

PROPUESTA DE UN MODELO EDUCATIVO PARA EL TRABAJO EN EL LABORATORIO DE BACHILLERATO. SECUENCIA DIDÁCTICA DE CATABOLISMO.

BEATRIZ EUGENIA GARCÍA RIVERA/ LETICIA GALLEGOS CÁZARES/ CARMEN LEONOR MARTÍNEZ PARRA

Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Vallejo

RESUMEN: Los 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; a la fotosíntesis la identifican como un tipo de respiración en plantas. Durante esta investigación se evaluó el estado de conocimiento de los estudiantes antes y después de proceso de instrucción que se caracterizó por 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 y que está centrado en la multirepresentacionalidad. Los resultados sugieren una reestructuración en las concepciones de los alumnos en torno a los tipos de metabolismo y los procesos de fermentación y respiración.

Palabras clave: Modelo pedagógico, catabolismo, reestructuración representacional, actividades experimentales.

Introducción

Para la Biología entender qué es el metabolismo es indispensable, pues es parte 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, ya que a partir de esto es posible comprender las interacciones entre materia y energía que sustentan la vida de los organismos. Este conocimiento es necesario para avanzar en el estudio de otras funciones celulares que permiten entender la unidad y diversidad biológica.

Abordar el tema es complejo, ya que implica analizar diferentes niveles de organización y de interacción de procesos biológicos de distintos grados de abstracción, que van desde aspectos macroscópicos hasta el nivel molecular, donde ocurren diversas reacciones que están conectadas y coordinadas en distintos sitios del organismo.

A esta complejidad y abstracción, se suman las dificultades conceptuales que los estudiantes presentan, tanto en sus concepciones alternativas (la respiración como intercambio de gases; la respiración de las plantas es la fotosíntesis; las plantas no respiran (Flores, et. al. 2001)). 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). Estos aspectos fueron considerados para proponer una secuencia didáctica centrada en el catabolismo, que permitiera a los alumnos construir una visión 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, estructurado por tres perspectivas: epistemológica, de aprendizaje y tecnológica.

Modelo educativo para la construcción de la secuencia didáctica

La perspectiva epistemológica ubicada en una posición constructivista, reconoce al sujeto como constructor de su pensamiento, cuyas experiencias derivadas de su continua interacción con el objeto de conocimiento y con construcción de otros sujetos le permiten interpretar la realidad y generar conocimiento, mediante la reflexión y la toma de conciencia.

En el aprendizaje, las concepciones implícitas de los estudiantes no son 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 cambios representacionales que permitan a los alumnos construir modelos o esquemas de representación más cercanos a los científicos. Para lograrlo, se toma en cuenta la influencia del contexto, que fortalece la propuesta de la existencia de las representaciones múltiples en los sujetos (Taber, 2001). Estos aspectos se combinan para generar estrategias de aprendizaje que pongan al

alcance de los alumnos distintas representaciones, que les ayuden a confrontarlos con sus propios modelos y reorganicen sus experiencias hacia un razonamiento y conocimiento científico.

La perspectiva tecnológica se cimienta en la investigación sobre cómo el aprendizaje de los estudiantes es apoyado o transformado por el uso de la tecnología. De acuerdo con esto, Flores y Gallegos (2009) hacen una propuesta didáctica para la incorporación de la tecnología en los laboratorios de ciencias del bachillerato en la que se considera la transformación del ambiente escolar para propiciar el cambio de representaciones en los alumnos bajo un esquema de trabajo colaborativo, que se recupera en este trabajo.

El modelo educativo propone que los aspectos epistemológicos, de enseñanza y tecnológicos sean tomados en cuenta, 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, mismas 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).

De aquí surge una propuesta para el desarrollo de una secuencia didáctica para los laboratorios de ciencias del bachillerato universitario (Figura 1), en la que se atienden tanto los aspectos curriculares, recursos experimentales y tecnológicos, como el proceso didáctico y su aplicación en el aula.

