

## MODELO ANALÓGICO PARA ENSEÑAR BIOTECNOLOGÍA Una experiencia en el aula

**Virginia M. Rengifo V.**  
vmrengifo\_64@hotmail.com

**Yolanda Fariña de Lander**  
yolander@cantv.net

**Eva Cabrera de Reyes**  
ecare2855@hotmail.com

*Universidad Pedagógica Experimental Libertador.  
Núcleo Maracay-Venezuela*

**Recibido:** 02/02/2009

**Aceptado:** 28/10 /2009

### Resumen

Ante los nuevos retos en la enseñanza de las ciencias y las innovaciones didácticas, los modelos analógicos constituyen una herramienta para comprender los conceptos científicos. En esta investigación de Campo, evaluativa y diseño cualitativo, se describe la experiencia en la aplicación de un Modelo Analógico sobre la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) para enseñar Biotecnología en 4º año de Bachillerato. Las técnicas utilizadas fueron: Mapas Mentales, Observación Participante y Entrevistas. El modelo analógico consistió en la comparación de “Una fábrica biotecnológica” (tópico) con la fábrica de harina de maíz (análogo). Los mapas mentales se aplicaron al inicio y al final de la estrategia. Los estudiantes lograron comprender la analogía, mostrando tener conocimientos previos sobre la lombriz, más no así sobre los aspectos biotecnológicos. La docente de aula opinó que el modelo analógico fue de utilidad porque los estudiantes profundizaron conocimientos biotecnológicos y reforzaron lo que sabían. Se concluye que el modelo analógico es factible y efectivo para enseñar biotecnología, permitiendo comprender la comparación de los procesos que ocurren en la lombriz roja californiana.

**Palabras clave:** Modelo Analógico, Biotecnología, Enseñanza

## ANALÓGICAL MODEL TO TEACH BIOTECHNOLOGY An experience in the classroom

### Abstract

Faced with the new challenges in the teaching of sciences and the didactic innovations, the analogical models represent a tool to understand the scientific concepts. This investigation, evaluative nature and qualitative design, describes the experience in the application of an Analogical Model about the Californian Red Worm (*Eisenia foetida*) to teach Biotechnology in high school. Applied Techniques, Mental Maps, Participant Observation and Interview. The analogical model compared “A biotechnological factory” (topic) with a “Corn flour factory” (analogue). The mental maps strategy was applied to students to achieve understanding of the analogy; they had previous knowledge on the worm, but not biotechnology. The classroom teacher’s opinion was that the analogical model is of utility because the students deepened their biotechnological knowledge and strengthened what they knew. It is concluded that the analogical model is feasible and effective to teach biotechnology, it allowed understanding the comparison of the processes that occur in the Californian red worm.

**Key Words:** Analogical Model, Biotechnology, Teaching

## Introducción

La Biotecnología constituye un cuerpo de conocimientos científicos y tecnológicos que utiliza organismos vivos, o parte de éstos para producir bienes y servicios a la humanidad y su entorno. Esta disciplina ha alcanzado un auge progresivo gracias a las investigaciones en las que se abordan los estudios con ADN, empleando tecnologías como la Ingeniería Genética, aplicadas al Proyecto Genoma Humano, Clonación Humana Terapéutica, Terapia Genética, Plantas y Animales Transgénicos, entre otros. Estos avances tecnológicos han afectado de manera directa al desarrollo de la ciencia, como también a la misma tecnología, y en consecuencia, a la sociedad, convirtiéndose la Biotecnología en el centro de discusión de diversas disciplinas, en especial de la Biología.

Hasta hace poco tiempo, sólo los expertos en Biotecnología, es decir, la comunidad científica, debatía sobre estos temas; pero, cuando comienzan a conocerse sus aportaciones a través de los medios de comunicación como la televisión, la prensa, la radio, en especial en los campos de sanidad humana y agricultura, se genera en la población una serie de polémicas producto, en su mayoría, del desconocimiento que se tiene del uso y aplicación de esas tecnologías. Sin embargo, aun cuando los medios de comunicación informen sobre los temas biotecnológicos, no es suficiente para que la población comprenda y tenga criterios para tomar decisiones sobre su uso; esa necesidad de comprensión de la información la debe cubrir la escuela.

Por medio de una educación en ciencias, el estudiante logra la comprensión de los conceptos científicos, su aplicación tecnológica, su influencia en la sociedad, para así, con los diversos miembros de la misma, llegar a un consenso a la hora de tomar decisiones que tengan que ver con la vida, la comunidad y el ambiente. Por ello, la enseñanza de la ciencia debe orientarse para que la población tenga una cultura científica que incluya nociones básicas de las principales técnicas biotecnológicas, sus aplicaciones e implicaciones.

Al respecto, en el marco de la Conferencia Mundial sobre la Ciencia: Declaración sobre la ciencia y el uso del saber científico (UNESCO 1999), se propone la enseñanza de la ciencia sin discriminación, que llegue a todos los niveles y modalidades de la educación, como requisito fundamental de la democracia y el desarrollo sustentable. El conocimiento científico básico debe fomentarse y difundirse para todas las culturas y sectores de la sociedad, de igual manera, el uso de la ciencia debe estar al servicio de la paz, que la sociedad sea atendida por los beneficios que del quehacer científico se deriva, así mismo con el ambiente.

