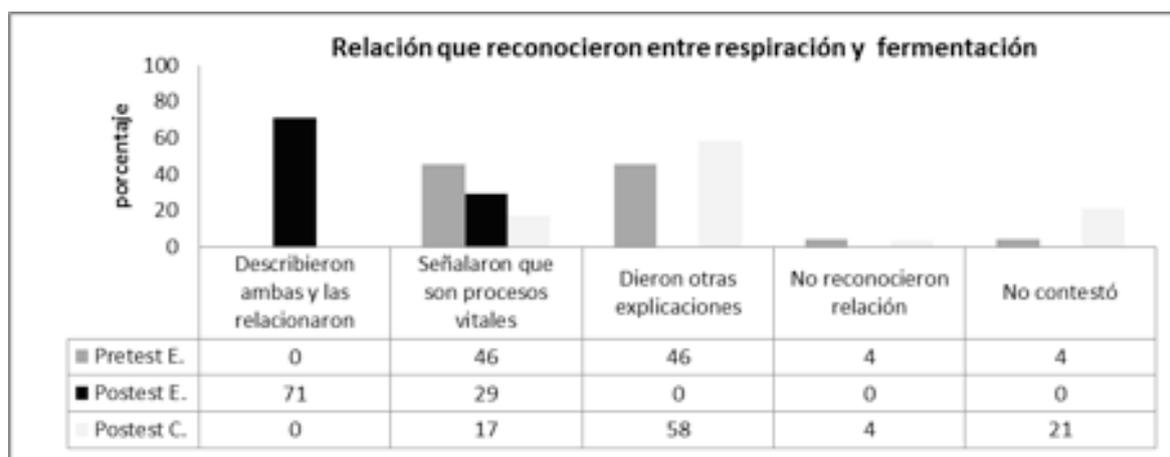


Figura 4. Relación entre respiración y fermentación, antes y después de la aplicación en el grupo experimental y después de la aplicación en el grupo control.

Conclusiones

Los estudiantes que trabajaron con la secuencia didáctica de catabolismo, sustentada sobre la idea de cambio conceptual como reestructuración representacional y siguiendo un modelo didáctico como el presentado en este trabajo, con una estructura pedagógica que atiende los aspectos epistemológicos, de aprendizaje y la inclusión de las TIC como herramientas de representación externa, reestructuraron su concepción en torno a los tipos de metabolismo y procesos de respiración y fermentación.

La investigación indica que después de la aplicación de la secuencia, los estudiantes del grupo experimental identificaron el tipo de metabolismo (autótrofo y heterótrofo) que presentan diferentes reinos biológicos y no sólo con ejemplos conocidos; reestructuraron su visión sobre el metabolismo de los hongos; reconocieron la relación entre la síntesis y degradación de la glucosa con el tipo de metabolismo; fueron capaces de citar ejemplos de sistemas vivos, de todos los reinos, que realizan la respiración; lograron diferenciar el proceso de intercambio de gases de la respiración, ésta última ahora comprendida como un proceso de oxidación de la glucosa para la obtención de energía. Reconocieron, en escenarios específicos, cómo está involucrada la fermentación y algunos factores que la afectan. Identificaron que la respiración y la fermentación son procesos catabólicos necesarios para la obtención de energía en los sistemas vivos. Estos logros no se observaron en el grupo control, pues los resultados después de abordar el tema fueron similares a los

obtenidos en el pretest del grupo experimental.

Los resultados sugieren cambio a nivel de las estructuras ontológicas, donde los estudiantes transitan, desde concebir al metabolismo, la respiración y la fermentación como estados o características de los sistemas vivos hacia considerarlos como procesos para la obtención de energía.

Referencias Bibliográficas

- Cañal, P. 1999. Photosynthesis and 'inverse respiration' in plants: an inevitable misconception? *International Journal of Science Education*, 21(4): 363-371.
- Flores, F., y Gallegos, L. 1999, publicado 2001. Construcción de conceptos físicos en estudiantes. La influencia del contexto. *Perfiles Educativos*, 21 (85, 86): 90-105.
- Flores, F. y Gallegos, L. 2009. Laboratorio de Ciencias para el Bachillerato UNAM. Fundamentos Educativos. Recuperado de <http://www.laboratoriosdeciencias.unam.mx/sites/default/files/fundamentos%20LaboratorioF.pdf>
- Flores, F., Tovar, M. E., Gallegos, L., Velázquez, M.E., Valdés, S., Saitz, S., Alvarado, C., y Villar, M. 2001. *Representación e Ideas Previas acerca de la célula en los estudiantes del Bachillerato* (Reporte de Investigación). CCH Sur, UNAM.
- Gallegos, L. y Flores, F. 2011. Introducción. En L. Gallegos y F. Flores (eds.). *Secuencias didácticas de biología para los Laboratorios de Ciencias del Bachillerato UNAM* (pp. 11-24). México, D. F. Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial.
- Gallegos, L. 2006. Proyecto Enseñanza de las Ciencias con Tecnologías (ECIT). En M. T. Rojano (Ed.) *Enseñanza de la Física y las Matemáticas con Tecnología: Modelos de transformación de las prácticas y la interacción social en el aula*. México, D. F. Secretaría de Educación Pública.
- García, A. 1991. Estudio llevado a cabo sobre representaciones de la respiración celular en los alumnos de bachillerato y COU. *Enseñanza de las ciencias*, 9 (2): 129-134.
- Karmiloff-Smith, A. 1991. Innate constraints and developmental change. En S. Carey y R. Gelman (Eds.), *Epigenesis of the Mind: Essays in Biology and Knowledge* (pp. 171-197). New Jersey: Erlbaum.
- Martínez, C., López, S., García, B., Gallegos, L. 2011. 3. Secuencia didáctica Catabolismo. En L. Gallegos y F. Flores (eds.). *Secuencias didácticas de biología para los laboratorios de ciencias del bachillerato UNAM* (pp. 89-127). México, D. F. Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial.
- Pozo, J. I., & Rodrigo, M. J. 2001. Del cambio de contenido al cambio representacional en el conocimiento conceptual. *Infancia y Aprendizaje*, 24 (4): 407-423.
- Stadig Degerman, M, & Tibell, A. E. 2012. Learning Goals and Conceptual Difficulties in Cell Metabolism, *Chemistry Education Research and Practice*, 13 (4): 447-461.
- Storey, R. 1992. Textbook Errors & Misconception in Biology: Cell Energetics. *The American Biology Teacher*, 54 (3): 161-166.
- Taber, K. 2001. Shifting sands: a case study of conceptual development as competition between alternative conceptions. *International Journal of Science Education*, 23 (7), 731-753.