Secuencia didáctica de Catabolismo

Con el modelo pedagógico y para apoyar a los estudiantes a lograr una mejor comprensión de la fermentación y la respiración, y pudieran establecer una relación con otros procesos biológicos, se decidió elaborar una secuencia sobre el tema de Catabolismo (Martínez, et al. 2011), con el uso de distintas herramientas cognitivas que ayudaran a 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 dinámica e inmediata, donde el alumno puede probar diferentes elementos de su representación al ser explicitados, explorados y confrontados mediante una gran diversidad de recursos (experimentos, gráficas, simulaciones, animaciones, mapas mentales, etc.) y ayudarlos a reestructurar su visión de los procesos catabólicos en los sistemas vivos.

A partir de los programas del Plan de estudios, Colegio de Ciencias y Humanidades, UNAM (2006) se definieron los propósitos generales, para que los alumnos reconocieran que: mediante su nutrición (autótrofa o heterótrofa) los sistemas vivos obtienen la glucosa que requieren para realizar reacciones catabólicas para obtener energía; el intercambio de gases es el mecanismo para obtener oxígeno del medio y es diferente a la respiración; la respiración es un proceso de obtención de energía a nivel celular; plantas y animales (entre otros sistemas vivos) realizan la respiración; existen distintas rutas metabólicas para la obtención de energía.

La figura 2 recupera los aspectos conceptuales abordados en la secuencia, organizada en seis actividades que gradualmente abordan el catabolismo empleando distintos recursos (lecturas, construcción de mapas mentales, videos, simuladores, experimentos, desarrollo de protocolos experimentales, análisis de imágenes, discusiones en equipo y grupales, entre otros), seleccionados para atender las dificultades didácticas y conceptuales que los alumnos tienen y ayudarlos a transitar entre los distintos niveles de complejidad y abstracción del tema.

Cada actividad contempla siete fases, que atienden los aspectos didácticos del modelo. La figura 3 muestra el esquema general de las fases y sus propósitos.

Metodología

Aplicación de la Secuencia didáctica de Catabolismo

Participantes

La secuencia se aplicó a 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). Cada grupo estuvo constituido 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

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.

Para identificar la posible transformación conceptual se construyó un cuestionario posttest que consideraba los aspectos explorados en el pretest, pero integrados en tareas que demandaban un conocimiento más específico de los temas, se propusieron otros contextos de aplicación, y se modificaron los ejemplos de organismos sobre los que se preguntaba.

Ambos cuestionarios demandaban respuestas escritas y ser contestados en forma individual.

Los cuestionarios pretest y postest fueron analizados y a partir de las respuestas de los alumnos se construyeron categorías de análisis que permitieron comparar sus ideas antes y después de la instrucción, 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 instrucción).
2. Se llevó a cabo el periodo de instrucción con la secuencia didáctica completa, que requirió 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 instrucción.

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 terminar la instrucción.

Resultados

Se presentan en dos momentos: 1) el estado inicial de los estudiantes del grupo experimental, donde se describen las concepciones y dificultades que fueron detectadas antes del proceso de instrucción; 2) la comparación del grupo experimental (antes y después de la instrucción) con el grupo control.

Identificación del metabolismo autótrofo y heterótrofo

Antes de la instrucción 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 instrucción el grupo experimental reconoció el tipo de metabolismo en plantas y animales; la mayoría (83%) señaló a los hongos como sistemas vivos heterótrofos, más del 50% reconoció que en los reinos protista y monera pueden encontrarse organismos con metabolismo autótrofo o heterótrofo. El 88% reconoció el tipo de metabolismo de plantas y animales, 67% consideró que los hongos son organismos autótrofos. Ningún estudiante reconoció que en los reinos monera y protista pueden encontrarse sistemas vivos autótrofos o heterótrofos.

Caracterización del metabolismo autótrofo y heterótrofo.