Por lo tanto, la enseñanza de disciplinas relacionadas con las ciencias debe promover y desarrollar estrategias didácticas que faciliten la comprensión de la ciencia, la aplicación tecnológica y su influencia social, más aún si se trata de conocimientos en el campo de la Biología, donde las tecnologías aplicadas producen nuevos conocimientos en forma continua y acelerada, tales como las distintas técnicas biotecnológicas.

Esto sugiere que ante los desafíos de los cambios en la enseñanza de la ciencia, se debe promover una actitud, tanto del docente como de los estudiantes, que favorezca una comprensión de la misma. En sentido amplio, qué de la ciencia debe enseñarse y qué de la

ciencia debe aprenderse. Al respecto, Macedo y Katzkowicz (2006), consideran que la adquisición del modo de pensar, abordar los problemas y darles soluciones, dependerán de las características propias de la ciencia, en la promoción del mejoramiento de la calidad de vida propia y la del colectivo para asegurar un desarrollo sustentable.

Cabe señalar entonces, que la enseñanza de los contenidos básicos sobre Biotecnología debe centrarse en estrategias que propicien espacios para debatir su campo de acción y los beneficios e impacto de su aplicación, que como todo conocimiento científico, son parte del convivir social.

Al respecto, Rengifo (2004), señala que las alternativas estratégicas que permitan la renovación metodológica para el proceso de enseñanza – aprendizaje de una asignatura experimental tal como la Biología, en el ámbito de Educación Básica, Media y Diversificada, no se han producido a la misma velocidad a la que se ha generado los conocimientos en esta área. Si a esto se une la necesidad de ubicar al docente y al estudiante en contextos actualizados como lo es la Biotecnología (sus alcances y limitaciones) esto pasa a ser un problema educativo que es necesario enfrentar y tratar de brindar soluciones.

Entre las posibles alternativas en la enseñanza de las ciencias, diversos autores proponen el uso de modelos; éstos permiten a los estudiantes relacionar los conceptos y contenidos abstractos con su realidad concreta y cotidiana. En cuanto a los modelos mucho se ha comentado; por ejemplo, Coll, France y Taylor (2005) consideran que favorecen el aprendizaje en el ámbito conceptual y además el desarrollo de una imagen más ajustada de cómo funciona la ciencia; Odum (1986), los define como una forma de configurar un planteamiento para representar un fenómeno real y; sobre esa base, hacer predicciones.

De igual manera, Fernández, Jiménez y González, (2003) opinan que los modelos, especialmente los analógicos, permiten la reconstrucción en el aula de los conceptos científicos, por lo que se les considera un valioso recurso didáctico en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Además, estos autores comentan que la vida cotidiana, escolar y científica está plagada de modelos, que permiten la comprensión y el entendimiento de los mensajes que se reciben de diferentes campos. Esto supone aprender en la medida en que el modelo mental, también conocido como del sentido, se transforme en modelo científico.

Williams (1995) considera que el uso de las analogías y metáforas permite organizar y recordar información, ya que la propia experiencia que tiene el estudiante interviene en el aprendizaje. Las conexiones entre esa experiencia y el nuevo concepto aseguran un aprendizaje más eficaz y eficiente. Esto contribuye a un proceso de transformación que, según sostienen Pozo y Gómez (2000) basándose en el enfoque constructivista, no es un proceso de repetición y acumulación, sino de transformación de la mente de quien aprende, apoyándose sobre la reconstrucción a nivel personal de los productos y procesos culturales, apropiándose de ellos.

En este contexto, Jiménez (2003) define las analogías como la comparación de dos dominios o fenómenos que son similares entre sí en algunos aspectos, mientras que las metáforas, las cuales complementan a las analogías, son el traslado de una idea a otro

contexto. Esta forma de lenguaje figurado facilita la transformación del discurso del conocimiento científico a una forma de conocimiento más accesible para el estudiante.

Un aporte interesante del uso de las analogías en la comprensión y construcción del conocimiento, y de esta manera de enseñar ciencias, es que la analogía relaciona dos situaciones, una familiar al estudiante con otra nueva o desconocida. Esta familiaridad facilita la correlación de la información y al mismo tiempo la elaboración de modelos mentales más comprensibles. En esa medida su aprendizaje es menos memorístico y por ende será más significativo (González, 2005).

De esta manera, el papel de los modelos analógicos posibilita la construcción de nuevas formas de enseñanza-aprendizaje en el aula, al mismo tiempo que crea un ambiente de comunicación eficiente y fluida de la terminología científica, que de no resultar satisfactoria dificultaría la comprensión del lenguaje de la ciencia.

Por otra parte, aún cuando las analogías constituyen nuevas formas de aprender ciencia, existe la posibilidad de ciertos riesgos y dificultades; Coll y Cols. (ob. cit.) hacen referencia a ello, al señalar que los alumnos pueden aprender el modelo en vez del concepto que se intenta ilustrar, también pueden carecer de conciencia de los límites entre el modelo y la realidad que el alumno intente representar. Esto se convierte en una dificultad para el alumno al aplicar el modelo analógico a situaciones distintas a los contextos en los que lo aprendieron.

