

**ELABORACIÓN Y PUESTA A PRUEBA DE UNA SECUENCIA  
DIDÁCTICA CON LOMBRICOMPOSTEROS EN APOYO  
A LA EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO  
SUSTENTABLE EN EDUCACIÓN SECUNDARIA**

María Teresa Guerra Ramos\*  
Rocío Guadalupe Balderas Robledo\*\*  
Yei Jazmín Rentería Guzmán\*\*\*

\*Doctora en Educación en Ciencias. Profesora-investigadora del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (Cinvestav), Unidad Monterrey.

tguerra@cinvestav.mx

\*\*Maestra en Investigaciones Educativas. Auxiliar de investigación en Cinvestav-Unidad Monterrey.

rbalderas@cinvestav.mx

\*\*\*Maestra en Ciencias Ambientales, Auxiliar de investigación en Cinvestav-Unidad Monterrey.

yrenteria@cinvestav.mx

Recibido: 13 de Octubre de 2014  
Aceptado: 30 de Octubre de 2014

## Resumen

En este artículo se reporta la experiencia del desarrollo e implementación de una propuesta didáctica innovadora denominada “Lombrices a la escuela”. La propuesta fue diseñada para apoyar los contenidos de la asignatura Ciencias I (énfasis de Biología correspondiente al primer grado de educación secundaria y tiene un enorme potencial para integrar distintos temas desde una perspectiva de desarrollo sustentable. Participaron 3 profesores y 5 grupos escolares (182 estudiantes) de una escuela secundaria pública urbana, quienes se involucraron en la experiencia del manejo y cuidado de lombricomposteros con lombrices rojas californianas durante un ciclo escolar. Participaron también en 10 sesiones de actividades del proyecto. Se presentan los resultados preliminares a partir del análisis de la evaluación pre y pos-test y los escritos libres de los estudiantes. Los alumnos mejoraron en conocimientos conceptuales, argumentación sobre gráficas y en su interés en temas de biología y cuidado del ambiente.

**Palabras clave:** Educación para el desarrollo sustentable, didáctica de la biología, educación secundaria, compostaje.

## Abstract

This article reports the experience of developing and implementing an innovative teaching sequence called “Worms to the school”. This teaching sequence was designed to complement the subject Sciences I (Emphasis in Biology) in the first year of secondary education. It has a huge potential to integrate several curriculum themes from the perspective of sustainable development. Three teachers and five students groups (182 students) participated in the implementation, all in an urban public secondary school. They got involved in the experience of taking care of a composting device with earthworms during a school year. They also participated in 10 sessions with learning activities in the project. Preliminary results, based in the analysis of data coming from a pre and post-test questionnaire and students’ free texts, suggest that students improved in conceptual knowledge, argumentation related to graphs and their interest in topics of biology and environmental care.

**Keywords:** Sustainable development, education, biology education, secondary education, composting.

En México, los temas de educación para la sustentabilidad se han considerado en el campo formativo “Exploración y comprensión del mundo natural y social” que incluye asignaturas desde preescolar hasta secundaria (SEP, 2009). A pesar de la presencia de estos temas en los programas vigentes, aún hacen falta propuestas didácticas concretas que apoyen la labor docente con recursos y actividades concretas. Por esta razón, en este artículo presentamos el desarrollo de una propuesta didáctica que apoya la educación para el desarrollo sustentable en el nivel de educación secundaria y sus resultados preliminares. La propuesta pretende introducir experiencias críticas y memorables con seres vivos, experiencias relacionadas con el aprovechamiento de residuos orgánicos y el manejo de un lombricompostero.

Por otro lado, la formación básica que reciben niños y jóvenes debe considerar, además de contenidos conceptuales, el desarrollo de habilidades y actitudes que les permitan conocer su entorno natural inmediato y lejano, para valorarlo y preservarlo. Si bien, los planes de estudio y materiales educativos oficiales de educación secundaria están orientados en este sentido, aún es posible desarrollar propuestas pedagógicas que los complementen y apoyen al docente con estrategias y actividades novedosas.

Podemos identificar una dificultad sustancial para lograr aprendizajes conceptuales, procedimentales y actitudinales. El trabajo práctico y las actividades experimentales aún no se han incorporado sistemáticamente en la enseñanza de las ciencias por diversas razones. Destacan la falta de espacios, materiales concretos y tiempo suficiente para la planeación y realización de las mismas.

En este trabajo se reporta el desarrollo e implementación de una propuesta didáctica innovadora, cuya finalidad fue incorporar

actividades con seres vivos a fin de estimular el desarrollo de algunas habilidades y actitudes en el aula de ciencias de primer grado de educación secundaria. Esta estrategia permitió involucrar a docentes y estudiantes en la experiencia del manejo y cuidado de composteros con lombrices rojas californianas durante un ciclo escolar.

Para contextualizar este trabajo exponemos una revisión breve de los antecedentes de la educación para el desarrollo sustentable, el contexto educativo de los temas ambientales en los documentos curriculares vigentes y algunos trabajos previos relacionados con el uso de composteros y lombrices con fines educativos. Se describe después el desarrollo de la propuesta didáctica y los resultados preliminares de su aplicación, para finalizar con algunos comentarios finales.

### **Antecedentes de la educación para el desarrollo sustentable**

Es indisoluble hablar sobre Educación para el desarrollo sustentable (EDS) sin retomar los preceptos y el trabajo teórico y práctico de más de 30 años de la Educación ambiental (EA), concepto creado en los años setenta como consecuencia de una crisis ambiental provocada por modelos socioeconómicos contaminantes y de degradación del medio ambiente. El sustento que definió la noción de la educación ambiental a nivel mundial lo aportaron las tres grandes reuniones internacionales sobre medio ambiente (Estocolmo en 1972, Río de Janeiro en 1992 y Johannesburgo en 2002), que establecieron sus lineamientos teóricos de la política ambiental (Peza, 2013). Aunque las Cumbres mundiales sobre medio ambiente fueron de tipo político y económico, en éstas se reconoció a la educación como el recurso más efectivo para remediar los problemas ambientales. Por lo tanto se organizaron otras conferencias más especializadas sobre EA como la de Tbilis en 1977 la cual se considera como la constitución del corpus teórico de la EA.