Antes de la instrucción más del 40% del grupo experimental consideraba que los sistemas autótrofos son aquellos que elaboran su propio alimento. El 38% señaló que el sistema autótrofo se refiere a sistemas independientes, aunque no lo argumentaron en ningún sentido. Después de la secuencia, el 63% mencionó que los sistemas autótrofos son organismos capaces de elaborar su glucosa, esto es, hablaron de la molécula que se utiliza para la obtención de energía y no sólo refieren que elaboran su alimento. En el grupo control, el 63% consideró que el metabolismo autótrofo tiene que ver con algún grado de independencia, aunque no aclararon en qué sentido, y 33% mencionó alguna estructura sin hablar del proceso. Algo similar sucedió con la concepción de sistema vivo heterótrofo.

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 consiste en la transformación de O_2 por CO_2 y otro 17% de las respuestas no se identificaron en ninguna de estas concepciones.

Después de haber estudiado 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.

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 instrucción 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 el 91% consideró que la fotosíntesis es la respiración en plantas.

Energía y alimentación

Antes de la instrucción 96% consideró que la energía se obtiene de los alimentos, de las biomoléculas que los integran y algunos señalaban a los carbohidratos como principal fuente de energía. Después del trabajo con la secuencia, el 72% del grupo experimental consideró que la energía se obtiene de la oxidación de la glucosa, mientras que del grupo control 96% 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 instrucción el 42% mencionó que hay un proceso involucrado en el escenario planteado, sin embargo, no especificaron de qué se trata; el 50% dio explicaciones diversas y sólo el 8% reconoció el proceso de fermentación y/o sus productos.

Después de la instrucción 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 instrucción, 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. Después de la instrucción el 71% del grupo experimental señaló que hay una relación entre respiración y fermentación, y describieron algunos elementos, procesos o moléculas comunes, el 29% aún consideró que su relación está dada sólo porque ambos son vitales. En el grupo control se observa 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).

Conclusiones

Los estudiantes que participaron en 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, en general, su concepción en torno a los tipos de metabolismo y procesos de respiración y fermentación.

La investigación indica que después del proceso de instrucción los estudiantes del grupo experimental lograron identificar el tipo de metabolismo (autótrofo y heterótrofo) que se presenta en diferentes reinos biológicos y no sólo con ejemplos frecuentes en las clases o libros sobre el tema; 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 el proceso de respiración; lograron diferenciar el proceso de intercambio de gases de la respiración, ésta última comprendida, ahora, como un proceso de oxidación de la glucosa para la obtención de energía. Reconocieron, en escenarios específicos, cómo está involucrado el proceso de fermentación y algunos factores que lo afectan. Identificaron que la respiración y la fermentación son procesos catabólicos que se requieren para la obtención de energía en los sistemas vivos. Estos logros no se observaron en el grupo control, pues los resultados después de la instrucción fueron similares a los obtenidos en el pretest del grupo experimental.

Los resultados sugieren un 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.

Nota: Agradecemos la colaboración de la Biól. Silvia López Eslava, profesora de la ENP 5.