Finalmente, los modelos analógicos representan una alternativa para propiciar un acercamiento y comprensión de la ciencia. Bajo esta forma, se contextualiza mejor el concepto y la información científica creando situaciones donde los estudiantes puedan visualizar nuevas maneras de aprender. Por ello, el trabajo al que alude el presente artículo tiene como objetivo, describir la experiencia en el diseño y aplicación de un Modelo Analógico sobre la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) como herramienta para enseñar Biotecnología a estudiantes del 4º año de Bachillerato.

### **Metodología**

Se trata de una investigación de Campo de carácter evaluativo (Kerlinger y Lee, 2002), cuya finalidad es examinar el modelo analógico diseñado y las actividades didácticas para su manejo, con el propósito de juzgar su valor respecto a los criterios seleccionados desde la perspectiva de los participantes (investigadora, profesora del curso, estudiantes). Se utilizó un diseño cualitativo (Mcmillan y Schumacher, 2005) con un enfoque naturalista (Guba, 1985) y el apoyo en la Etnografía Educativa (Goetz y Le Compte, 1988).

La recolección de datos se realizó mediante la observación participante, la entrevista y el análisis de las producciones de los estudiantes. Como instrumentos se utilizaron el diario de campo, guión de la entrevista y los mapas mentales. La observación participante fue donde se puso de manifiesto la experiencia compartida con los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje del tópico biotecnológico, el registro de notas de campo y la entrevista en profundidad realizada a la docente del curso, la cual se efectuó a través de preguntas que permitieron conocer su opinión con respecto a las estrategias aplicadas, en las sesiones teóricas y prácticas y por supuesto sobre el modelo analógico, su uso y su efectividad.

También a través de mapas mentales elaborados por los estudiantes antes y después de haber realizado la actividad prevista. Los informantes claves que aportaron los datos analizados, fueron la docente y el grupo de estudiantes de la asignatura de Biología de 1º de Ciencias en Educación Media Diversificada y Profesional del Liceo “José Luís Ramos”, Maracay, Estado Aragua (Venezuela) y la propia investigadora. Todos los datos fueron analizados por triangulación dada la variedad de fuentes y métodos utilizados (Guba, 1985). El análisis de la información fue cualitativo, descriptivo.

La investigación se realizó en tres etapas:

*1ª Etapa: Diagnóstico*

Para constatar la existencia de la necesidad de promover la propuesta de estrategias alternativas para la enseñanza de tópicos biotecnológicos, se tomaron en cuenta fundamentalmente los estudios de Hernández (1999) y López (2005). Igualmente se realizó una amplia revisión bibliográfica en la literatura especializada en relación con: fundamentos psicopedagógicos de la enseñanza de las ciencias, modelos analógicos, biotecnológicos, lombricultura, lombriz roja californiana, bioética. También se efectuaron ensayos previos para que la investigadora se familiarizara con la técnica de la lombricultura, evaluar los costos de los materiales, tiempo, sustrato para la cría y el diseño del modelo analógico.

La selección de la lombriz roja californiana se justifica porque representa un material biológico de fácil manipulación, cuidado, reproducción, bajo costo y constituye un material excelente para formular un modelo analógico al comparar el funcionamiento de su sistema digestivo cuando procesa la materia orgánica (situación desconocida) con otra más familiar y fácil de comprender: los procesos industriales que ocurren en una fábrica de transformación del maíz (análogo).

*2ª Etapa: Ensayos previos*

Con el fin de familiarizarse con la técnica de la lombricultura, evaluar costos de los materiales, tiempo, medio de cría, sustrato, se realizaron pruebas experimentales con participación de estudiantes de 5º año de bachillerato a través de proyectos de investigación asesorados y realizados en la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL), los cuales permitieron evaluar los envases para cultivar las lombrices y cantidad a colocar en los mismos, el tipo de sustrato y tiempo para que las lombrices procesaran el sustrato y así afinar los protocolos experimentales que acompañarían el uso del modelo analógico.

*3ª Etapa: Diseño y evaluación del modelo analógico*

Se elaboró el modelo analógico intitulado *La lombriz roja californiana “Una Fábrica Biotecnológica”*, el cual luego fue utilizado por la docente del aula, como recurso didáctico, cuando realizó las actividades planificadas.

Con el propósito de probar la factibilidad y efectividad de uso del modelo analógico se llevó a cabo un estudio piloto en una situación real de enseñanza-aprendizaje, con la participación de una sección de 38 estudiantes con edades entre los 14 y 15 años. Los mismos pertenecían al Liceo José Luis Ramos (Maracay, Edo. Aragua, Venezuela) con una población de 500 estudiantes de 4º y 5º año de bachillerato. Además de la docente del aula, profesora de **PARADIGMA**, Vol. XXX, N° 2, Diciembre de 2009 / 203 - 215

la especialidad de Biología con 23 años de experiencia.