En Latinoamérica, la EA se fue construyendo a partir de las experiencias de la educación popular, de la educación comunitaria y participativa, y de la educación ecológica o conservacionista (Trellez, 2006).

En el ámbito educativo, diversos grupos de educadores promovieron iniciativas para insertar concepciones ambientales en las propuestas curriculares. Se realizaron reuniones internacionales para debatir la incorporación de la EA en los niveles de la educación secundaria y se señaló la necesidad de avanzar hacia otro concepto de desarrollo al cual podría contribuir la educación ambiental desde una perspectiva crítica y transformadora (Trellez, 2006). Fue a raíz de los diversos acuerdos internacionales que mencionamos con anterioridad que en el año de 1997 en el marco de la Tercera Conferencia Internacional de Educación Ambiental “Educación y sensibilización para la Sostenibilidad” que se usó por primera vez el término Educación para el Desarrollo Sustentable (EDS). La EDS se refiere al proceso que implica aprender a tomar decisiones a favor de un equilibrio e integración entre el ser humano y la naturaleza, entre la economía, la sociedad, la biodiversidad, las culturas, y su bienestar presente y futuro tanto a nivel personal, comunitario y social; como a escala local, nacional e internacional (Peza, 2013: 9,13).

Cabe señalar que la EDS no nace como un nuevo concepto o programa, sino que guarda una estrecha relación y comparte los objetivos de otros proyectos educativos, como la educación para todos y todas, la educación para la igualdad de género, la educación para la paz, la educación para la tolerancia y la interculturalidad, etc.; siendo la educación ambiental como hemos estado señalando, su raíz y precursora.

En la actualidad podemos mencionar que lo más relevante ha sido que desde hace dos décadas la Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO)

lidera el Decenio de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sustentable. Este tiene como objetivo: Integrar los valores inherentes al desarrollo sustentable a todos los aspectos del aprendizaje y con esto preparar a individuos y grupos sociales en la reflexión y toma de decisiones informadas sobre nuestros estilos de vida y en la compleja trama de cuestiones ambientales, sociales y económicas que afecta la sustentabilidad del planeta. Como meta se pretende promover cambios de comportamiento que permitan formar una sociedad más justa y estable para todos. Otras conferencias internacionales como la de Bonn, Alemania en 2009 han concretado lo anterior, proponiendo incorporar la EDS en todos los niveles de los sistemas educativos mediante la elaboración de métodos pedagógicos, creación de redes para la investigación, así como el fomento del liderazgo en el sector educativo.

En cuanto a los modelos de EDS, Castro (2000) propone que al igual que la educación ambiental la educación para el desarrollo sustentable puede ser descrita en tres ámbitos: educación formal, no formal e informal. En la educación formal se educa y aprende en el ambiente escolar. La educación no formal contempla procesos educativos que aunque se realicen al margen de un sistema estructurado de enseñanza, están organizados para favorecer en lo cognitivo y valoral. La educación informal es espontánea, no estructurada, se promueve en la cotidianidad, por ejemplo: en el lugar de trabajo, en la comunidad, en los espacios de ocio, en los medios de comunicación, etcétera.

La EDS cuenta con cuatro campos prioritarios de actuación (DFB, 2007) que pueden abordarse en cualquier ámbito:

- Promoción y mejora de la educación básica, incorporando conocimientos, habilidades, valores y perspectivas que capaciten y estimulen a la población a llevar vidas sostenibles.

- Reorientación de la educación existente, a todos los niveles, para dirigirla hacia el desarrollo sustentable.
- Desarrollo de una comprensión y concienciación ciudadana sobre sustentabilidad.
- Capacitación/formación: teniendo en cuenta que todos los sectores pueden contribuir a la sostenibilidad local, regional, nacional e internacional.
- Integrar en cualquier práctica educativa y programa de sensibilización los principios de la educación para el desarrollo sustentable, entre los que podemos destacar: Educación para la acción y el cambio, reflexión crítica, enfoque integrado y visión ecosistémica, educación en valores, visión de futuro, aprendizaje continuo y descubrimiento permanente, aprendizaje basado en experiencias y acción.

En cuanto a las estrategias de enseñanza y aprendizaje en EDS, podemos mencionar que no existen estrategias específicas o especiales. Ruiz y cols. (2003) señalan que es imprescindible desarrollar métodos de enseñanza-aprendizaje que promuevan una perspectiva crítica y reflexiva en los estudiantes. Riojas (2004) agrega que tales métodos deben permitir establecer las relaciones existentes entre diversos campos de la realidad con base a los fenómenos ambientales complejos.

Por ejemplo, en las ciencias naturales se deberían utilizar estrategias propias de la asignatura, de las aplicadas al enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA); así como aquellas de índole general tales como: juegos, simulaciones, juego de roles, estudios de casos, aprendizaje basado en problemas, debates, discusiones y resolución de problemas (DFR, 2007).

## Contexto educativo de la educación para la sustentabilidad

En México, los temas de educación para la sustentabilidad se han considerado en el campo formativo “Exploración y comprensión del mundo natural y social” que incluye asignaturas desde preescolar hasta secundaria (SEP, 2009). A continuación deseamos dar un panorama general de cómo se ha considerado la temática de sustentabilidad en los actuales documentos educativos oficiales.