Tablas y figuras

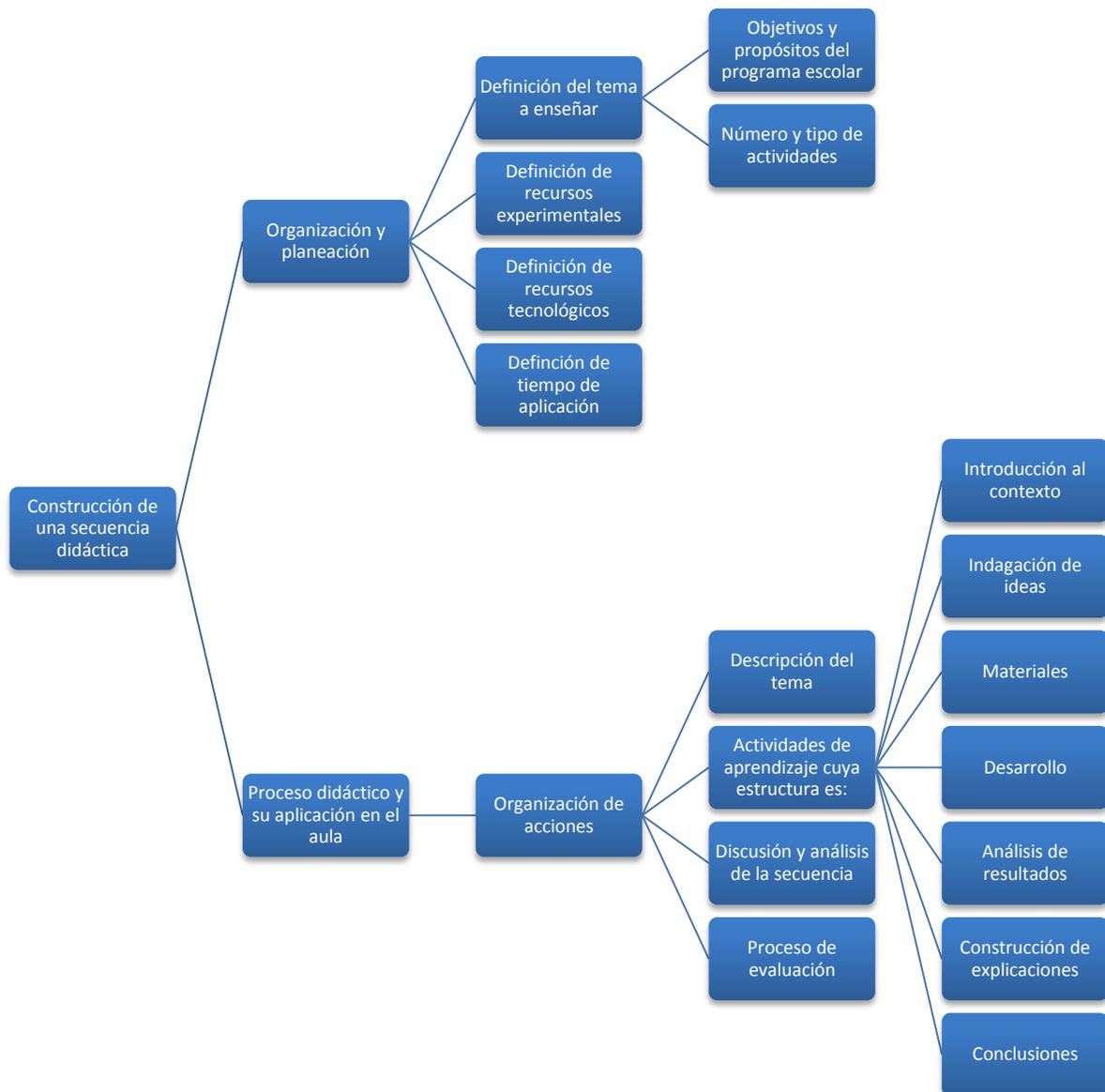


Figura 1. Elementos necesarios en el proceso de construcción de una secuencia de aprendizaje (Tomada de Flores y Gallegos, 2009).