## Resultados

### *1ª Etapa Diagnóstico*

Se constató en esta etapa, por los resultados encontrados en los diagnósticos que Hernández (1999) y López (2005) realizaron sobre la enseñanza de tópicos biotecnológicos, que efectivamente existía la necesidad de promover la propuesta de estrategias alternativas (actividades y recursos) para la enseñanza de tópicos biotecnológicos; ambas autoras reportan que los docentes manifestaron significativas carencias en el área de la Biotecnología, necesidad de actualizar los conocimientos adquiridos durante su formación académica, así mismo, las limitaciones para la realización de programas de actualización que permitiera desarrollar actividades en el ámbito de aula. De igual manera los docentes y estudiantes, presentan un escaso conocimiento sobre la biotecnología, sólo expresan tener alguna información de los temas y contenidos más divulgados por los medios de comunicación social como lo es la clonación, pero desconocen en qué consiste esta biotécnica, sus aplicaciones y beneficios. También, encontraron que existe gran interés por conocer sobre la biotecnología y resaltaron la importancia de la participación ciudadana en la regularización de las actividades científicas y tecnológicas, destacaron a la vez la necesidad de una democratización científica que facilite la transmisión de los conocimientos a la población en general, para que participen en el debate sobre temas biotecnológicos.

Es evidente que estos estudios revelan la necesidad de actividades y recursos para enseñar en el área de la Biotecnología. De allí parte la inquietud por aportar alguna contribución al respecto con esta investigación, utilizando a la lombriz roja californiana (*E. foetida*) como eje didáctico.

### *2ª Etapa: Ensayos previos*

Los ensayos previos permitieron obtener una estimación del tipo de sustrato y cantidad de lombrices a cultivar (30) en un tiempo de un mes, lo cual permitió la planificación y desarrollo de las estrategias de enseñanza-aprendizaje en clases. Se diseñaron tres trabajos prácticos, a saber: (a) *Elaboración de un lumbricario*, (b) *Estudio de la lombriz roja californiana, ciclo de vida, características*, (c) *Manipulación de La lombriz roja californiana como procesadora de materia orgánica*. Cada trabajo práctico tenía actividades específicas que propiciaron la participación y dinamismo de los estudiantes en la ejecución de las mismas.

*3ª Etapa Diseño del Modelo Analógico: La Lombriz Roja Californiana Una “Fábrica Biotecnológica”*

El diseño del modelo analógico para enseñar biotecnología a través de la Lombriz Roja Californiana, como ejemplo de organismo vivo, se realizó tomando en cuenta los procesos biológicos, físicos y químicos que ocurren en cada estructura de su sistema digestivo. La lombriz cumple una función específica para procesar la materia orgánica y, como producto final se obtiene humus y carne rica en proteínas, que beneficia a todos los seres vivos y al ambiente (estos conocimientos se corresponden con el tópico desconocido). A partir de ellos

se elaboró un cuadro sinóptico que representa a la lombriz como una fábrica, donde cada una de sus estructuras digestivas, son sustituidas por departamentos y funciona como una fábrica procesadora de materia prima.

Se tomó como tópico conocido una fábrica de harina de maíz precocida (análogo) por ser muy conocida debido a la importancia de este producto en la dieta de la población, la misma se estructura por departamentos donde se ejecutan una serie de funciones que procesan el maíz como materia prima, del cual se obtiene como producto final la harina de maíz precocida. Las descripciones en ambas fábricas constituyen los puentes o conexiones de comparación o analogías. Todo esto se presenta en el esquema denominado “La lombriz roja californiana: Fábrica Biotecnológica”, donde en la columna de la izquierda se compara con su equivalente en la derecha:

### **La Lombriz Fábrica Biotecnológica**

#### Materia Orgánica

Constituida por los restos de animales como insectos, deyecciones etc., y vegetales como raíces, tallos, restos de hojas, flores, los cuales están en el suelo y por acción de los microorganismos son degradados.

#### Cavidad de la boca

Lugar de entrada de la materia orgánica. Es un canal amplio donde es humedecida y ablandada.

#### Faringe

Ejerce una fuerza para succionar la materia orgánica de la boca al canal faríngeo. Se humedece y ablanda por procesos químicos y mecánicos.

#### Esófago

La materia orgánica se neutraliza, por su alto grado de acidez. Se activan los depósitos de calcio y son liberados iones cálcicos para normalizar y mantener el equilibrio y funcionamiento.

#### Buche

Se almacena y deposita la materia orgánica para asegurar su degradación por sustancias químicas, segregadas por microorganismos.

#### Molleja

Se tritura y fragmenta la materia orgánica para dejarla más fina, los microorganismos se mantienen en su función degradadora, segregando sustancias químicas para romper las cadenas carbohidratos, proteínas y lípidos.

#### Intestino

Por medio de los filtros seleccionadores y de reserva, dejan pasar la materia orgánica a los canales transportadores (vasos capilares), los componentes procesados (producto terminado 1) a las distintas estructuras de su sistema digestivo.

### **Fábrica de harina de maíz pre cocida**

#### Materia prima

Los granos de maíz blanco, cosechados en el campo, se obtienen del desgrane de la mazorca de la planta, estos vienen con impurezas y humedad.

#### Departamento de Recepción

El maíz llega en camiones procedente del campo y son almacenados a granel.