En el programa de estudio 2011 se plantean seis propósitos para el estudio de las Ciencias Naturales en la Educación Básica (SEP, 2011: 13). Cuatro de ellos tiene que ver con la comprensión, interpretación y explicaciones de los fenómenos y procesos naturales, así como el reconocer a la ciencia como una actividad humana. Dos propósitos están claramente relacionados con el medio ambiente y el desarrollo sustentable. Estos dos propósitos plantean que los estudiantes:

- Participen en el mejoramiento de su calidad de vida a partir de la toma de decisiones orientadas a la promoción de la salud y el cuidado ambiental, con base en el consumo sustentable.
- Aprecien la importancia de la ciencia y la tecnología y sus impactos en el ambiente en el marco de la sustentabilidad.

Para educación secundaria se establece siete propósitos que giran en torno al desarrollo y apropiación de conocimientos y habilidades y sólo uno de ellos está relacionado con el ambiente y al desarrollo sustentable. Se propone que los adolescentes “practiquen por iniciativa propia acciones individuales y colectivas que contribuyan a fortalecer estilos de vida favorables para el cuidado del ambiente y el desarrollo sustentable” (SEP, 2011: 14).

Dentro de este mismo programa también se presentan los Estándares Curriculares en Ciencias, donde se establece la visión de una población que utiliza saberes asociados a la ciencia que les provea de una formación científica básica al concluir los cuatro periodos escolares (preescolar, de primer a tercer grado de primaria, de cuarto a sexto grado de primaria y secundaria). Estos estándares están compuestos por 4 categorías: conocimiento científico, aplicaciones del conocimiento científico y de la tecnología, habilidades asociadas a la ciencia y actitudes asociadas a la ciencia.

La progresión de los estándares son entendidos como la adquisición de vocabulario básico para construir un lenguaje científico, el desarrollo de habilidades para interpretar y representar fenómenos y procesos naturales; y la vinculación del conocimiento científico con otras disciplinas y su aplicación en diferentes contextos y situaciones de relevancia social y ambiental (SEP, 2011: 15). Como se puede percibir la presencia del ámbito ambiental está presente o es vinculado en las aplicaciones de los conocimientos científicos.

En el desarrollo de cada una de las categorías los estándares establecidos sólo se menciona el tema de medio ambiente o sustentabilidad en la categoría de “Aplicaciones del conocimiento científico y la tecnología” y en la de “Actitudes asociadas a la ciencia”. Las frases que aluden el tema son:

- (2.3) Identifica los beneficios y riesgos de las aplicaciones de la ciencia y la tecnología en la calidad de vida, el cuidado del ambiente, la investigación científica y el desarrollo de la sociedad.
- (4.3) Manifiesta compromiso y toma decisiones en favor de la sustentabilidad del ambiente.

A partir de la revisión de los estándares curriculares, podemos afirmar que aunque los de la propuesta curricular vigente reconocen la relevancia de los temas relacionados con la educación para la sustentabilidad, estos temas aún no figuran de manera sistemática y progresiva.

Debido a que nuestra propuesta didáctica está orientada al primer grado de educación secundaria, a continuación nos detenemos a revisar cómo se incorpora la temática de la educación para la sustentabilidad en la asignatura Ciencias I (énfasis en Biología).

El curso de Ciencias I, con énfasis en Biología se compone de cinco bloques. En los primeros cuatro bloques, el contenido está formado por tres temas, los cuales a su vez se dividen en subtemas y por un apartado de proyecto con el que se pretende desarrollar, integrar y aplicar los aprendizajes esperados y competencias. El quinto bloque termina con el desarrollo de un proyecto de cierre de curso en el que se sugieren tres temas cada uno con algunas preguntas de investigación. En total, se pretende que en el curso de Ciencias I se estudien 31 subtemas y se realicen 4 proyectos cortos y un proyecto de cierre (SEP, 2011: 42).

El programa de Ciencias plantea con énfasis la relación entre el conocimiento científico y el conocimiento tecnológico con las actividades sociales y estimula a la reflexión de cómo éstos han contribuido a las necesidades humanas relativas a la salud y al ambiente. También explicita que el inicio de cada bloque parte del contexto humano, para hacerlo más cercano a los estudiantes, y posteriormente, se amplía hacia las interacciones de la vida en los ecosistemas y la importancia del cuidado ambiental. No obstante, en las descripciones posteriores y en la presentación de los contenidos que se hacen de cada bloque, se percibe varios temas que pueden relacionarse con temática ambiental.

Haremos a continuación una descripción de cada bloque.

- 1.- En el Bloque I. La biodiversidad: resultado de la evolución, se analizan las características de los seres vivos haciendo comparaciones, se estudian las aportaciones de Darwin, así como también las aportaciones de la herbolaria de México en la ciencia, particularmente en la medicina; el descubrimiento del microscopio y su contribución en la salud de la sociedad. La relación que se encuentra en este bloque con el medio ambiente, es en el primer tema, donde se representa la presencia que tienen los humanos en la dinámica de los ecosistemas, es decir, en el intercambio de materia y energía al relacionarse con otros seres vivos, así como también en los ciclos de agua y carbono. De esta forma intenta que los alumnos se apropien y reflexionen en la importancia del cuidado de la biodiversidad y las causas que pueden provocar su pérdida.
- 2.- El Bloque II. La nutrición como base para la salud y la vida, es abordada inicialmente de una forma más social, es decir, mostrando los beneficios que tiene para nuestra salud el tener una dieta balanceada y un correcto consumo de agua potable, así como también se promueve el ser críticos ante información de productos o medicamentos para adelgazar que se presentan en los medios de comunicación. También se estudian los organismos autótrofos y heterótrofos. Posteriormente, el último tema del bloque y el proyecto están dedicados al desarrollo sustentable, donde se expone sobre el aprovechamiento de los recursos alimentarios de hoy y del futuro, y cómo el desarrollo sustentable, la ciencia y la tecnología contribuyen a un mejor aprovechamiento. Es en este bloque donde observamos la mayor atención al enfoque ambiental. Al final del Bloque II se plantea una opción de proyecto titulada: “Hacia la cons-

trucción de una ciudadanía responsable y participativa” en la que se proponen las siguientes preguntas:

- ¿Cómo puedo producir mis alimentos para lograr una dieta correcta aprovechando los recursos, conocimientos y costumbres del lugar donde vivo?
- ¿Cómo construir un huerto vertical?