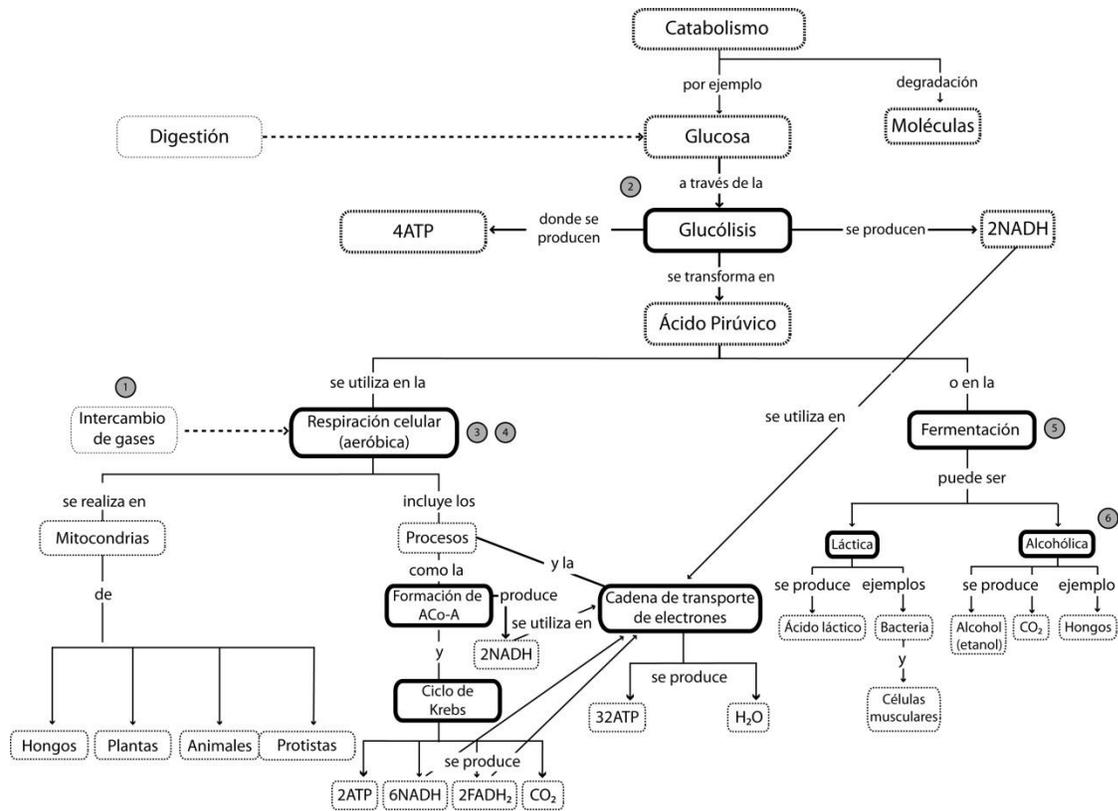


Figura 2. Mapa conceptual de la secuencia Catabolismo. Los números al lado de los procesos indican en qué actividad se abordan.