#### Departamento de Limpieza Depuración y Control de Calidad

Se prepara el maíz para una pre limpieza, eliminando las impurezas tales como, palos, metales, trozos de tusa, semillas, mecates entre otros. Se aplica un secado para eliminar la humedad, se mantiene un control del peso para asegurar su secado.

#### Departamento de Conservación

Para normalizar la humedad se aspiran los granos de maíz con aire. Esto permitirá obtener una deshidratación de las capas del maíz.

#### Departamento de Conservación

Se guarda el maíz una vez seco se acondiciona para su proceso de molienda. Antes se separa el germen y la concha del grano, obteniéndose el endospermo, o sea la parte dura del maíz.

#### Departamento de Laminación y Molienda

Antes de la molienda, el endospermo se transforma en hojuelas, por medio de rodillos, esta pre molienda va reduciendo las hojuelas a pequeños granitos, pasan por cuatro molinos que tienen estrías y de allí a cernidores, hasta obtener un fino polvillo, la harina

#### Departamento de procesamiento

Después de la molienda, la harina de maíz pre cocida es un producto muy fino, rico en proteínas y carbohidratos, el resto de los residuos son utilizados para producir aceite comestible y el germen a través de procesos físicos y químicos.

Continúa

**La Lombriz Fábrica Biotecnológica**

Descarga de humus

Los productos de desecho (productos terminados 2) son desplazados del intestino a la zona de descarga, esta materia procesada es rica en microorganismos vivos, sales minerales, puede ser en forma líquida y sólida.

Utilización de humus

Finalmente el producto humus es aprovechado con fines agrícolas de conservación ambiental.

**Fábrica de harina de maíz pre cocida**

Departamento de Almacén y Depósito

La harina de maíz se empaqueta en contenedores de 1Kg y a su vez en contenedores de 20 Kg, se almacenan en paletas y se guardan. El aceite es envasado para su comercialización.

Carga y ventas

Las paletas de harina almacenadas, son comercializadas para salir al mercado, hasta llegar a manos de la población y así consumirlas en su dieta.

*Evaluación del Modelo Analógico: La Lombriz Roja Californiana Una “Fábrica Biotecnológica”*

Con el fin de probar la factibilidad y efectividad del modelo analógico, se pusieron a prueba las actividades tanto prácticas como teóricas que facilitarían la comprensión del mismo, mediante un plan de clases que incluye los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales seleccionados sobre biotecnología y sobre la lombriz. En cada una de las sesiones de clase se facilitaron los materiales y se realizaron las actividades conducentes a afianzar el conocimiento, tales como: lecturas para discutirlos en grupo, elaboración de mapa mental y el modelo analógico. Al inicio de las clases referidas al tema, se realizó un diagnóstico para saber que ideas tenían los estudiantes sobre el mismo, se les pidió que elaboraran un mapa mental (Figura 1), luego se realizaron lecturas relacionadas con la lombriz roja californiana, para conocer sus características, ciclo de vida, clasificación taxonómica, esto para discutirlo en grupo y de allí se generó una discusión general, donde se aclararon dudas en cuanto al vocabulario.

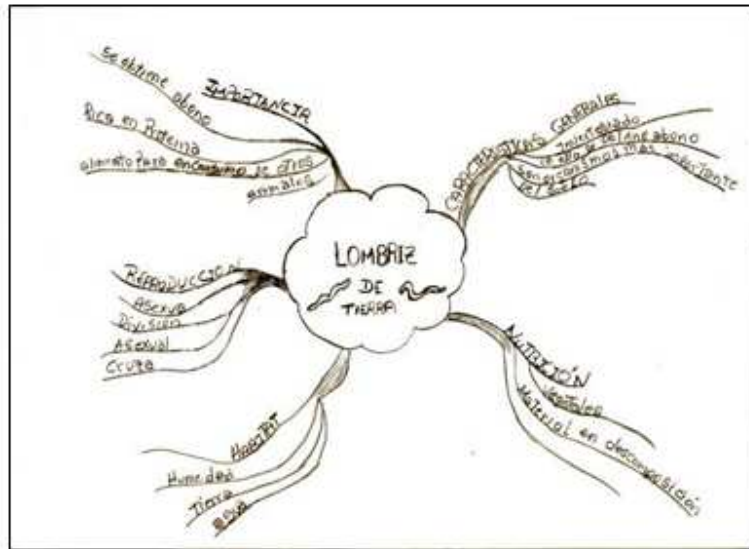


Figura 1. Diagnóstico de nociones previas sobre la Lombriz Roja Californiana como procesador biotecnológico



En las siguientes sesiones se estudiaron los aspectos relacionados con la materia orgánica, los procesos biológicos, químicos y físicos que se llevan a cabo en el sistema digestivo de la lombriz para procesar la materia orgánica ingerida. De igual manera, se estudió la técnica de la lombricultura, importancia, evolución y su uso en la actualidad como Biotecnología y por último los beneficios y aplicaciones de la lombriz como procesador. Estos contenidos se acompañaron con los trabajos prácticos elaborados. Todas las actividades se realizaron durante 4 semanas de clase para una total de 24 horas. El modelo analógico fue presentado para su observación y estudio en relación con: (a) estructura, (b) función, de las diversas secciones del sistema digestivo de la lombriz roja californiana, representado en la analogía. Los estudiantes señalaron cómo se da el proceso y comparaban al mismo tiempo con lo que ocurre en una fábrica. Se desarrolló una dinámica de participación donde los mismos estudiantes les explicaron a sus compañeros. Al finalizar, la aplicación de la herramienta se les pidió representar en un nuevo mapa mental (Figura 2) de todo lo aprendido.