3.- En el Bloque III “La respiración y su relación con el medio ambiente y la salud”, se tratan principalmente las causas de las enfermedades respiratorias más comunes, de igual manera se abordan cuáles son sus medidas de prevención y cómo la tecnología influye en los nuevos tratamientos. Respecto al medio ambiente, se analizan las causas del efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático relacionados con las prácticas humanas y sus consecuencias como la calidad del aire. Se proponen opciones para reducir el cambio climático y proyectar mejores escenarios ambientales. Si bien, en este bloque se aborda la temática ambiental, podemos observar que el problema del calentamiento global se plantea a nivel mundial, y aunque se intenta aterrizarlo en un problema local como la calidad del aire, estos temas pueden resultar poco relevantes para los estudiantes. Por ejemplo, se les habla del derretimiento de los grandes glaciares, pero esto puede resultar ajeno y fuera de contexto si los estudiantes viven en una zona de altas temperaturas y frecuentes sequías. Resulta entonces crucial partir de las condiciones ambientales de la realidad inmediata y concreta de los estudiantes para después poder avanzar hacia contextos más distantes y abstractos.

4.- Por otra parte, en el Bloque IV La reproducción y la continuidad de la vida, se estudia la sexualidad humana, los

contenidos se enmarcan en la salud sexual y reproductiva encaminados hacia la prevención de la salud individual y a la toma de decisiones responsables e informadas. El bloque se centra en atender un problema de índole personal y social de los adolescentes. También se trata el tema de herencia biológica, así como la manipulación genética. Como podemos observar en este bloque no se hace vinculación con el cuidado del medio ambiente o la sustentabilidad.

5.- Finalmente, en el Bloque V se plantea el desarrollo de un proyecto final, el cual pretende que se integren los contenidos estudiados durante el curso. Se presentan seis posibles proyectos formulados como preguntas. En oposición a una posible integración de contenidos, cada una de las preguntas puede relacionarse con algún subtema estudiado en el curso. De las preguntas planteadas sólo una está directamente relacionado con la temática ambiental y se denomina “Biodiversidad y sustentabilidad” con la pregunta “¿Cómo promover la participación de la comunidad escolar para reducir la generación de residuos sólidos domésticos o escolares?”

Nuevamente podemos notar que la presencia de temas relacionados con la educación para la sustentabilidad está presente en la asignatura Ciencias I; sin embargo, encontramos un mayor énfasis en los aspectos conceptuales propios de la biología que en desarrollo de habilidades y actitudes; así como pocos elementos que orienten la realización de actividades concretas. En el planteamiento de los proyectos notamos un intento por integrar aspectos ambientales, biológicos y sociales. Consideramos que eso es un acierto, pero consideramos que aún hacen falta más elementos y recursos que permitan a profesores y estudiantes involucrarse en actividades específicas que permitan abordar la temática de sustentabilidad de manera significativa y estimulante.

Otro punto a discutir es el tipo de acciones o actividades que se suelen promover en los cursos como parte de soluciones a los problemas en los que el medio ambiente se ha visto afectado. Muchas de las actividades que suelen hacerse como la clasificación de la basura, limpieza de ríos y calles, colocar anuncios alusivos a poner la basura en su lugar, reciclaje de materiales, etc., son acciones de tipo paliativo, es decir, intentan resolver un problema cuando éste ya se ha generado. Aún hay oportunidad de incorporar actividades que lleven a una reflexión profunda sobre los problemas ambientales y permitan identificar las estrategias individuales y colectivas posibles para prevenir problemas ambientales. En este sentido, la innovación didáctica que aquí se plantea, permite a los estudiantes hacer conciencia sobre el enorme problema de la generación de basura y concretamente cómo se puede aprovechar los desechos orgánicos en la elaboración de composta y reintegrar nutrientes a la tierra.

### **Experiencias educativas previas con el uso de composteros y lombrices**

Las lombrices composteras se han utilizado con fines educativos en temas medioambientales en diferentes niveles educativos (Appelhof, 1993; Kelley, 2001; Melero, 2009; Melear, 2007; Farell, 1997; Ruiz, 2011; Trautmann, 1998; Yoder, 2009). En la mayoría de las experiencias reportadas se pueden encontrar actividades concretas relacionadas con la medición, la formulación de preguntas de investigación, la elaboración de hipótesis y el diseño de experimentos.

Entre las experiencias realizadas en educación básica, sobresale la reportada por Melear (2007) en la cual se mostró que ciertas actividades simples con lombrices de tierra, podían tener una función integradora de temas de diferentes disciplinas, proporcionar profundidad en su tratamiento y experiencias significativas de

aprendizaje. En este mismo tenor, el trabajo de Melero (2009) consistió en desarrollar en el ámbito escolar, actividades con composteros relacionadas con contenidos transversales de las ciencias sociales; para discutir el problema de la eliminación de residuos. También se relacionaron las matemáticas en la estimación poblacional, las ciencias de la naturaleza en la observación del ciclo de la materia y se usó la composta en un huerto escolar para ver efectos en las plantas. Melero (*op. cit.*) también propone proyectos para la educación sustentable relacionados con la Agenda 21 y escuelas verdes.