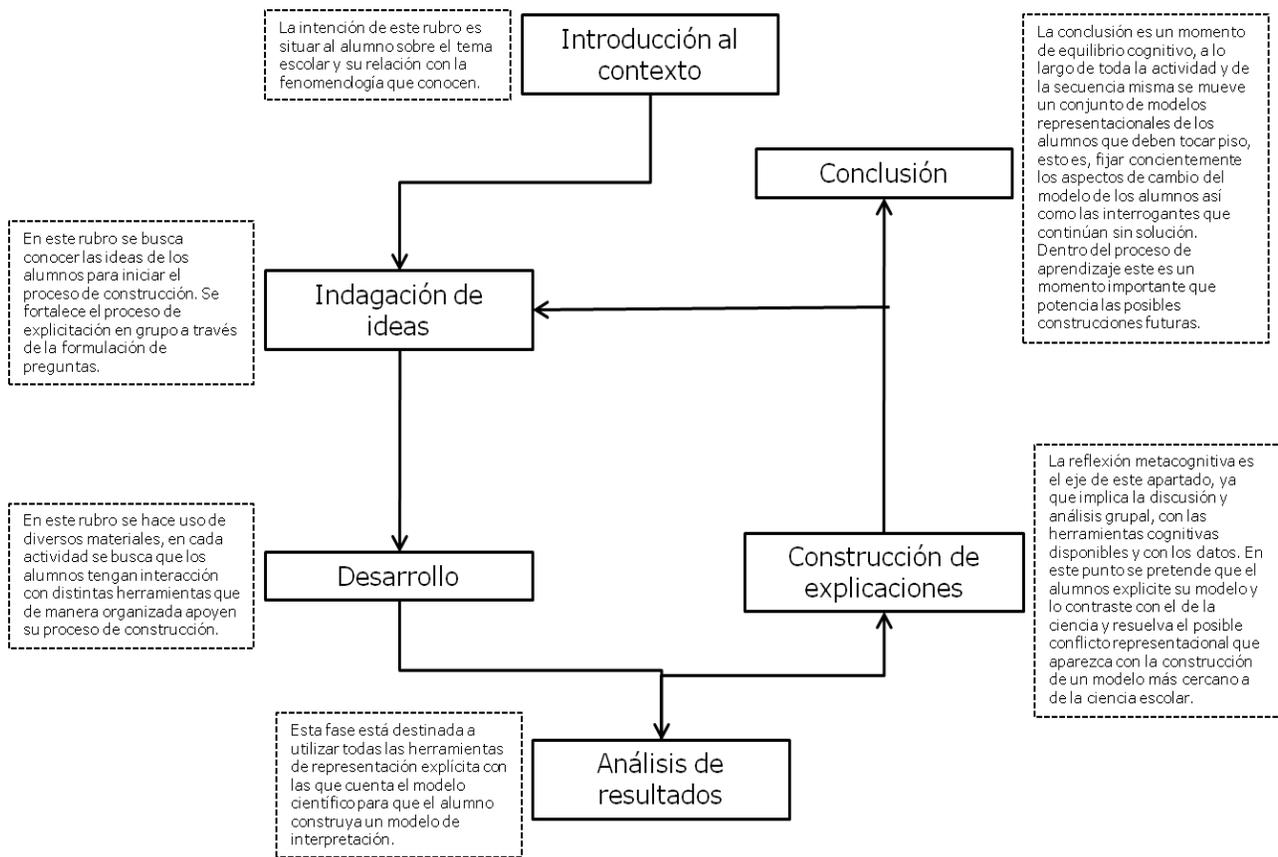


Figura 3. Estructura de las actividades de la propuesta de secuencia de aprendizaje.

Tabla 1. Porcentajes de alumnos que identificaron el tipo de metabolismo de sistemas vivos de los diferentes reinos.

Grupo	Metabolismo	Plantae	Protista	Fungi	Animalae	Monera
Postest Experimental	Autótrofos	100	25	8	0	21
	Heterótrofos	0	4	83	100	17
	Autótrofos y heterótrofos	0	71	8	0	63
Postest Control	Autótrofos	88	58	67	13	58
	Heterótrofos	13	42	25	88	42
	Autótrofos y heterótrofos	0	0	0	0	0

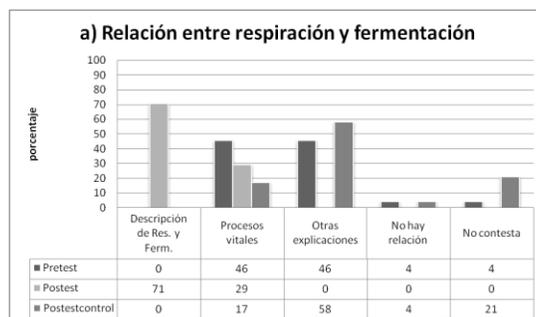


Figura 4. Relación entre los procesos de respiración y fermentación, antes y después de la instrucción en el grupo experimental y después de la instrucción en el grupo control.

Referencias

- Universidad Nacional Autónoma de México. (2006). Plan de estudios. Colegio de Ciencias y Humanidades. Recuperado de <http://www.cch.unam.mx/plandeestudios> . Consulta 18-04-2013.
- 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> .Consulta 18-04-2013.
- 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. (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.
- 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.

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.