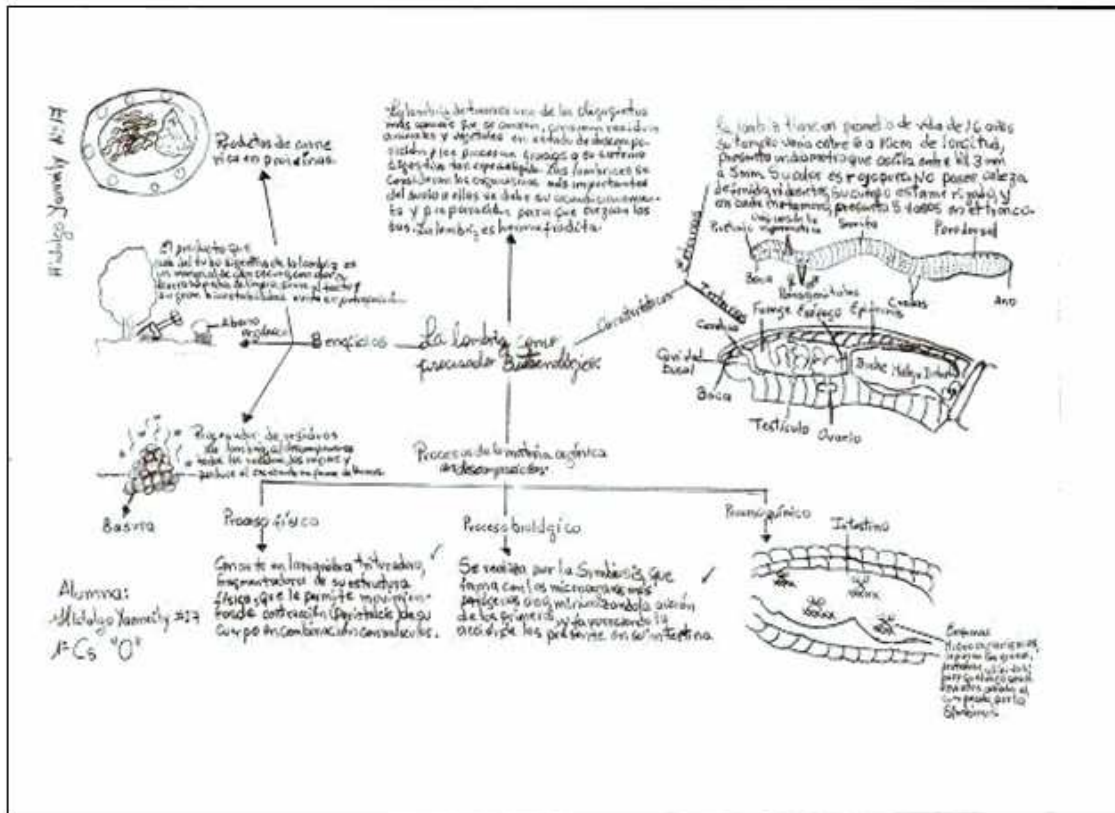


Figura 2. Mapa Mental elaborado después de las actividades que implicaron el estudio del modelo analógico

### Discusión

En el primer mapa mental (Figura 1), solicitado a los alumnos para precisar qué nociones tenían sobre la lombriz roja californiana como procesador biotecnológico, se encontró que sólo hicieron referencia a las características generales, tanto externas como internas de la

lombriz, su hábitat y alimentación.

En el segundo mapa mental (Figura 2), elaborado después de las actividades que implicaron el estudio del modelo analógico, expresaron su conocimiento sobre lombricultura, las características externas e internas de la lombriz roja californiana y lo relacionaron con los procesos biológicos, físicos y químicos implicados en el proceso digestivo que realiza la lombriz para transformar la materia orgánica. Asimismo reflejaron los beneficios del producto final de la digestión de la lombriz como procesador biotecnológico.

La Figura 1 se corresponde con el mapa mental 1 y fue elaborado por un estudiante; en el mismo se observa una distribución de información donde la lombriz roja californiana representa su foco central, a partir de allí, describe sus características generales, sabe que es un invertebrado, que se alimenta de material de desecho, habita en la tierra, su reproducción. Destaca la importancia, se obtiene abono, rica en proteína, es de alimento para consumo de otros animales. En resumen hace una descripción sencilla de sus conocimientos previos.

La Figura 2, se corresponde con el mapa mental 2, y amplía la información, le da un sentido lógico al conocimiento, se aprecia una descripción completa de las características externas e internas, destaca y hace énfasis en una parte del modelo analógico para explicar como procesa la lombriz roja californiana la materia orgánica y señala los beneficios que ella tiene, así mismo su uso. Lo cual indica que comprendió el modelo analógico y amplió significativamente su conocimiento del proceso biotecnológico implicado.