El trabajo de Appelhof y cols. (1993) ofrece una serie de actividades para educación primaria y secundaria. Los autores documentaron información biológica sobre la lombriz compostera así como instrucciones para realizar experimentos científicos relacionados con ellas. En su propuesta la resolución de problemas y el aprendizaje por descubrimiento juegan un papel central. La guía presentada contiene una actividad específica que puede ser modificada por el maestro o los alumnos según sus necesidades académicas. Appelhoff y cols. argumentan que las actividades relacionadas con las lombrices pueden extenderse más allá del ámbito científico a otros temas y áreas como la geografía, la historia ambiental, las matemáticas, las relaciones visuales, la discriminación, la escritura creativa, la poesía, la música y el humor.

Kelley (2001) señala que aunque los lombricomposteros han sido utilizados por los educadores no formales durante décadas, hay poca evidencia de su uso en la educación post-secundaria. Reporta sobre el uso de contenedores de lombrices en las clases de ciencias ambientales para demostrar y promover la discusión sobre los procesos biológicos y beneficios ambientales del compostaje. También describe adaptaciones para utilizar el contenedor de lombrices en otros cursos debido a la facilidad de uso, mantenimiento, accesibilidad, portabilidad, y la diversidad de los conceptos científicos que se puede demostrar.

En esta breve revisión de trabajos previos, finalmente mencionaremos otro proyecto universitario (Ruiz, 2011), la estación de lombricomposta de la Universidad Iberoamericana de la Ciudad de México que funciona como una herramienta educativa para generar experiencias multidisciplinarias. Han participado estudiantes de cinco programas de licenciaturas en actividades relacionadas con el manejo de residuos, análisis químico, biología, impacto urbano, eficiencia y productividad, entre otros temas. La finalidad de la estación es que promueven la práctica reflexiva por el medio ambiente y el desarrollo tecnológico sustentable.

Con base en esta breve revisión de experiencias educativas, podemos notar que aun son escasos los estudios de investigación educativa en relación con el uso de lombrices y composteros. Por esta razón nos hemos propuesto investigar el impacto educativo de la introducción de estos recursos y actividades concretas asociadas en el aula de secundaria.

## **El desarrollo de la propuesta didáctica y su implementación**

Desarrollamos una propuesta didáctica innovadora denominada “Lombrices a la Escuela” cuya finalidad fue introducir composteros con lombrices rojas californianas en el aula de ciencias de primer grado de educación secundaria. Si bien la propuesta intenta apoyar el tratamiento de los contenidos del programa oficial de la asignatura Ciencias I (énfasis en Biología); también consideramos que tiene un enorme potencial para integrar varios temas y darles una perspectiva de desarrollo sustentable. El cuidado y manejo de lombricomposteros permite a los estudiantes observar como las lombrices consumen desechos orgánicos y los transforman en composta que permite retornar nutrientes a la tierra.

Se diseñaron los recursos materiales y las estrategias didácticas. Los lombricomposteros se arman con cajas de plásticos

ensambladas para este fin y rellenas de tierra. Este prototipo se probó en el Laboratorio de Educación en Ciencias del Cinvestav-Monterrey con excelentes resultados como hábitat para las lombrices. Se eligió este organismo vivo porque se puede conseguir fácilmente, su cuidado es relativamente sencillo y no representa riesgos para su manejo al interior de las escuelas.

Se diseñaron en total diez sesiones con actividades de aprendizaje relacionadas con el manejo del lombricompostero. Se incluyeron 2 actividades por cada bloque del programa de Ciencias I y se entregaron 4 composteros a igual número de equipos por grupo escolar. Durante la implementación de la propuesta, se propuso a los profesores realizar una sesión cada mes. En esta primera experiencia de implementación, las actividades de las sesiones fueron dirigidas por las autoras de este artículo, con la idea de que los profesores las realicen por su cuenta en el siguiente ciclo escolar. En la Tabla 1 se ofrece una síntesis de las sesiones:

**Tabla 1.** Sesiones de la propuesta didáctica “Lombrices a la escuela”.

	<b>Actividades principales</b>
<b>Sesión 1.</b> Desechos orgánicos y composta.	Exploración de ideas previas. Introducción a las compostas/Video y presentación. Formación de equipos de trabajo.
<b>Sesión 2.</b> El proyecto y la lombriz compostera.	Explicación del proyecto. Entrega del compostero y material por equipo. Demostración de toma de temperatura y humedad/Ingreso de datos en hoja de registro.
<b>Sesión 3.</b> La nutrición de la lombriz.	Exploración del alimento que han dado los equipos a las lombrices. Presentación sobre sistema digestivo de la lombriz. Observación de la excreción de las lombrices con lupas.

<b>Sesión 4.</b> Determinación del pH.	Explicación del pH y su medición. Práctica para determinar el pH de diferentes alimentos y el sustrato del compostero.
<b>Sesión 5.</b> La respiración de la lombriz.	Realización de un experimento para determinar las condiciones de hábitat preferidas por las lombrices (humedad y oscuridad). Planteamiento de hipótesis (relación humedad-respiración). Explicación de la respiración cutánea.
<b>Sesión 6.</b> Uso de las gráficas.	Explicación acerca del uso de las gráficas y sus tipos. Elaboración de gráficas de temperatura y humedad a partir de los datos recolectados de los composteros.
<b>Sesión 7.</b> Reproducción de la lombriz.	Exploración de ideas previas sobre la reproducción de las lombrices. Observación de un video de la reproducción de las lombrices. Explicación de los tipos de reproducción y la reproducción de las lombrices.
<b>Sesión 8.</b> Clasificación y estimación de lombrices.	Conteo y clasificación de los huevecillos y las lombrices juveniles y adultas. Estimación de la población total del compostero.
<b>Sesión 9.</b> Cosecha de composta y separación de lombrices.	Separación de las lombrices y recolección de la composta producida. Medir la masa de la composta obtenida.
<b>Sesión 10.</b> Elaboración de carteles sobre el proyecto.	Diseño y elaboración de carteles que brinden información acerca del proyecto, así como de la experiencia que tuvo cada equipo.

En la implementación inicial de la propuesta didáctica participaron tres profesores de Ciencias I y cinco grupos de primer grado (182 estudiantes) de la Secundaria núm. 5 “Dr. Agustín Basave

Fernández del Valle”, esta escuela es pública y se ubica en una colonia urbana en el municipio de Apodaca, Nuevo León. Además de realizar las sesiones descritas en la Tabla 1, los estudiantes se encargaron de mantener alimentadas y húmedas a las lombrices; tomaron registros regulares de temperatura y humedad y observaron la transformación de desechos orgánicos en composta por la acción de las lombrices. Tanto los profesores como los estudiantes tuvieron libertad de realizar actividades adicionales relacionadas con las lombrices y los composteros. Se sugirió relacionar esta experiencia con aspectos como la producción de desechos en casa, el aprovechamiento de la composta en la casa y en la escuela.

### **Resultados preliminares**

Después de la aplicación del proyecto piloto durante el año escolar 2013-2014 en la escuela secundaria participante, recolectamos los siguientes datos: pre y post-test donde se evalúan conocimientos y habilidades científicas, hojas de trabajo completadas por los estudiantes durante las actividades, entrevistas a los docentes y comentarios escritos de los estudiantes acerca del proyecto al término del ciclo escolar. En este trabajo sólo presentaremos como resultados preliminares los referentes al pre y post-test y los comentarios escritos de los estudiantes.

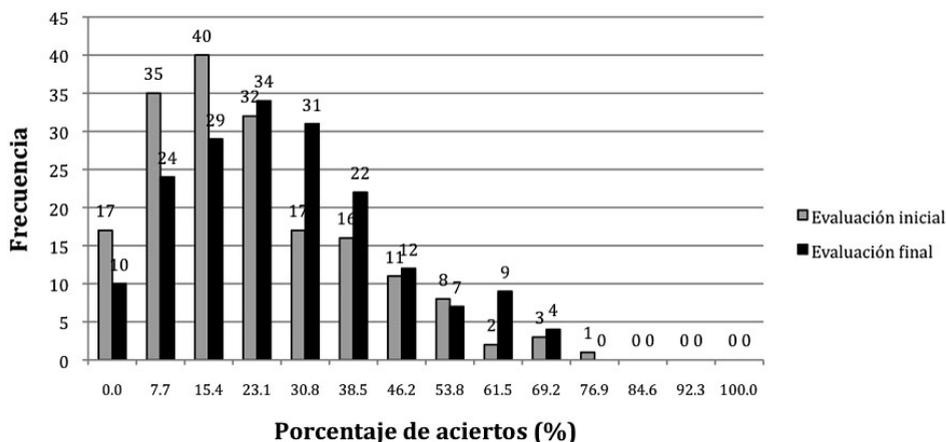
El pre y post-test estuvo conformado por cinco secciones en las que se exploraron:

1. Habilidades para desarrollar preguntas de investigación, identificar o relacionar conclusiones a partir de gráficas o descripciones resultado de un experimento.
2. Conocimiento acerca de cómo leer la temperatura en grados Celsius de un termómetro de aguja, así como también explorar si se reconocen los grados negativos.

3. Habilidad para identificar de entre tres gráficas, la que sea correcta de acuerdo a una tabla de valores dada y argumentar por qué las otras dos no lo son.
4. Conocimientos sobre las lombrices de tierra.

Las cuatros secciones del pre y post-test están conformadas por 13 reactivos (7 preguntas cerradas y 6 abiertas).

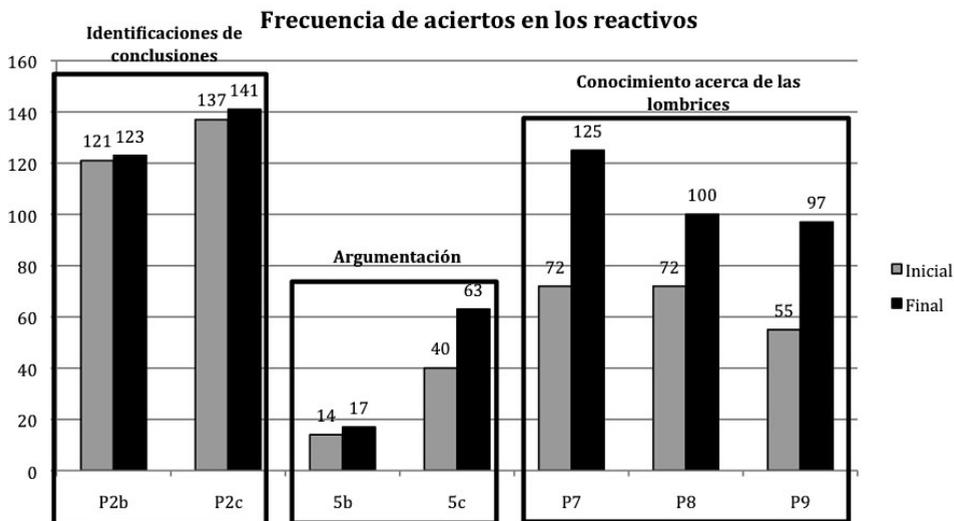
Los resultados obtenidos del pre y post-test (conocimientos y habilidades científicas: 13 reactivos–100%) fueron los siguientes:



En el pre-test el 50% del total de los estudiantes obtuvo menos del 16% de aciertos (de 0 a 2 aciertos), mientras que en el post-test, el 52% de los estudiantes se concentró entre el 15% y 31% de aciertos (de 2 a 4 aciertos). Los porcentajes de aciertos en el post-test no resaltan por ser muy altos, sin embargo en términos estadísticos, comparados con los resultados iniciales se aprecia que el porcentaje de aciertos se duplicó. Además, cabe aclarar que el pre y post-test fue un examen de dificultad alta en

la que se retomaron algunos reactivos de la prueba de Ciencias de PISA 2006.