#### *Opinión del Docente Participante*

De acuerdo con lo expresado por la docente del aula, se evidenció interés por parte de los estudiantes, al participar activamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje, tanto en las sesiones teóricas como en las prácticas, hicieron preguntas para aclarar y comprender el conocimiento biotecnológico. Los estudiantes demostraron motivación en las actividades de laboratorio, les agradó la experiencia con el lumbricario, manipularon la lombriz de tierra para observarla con detenimiento. Se apreció su habilidad y destreza al aplicar los procesos de la ciencia.

Fue evidente la curiosidad que generó el modelo analógico, les impactó. Visualizar el esquema de la lombriz de tierra como Fábrica Biotecnológica y su comparación con una fabrica procesadora de harina de maíz, les permitió captar mejor la información. Algunos de ellos comentaban lo aprendido a los demás compañeros, mediante ejemplos de la cotidianidad. Explicaba uno de ellos, que el procesamiento de la materia orgánica ocurría por distintos pasos, que no era como tomarse un vaso de agua y esta sale del organismo igual, deben ocurrir procesos en los órganos del cuerpo para ser utilizada y expulsada en forma de orina.

La docente del curso donde se aplicó la experiencia, expresó que “*el modelo analógico fue de utilidad*”, y señaló la necesidad de elaborar materiales que permitan la enseñanza de conceptos biotecnológicos, ya que en este campo son escasas; además, aún cuando los docentes elaboren modelos analógicos, también los estudiantes pueden aprender construyendo otras analogías.

El modelo analógico generó interés en los estudiantes, al evidenciar el proceso biotecnológico que realiza la lombriz roja californiana como una fábrica, facilitó la comparación entre lo desconocido y la analogía. El modelo analógico permitió la adaptación del vocabulario científico, aclarando términos que pudiesen ser confusos para su comprensión.

Las actividades planificadas en torno a la lombriz roja californiana, permitieron a los estudiantes consolidar el modelo analógico, esto hizo que los procesos de abstracción de los conceptos facilitaran la comprensión del contenido. En sí, con estas actividades los estudiantes profundizaron el conocimiento biotecnológico reforzando lo que sabían, con lo que conocieron en la práctica y la discusión del modelo analógico.

Durante el desarrollo de estas clases se evidenció participación, motivación e interés por parte de los estudiantes. La experiencia de utilizar instrumentos para tomar medidas, manipular las lombrices, realizar observaciones cuidadosas, inferir los procesos ocurridos a través de los cambios observados en el sustrato donde estaban las lombrices, demostró que estas actividades favorecieron el desarrollo de habilidades y destrezas que, tal como lo señala la bibliografía, promueven el interés por el estudio de contenidos científicos por parte de los estudiantes. Asimismo, se observó a través de las respuestas que los estudiantes dieron en la discusión y los elementos incluidos en el segundo mapa mental, que la interpretación de la analogía presentada les permitió consolidar y comprender los principales conceptos asociados a la Biotecnología. Otro elemento a considerar es la opinión favorable expresada por la docente del aula, respecto a tiempo requerido, facilidad de utilización y nivel de conocimiento del tema obtenido por los alumnos.

### Conclusiones

Sobre la base del objetivo planteado en esta investigación y los resultados encontrados en la aplicación del modelo analógico se concluye que:

El modelo analógico *La lombriz roja californiana: una "Fábrica biotecnológica"*, fue comprendido por los estudiantes. Comparar todos los procesos que ocurren en una fábrica para transformar la materia prima y obtener un producto acabado, les proporcionó un conocimiento sobre la lombriz como procesador biotecnológico de la materia orgánica en "bruto" y su transformación a un producto final "humus" de uso por el hombre y su ambiente, tal como un proceso, al reconocer que cada estructura del sistema digestivo desencadena una función específica, siendo la misma cíclica.

El mapa mental (1) elaborado al inicio por los estudiantes, permitió determinar que tenían conocimientos previos sobre la lombriz roja californiana, más no como procesador biotecnológico. Mientras que en el mapa mental (2) elaborado al final, los estudiantes demostraron haber entendido a la lombriz roja californiana como procesador biotecnológico, al establecer relaciones e interpretar lo que sucede en cada una de las estructuras del sistema digestivo para procesar la materia orgánica en descomposición; mostrando por lo tanto que hubo una interpretación y comprensión del modelo analógico.

La entrevista con el docente de la asignatura permitió conocer su opinión respecto a considerar que existe la necesidad de aplicar estrategias para enseñar procesos

biotecnológicos, y que el modelo analógico fue una herramienta o recurso útil que posibilita la construcción del conocimiento, evidencia que se comprobó por el nivel de participación de los alumnos durante las actividades y por su utilidad en la comprensión de los conceptos biotecnológicos manejados. De igual manera, señaló que el tiempo, los costos, los materiales utilizados son factibles de ser usados en un contexto educativo promedio.

Finalmente, se concluye que las observaciones del investigador y la docente, así como las opiniones de los estudiantes y sus producciones escritas pusieron en evidencia la factibilidad y efectividad del modelo analógico propuesto.

### Referencias

- Coll, R. K., France, B y Taylor, I. (2005). El papel de los Modelos Analógicos en la Educación en Ciencias: Implicaciones desde la Investigación. *Revista Eureka Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*. [Revista en línea] Disponible en: [www.apac-eureka.org/revista/volumen3/Numero\\_3\\_1\\_/rese%F1a\\_2006\\_1.pdf](http://www.apac-eureka.org/revista/volumen3/Numero_3_1_/rese%F1a_2006_1.pdf). [Consulta, 2008, enero 24].
- Fernández, J., Jiménez, T y González, B. (2003). *Las Analogías como Modelo y como Recurso en la Enseñanza de las Ciencias*. [Documento en línea]. Disponible en <http://www.grupoblascabrera.org/didactica7pdf/>
- González, B. M. (2005). El Modelo Analógico como Recurso didáctico en ciencias Experimentales. *Revista Iberoamericana de Educación N° 37/2* [Revista en línea] Disponible en: <http://www.rieoei.org/1080.htm>. [Consulta, 2008, febrero, 23].
- Goetz, J y Le Compte, M (1988). *Etnografía y Diseño Cualitativo en Investigación Educativa*. Madrid: Morata.
- Guba, E G (1985). Criterios de Credibilidad de la Investigación Naturalista. En: J, Gimeno Sacristán y A, Pérez Gómez. *La Enseñanza: Su teoría y su práctica*. Madrid: Akal.
- Hernández, O. (1999). *Propuesta de un Modelo de Capacitación y Actualización basado en un Diagnostico de Necesidades sobre Conocimientos de Biotecnología dirigido a Docentes de Ciencias Naturales*. Trabajo no publicado. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Maracay-Venezuela.
- Jiménez A, M. P. (2003). *Comunicación y Lenguaje en la Clase de Ciencias*. Barcelona, Es.: Editorial Grao. Serie Didáctica de las Ciencias Experimentales.
- Kerlinger, F. y Lee, H. (2002). *Investigación del Comportamiento*. México: Mc Graw Hill.
- López, Y. (2005). *La Percepción Pública sobre la Biotecnología en la UPEL-Maracay*. Trabajo de Grado no publicado. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Maracay-Venezuela.
- Macedo, B y Katzkowicz, R. (2006). *Alfabetización Científica y Tecnológica. Aportes para la Reflexión*. [Documento en línea]. Disponible en: [http://www.cl/medios/alfabetización\\_cientifica\\_tecnologia\\_aportes\\_reflexion](http://www.cl/medios/alfabetización_cientifica_tecnologia_aportes_reflexion). [Consulta, 2007, junio 25].
- McMillan, J. H y Schumacher, S. (2005). *Investigación Educativa*. Madrid: Pearson Educación.
- Odum, E. P. (1986). *Fundamentos de Ecología*. México, D.F: Editorial Interamericana S.A.

- Pozo, J. L y Gómez C. (2000). *Aprender y Enseñar Ciencia*. Madrid: Ediciones Morata, S.R. 2da Edición.
- REMAVENCA, (1991). El milagro de la Harina Pan. Notas polarizadas de las Empresas Polar. *Revista Cincuentenaria. Edición especial*. Turmero, estado Aragua; Venezuela. Pág.14-16.
- Rengifo, V. (2004). *Propuesta de un Modelo Didáctico para la Enseñanza de la Lombricultura como Tópico Biotecnológico Dirigido a Estudiantes de Educación Media Diversificada y Profesional*. Trabajo no publicado. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Maracay-Venezuela.
- UNESCO, Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura. Budapest (1999). *Conferencia Mundial sobre la Ciencia: Declaración sobre la Ciencia y Uso del Saber Científico*. [Documento en línea]. Disponible en <http://www.unesco.org/science/wcs/esp/declaracion-s.htm>. Consulta, 2008, noviembre, 22.
- Williams, V. (1995). *Aprender con todo el Cerebro: Estrategias y Modos de Pensamiento: visual, metafórico y multisensorial*. Bogotá: Martínez Roca.

#### LAS AUTORAS

**Virginia M. Rengifo V.**, Magíster en Educación: Mención Enseñanza de la Biología. Miembro del Núcleo de Investigación en Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología (NIDE-ECYT) de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Núcleo Maracay. Dpto. de Biología  
*vmrengifo\_64@hotmail.com*

**Yolanda Fariña de Lander**, Dra. Ciencias Agrícolas. Coordinadora del Núcleo de Investigación en Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología (NIDE-ECYT) Profesora Titular Jubilada de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Núcleo Maracay. Dpto. de Biología  
*yolander@cantv.net*

**Eva Cabrera de Reyes**, Doctoranda en Psicología y Ciencias de la Educación. Magíster en Educación: Mención Enseñanza de la Biología. Miembro del Núcleo de Investigación en Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología (NIDE-ECYT) Profesora Agregada de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Núcleo. Área de Práctica Profesional. Dpto. de Componente Docente  
*ecare2855@hotmail.com*