No obstante, al interior de los resultados pudimos percibir cambios positivos en aspectos específicos. Enseguida mostramos los reactivos en donde se percibieron aumentos en la frecuencia de aciertos:



Si bien, en los primeros dos reactivos la frecuencia ya es alta desde el pre-test, esto también nos brinda información valiosa, puesto que podemos establecer que identificar si una conclusión dada, a partir de una gráfica también presentada, es correcto o no, resulta ser un ejercicio “fácil” para los estudiantes de primer grado de secundaria participantes al inicio del ciclo escolar, lo que nos indica que es probable que este tipo de habilidad sea desarrollada y apropiada por los estudiantes en su paso por la primaria.

En el caso de la argumentación, estos dos reactivos (5b y 5c) provienen de otro reactivo en el que se elegía de entre tres gráficas

sólo la que correspondiera con la tabla de valores proporcionados. Una vez elegida una opción, se les pedía a los estudiantes decir por qué no eran correctas las otras dos gráficas. Los errores que presentaban las gráficas estaban ligados a una escala no proporcional al eje vertical, es decir, aumentaba en intervalos distintos y a la graficación de otros puntos coordinados diferentes a los que se pedían, respectivamente. Argumentar correctamente el error en la escala fue más complicado que el de los puntos mal graficados. Sin embargo, es necesario reconocer que del pre al post-test se mejoró en ambos reactivos, uno más que el otro, además enfatizar que aprender a argumentar, contribuye a desarrollar la habilidad de comunicación, la cual es necesario trabajar más en clases de Ciencias.

Acerca del conocimiento de las lombrices de tierra, el cambio fue evidente, la mayoría de los estudiantes (58% en promedio del total) respondieron correctamente los reactivos relacionados a cómo se nutren, cómo respiran y cómo se reproducen las lombrices de tierra.

Por otro lado, al término del ciclo escolar también se recolectaron, por iniciativa de uno de los profesores participantes, comentarios por escrito de sus estudiantes en el que daban respuesta a la pregunta *¿Qué te pareció el proyecto Lombrices a la escuela?* En dichos escritos contaban libremente qué les había gustado, qué aprendieron, qué les había parecido las actividades, en qué les iba a servir más adelante, etcétera. Enseguida presentamos algunos fragmentos de los escritos:

*“Me pareció bien cuando vimos con el **microscopio** y también las pasamos muy bien para separar las lombrices. Cuando nos ponían **las actividades no se me hacía difíciles**... Nos dijeron que se reproducían solas y que la tierra que estaba ahí era **humus**. El último día yo agarré las lombrices cosa que nunca había hecho y se sentía raro, pero estuvo bien” (Ángel).*

*“aprendimos la vida de las lombrices: qué comen, cómo se reproducen, dónde viven y para qué están en la vida, porque nos enseñaron **para qué son heces** y que las lombrices adultas deben tener **clitelo**” (Édgar).*

*“nos enseñó a ayudar para el **abono que se le pondrán a las plantas** ya que fue lo que las lombrices produjeron y creo que debería seguir haciendo para seguir **ayudando al medio ambiente...** Aunque sea poquito pero así podríamos empezar a ayudar a eso de menos contaminación☺” (Natalia).*

*“Me divertí, porque **me gusta** mucho **experimentar...** fue una experiencia muy especial para mí porque **decidí ser de grande una Bióloga**” (Vianney).*

*“Me enseñaron a ser **responsables** y a saber que **no es fácil cuidar** a las lombrices ni a **otro ser vivo**. Gracias por esta experiencia” (Juan Manuel).*

*“El proyecto me dejó buenas enseñanzas para la vida diaria y para el futuro, me dio un gran sentido de **responsabilidad** al tener que cuidar a pequeñas lombrices. Al inicio no fue sencillo, **tuve problemas** al alimentarlas y cuidarlas, **pero fui entendiendo** la tarea de **hacerte cargo de otro ser vivo**” (Andrick).*

Después de haber analizado los escritos, identificamos que gracias al desarrollo del proyecto con los lombricomposteros los estudiantes no sólo incorporaron conceptos científicos en su lenguaje, sino que también observamos cómo éste apoyó en el desarrollo de sus actitudes, por ejemplo: trabajar en equipo, ser más responsables, adquirir compromiso, crear conciencia sobre la generación y aprovechamiento de desechos orgánicos, tener respeto a los seres vivos, toma de decisiones e interesarse en las ciencias y el medio ambiente.

## Comentarios finales

La propuesta didáctica diseñada e implementada se basa en una experiencia crítica para los estudiantes: el manejo y cuidado de un lombricompostero. A través de esta experiencia ellos lograron reconocer la posibilidad de reutilizar los desechos orgánicos domésticos en composta. Esta experiencia, además de servir de contexto para la promoción de algunas habilidades científicas y matemáticas, apoya los objetivos de la asignatura Ciencias I (énfasis en Biología) relacionados con el cuidado del ambiente y la salud.

La implementación de esta propuesta didáctica permitió la articulación de contenidos curriculares relacionados con biodiversidad, nutrición, respiración, reproducción y cuidado del ambiente. El análisis de los datos sugiere que después de la implementación de la propuesta didáctica los estudiantes mejoraron en conocimientos conceptuales, en la interpretación de gráficas, actitudes de responsabilidad e interés por temas ambientales y de desarrollo sustentable.

Reconocemos que lo que aquí reportamos es apenas una experiencia inicial y esperamos ver mejores resultados en el mediano y largo plazo con la continuidad del proyecto. Consideramos que en este tipo de innovaciones educativas, resulta crucial el apoyo de los directivos de los planteles escolares, que en nuestra experiencia fue invaluable. También resultó positiva la socialización del proyecto con el resto de los profesores y estudiantes de la escuela, aunque no estuvieran directamente involucrados. También resulta importante informar a los padres de familia de la naturaleza del proyecto y sus finalidades, En nuestro caso eso se hizo mediante folletos y una visita de estudiantes y padres de familia al Cinvestav-Monterrey para saber más del proyecto.

La introducción de seres vivos en las aulas con fines educativos señalan en general que tales experiencias tienen un enor-

me potencial para proporcionar contextos relevantes y concretos que promueven el involucramiento intelectual de estudiantes y docentes. Por ello, consideramos que vale la pena implementar propuestas didácticas como la que aquí se plantea y evaluar sistemáticamente su impacto educativo y su efectividad para apoyar la educación para el desarrollo sustentable.

## Referencias

- Appelhof, M., Frances Fenton, M. & Loos Harri, B. (1993). *Worms eat our garbage. Classroom Activities for a better environment*. Michigan USA: Flower Press.
- Castro, E. y Balzaretto, K. (2000). La educación ambiental no formal posibilidades y alcances. *Educar. Revista de educación*, núm. 13: 53-60.
- Diputación Foral de Biskaia (DFB). (2007). Programa de Acción para la Educación en la Sostenibilidad de la Diputación Foral de Bizkaia. Recuperado el 9 oct. 2014, [http://www.bizkaia.net/home2/Archivos/DPTO9/Temas/Pdf/PAES\\_CAS.pdf](http://www.bizkaia.net/home2/Archivos/DPTO9/Temas/Pdf/PAES_CAS.pdf)
- Eschenhagen, M. (2003). *El estado del arte de la educación ambiental y los problemas a los que se está enfrentando*. Memorias del II encuentro Metropolitano de Educación Ambiental en Toluca, México.
- Farrell, M. (1997). Teaching children about vermicomposting. *Bio-Cycle*. 38 (6): 78.
- Kelley, R. (2001). Worms in the College Classroom: More Than Just a Composting Demonstration. *Journal of College Science Teaching*. 39 (3): 52-55.
- Melear, C. & Lunsford, E. (2007). Worms: Cultivate Our Curriculum: A Long-Term, Theme-Based Unit. *Science activities Heldref Publications*. 44 (2): 48-54.

- Melero, J., Bonet, D. y Comas, M. (2009). *Actividades pedagógicas relacionadas con el composteador*. España: Composteadores SL.
- Mora, W. (2009). Educación ambiental y educación para el desarrollo sostenible ante la crisis planetaria: demanda a los procesos formativos del profesorado. *Tecné, episteme y didaxis. Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad Pedagógica Nacional*. 26: 7-35.
- Peza, G. (2013). *Educación Ambiental: Para la sustentabilidad en la formación docente, aproximaciones conceptuales, procesos formativos y aportes didácticos*. México: SEP/SEMARNAT/ SENL/IIPEPE.
- Riojas, J. (2004). *Universidad y complejidad ambiental*. Actas del Foro de Discusión en Educación Superior y Desarrollo Sustentable. México: Universidad Tecnológica de León.
- Ruiz, I., Barraza, L. y Ceja, M. (2009). La educación para la sustentabilidad: Análisis y perspectiva a partir de la experiencia de dos sistemas de bachillerato en comunidades rurales mexicanas. *El Periplo Sustentable*. Universidad Autónoma del Estado de México, núm. 16.
- Ruiz, M. y Acevedo, A. (2011). Uso de una Estación Experimental de Lombricomposta para Desarrollar Experiencias Multidisciplinarias a Nivel Universitario. *Formación Universitaria*. 4(5): 21-28.
- Secretaría de Educación Pública. (2009). *Plan de Estudios 2009*. Educación Básica Primaria. México: SEP (Edición 2008).
- (2011). *Programa de estudio del 2011*. Guía para el maestro. Educación Básica Secundaria. Ciencias. México: SEP.
- Trautmann, N. & Krasny, M. (1998). Composting in the classroom, Scientific inquiry for high school students. *National Science foundation, Cornell Waste Management Institute, Cornell Center for the Environment*.

- Tréllez, E. (2006). Algunos elementos del proceso de construcción de la educación ambiental en América Latina. *OEI-Revista Iberoamericana de Educación*. núm. 41: 30/05/14, <http://www.ambiente.gov.ar/infoteca/aea/descargas/trellez01.pdf>
- UNESCO. (2009). *Políticas, estrategias y planes regionales, subregionales y nacionales en educación para el desarrollo sostenible y la educación ambiental en América Latina y el Caribe*. Decenio de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible 2005-2014. Recuperado 9 de octubre del 2014, <http://www.unesco.org/new/es/education/events/prizes-and-celebrations/un-decades/>
- Vega, F., Álvarez, S. (2007). Educación científica y sostenibilidad. Marco teórico y metodológico de educación ambiental e intercultural para un desarrollo sostenible. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 4(3): 539-554.
- Yoder, T. (2009). *Embracing diversities in elementary schools: Stepping outside the tradicional classroom*. USA: California State University Monterrey Bay.