

## **Diseño de trayectorias hipotéticas de aprendizaje para la mejora de la conciencia ambiental**

### **Design of hypothetical trajectories of learning for the improvement of the environmental awareness**

**Sandra Laso Salvador \*, Mercedes Ruiz Pastrana, José María Marbán Prieto**

Universidad de Valladolid

Nota del autor

**Sandra Laso Salvador, Mercedes Ruiz Pastrana, José María Marbán Prieto**

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y de la Matemática, Universidad de Valladolid.

La correspondencia relativa a este artículo debe dirigirse a Sandra Laso Salvador, Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales, de las Ciencias Sociales y de la Matemática

Facultad de Educación y Trabajo Social de Valladolid

Universidad de Valladolid

Campus Miguel Delibes - Paseo de Belén 1, 47011 Valladolid (España)

Contacto: Sandra.laso@uva.es

**Resumen.** Este trabajo presenta un experimento de enseñanza para el desarrollo de conciencia ambiental en un contexto de formación inicial de docentes de Educación Primaria en el ámbito de la Didáctica de las Ciencias Experimentales y diseñado ad hoc partiendo de la idea de trayectoria hipotética de aprendizaje de cara a orientar la toma de decisiones sobre la estructura, las tareas y el contenido del mismo, todo ello en un marco metodológico propio de la investigación basada en diseño. Se identifican como conceptos básicos a trabajar en un sistema socioecológico la biodiversidad, su pérdida y conservación, el consumo y su papel en el modelo socioeconómico actual y, por último, la contaminación y sus perturbaciones en los diferentes ecosistemas. El desarrollo del experimento de enseñanza revela una mejora del nivel de conciencia ambiental de los futuros maestros tras su implementación.

Palabras clave: conciencia ambiental; trayectorias hipotéticas de aprendizaje; experimento de enseñanza; aprendizaje significativo; herramientas metacognitivas.

**Abstract.** The social and scientific consideration of environmental awareness as a fundamental element in the path towards a sustainable human development must necessarily be accompanied by actions in the educational field related to this construct. This paper presents a teaching experiment for the development of environmental awareness in a context of initial teacher training in Primary Education in the field of Experimental Science Didactics and designed ad hoc based on the idea of a hypothetical learning trajectory. face to guide the taking of decisions on the structure, the tasks and the content of the same, all this in a methodological frame of the investigation based on design. In this sense,

biodiversity, its loss and conservation, consumption and its role in the current socioeconomic model and, finally, pollution and its disturbances in different ecosystems are identified as basic concepts to work in a socio-ecological system. The development of the teaching experiment reveals an improvement in the level of environmental awareness of future teachers after its implementation.

Key words: environmental awareness; hypothetical learning trajectories; teaching experiment; meaningful learning; metacognitive tools.

### **Diseño de trayectorias hipotéticas de aprendizaje para la mejora de la conciencia ambiental**

La Educación Ambiental (EA) entró a formar parte del sistema educativo como una condición previa necesaria, si bien no suficiente, para solventar los problemas ambientales e impulsar cambios de comportamiento que propiciaran un impulso al conjunto de acciones respetuosas y protectoras con el medio.

Una de las ideas clave, que orienta el trabajo de la EA, es entender el medio ambiente como sistema (Aramburu, 2000; Novo, 1995 y Wasenberg, 1997). La escuela debe proporcionar el conocimiento como herramienta futura y el docente tiene que ser capaz de seleccionar contenidos, estructurarlos y transponerlos adecuadamente para explicar el ecosistema planetario. Los docentes deben ser conscientes de los términos utilizados en EA así como buenos conocedores de los problemas ambientales, de sus consecuencias y de sus posibles soluciones para poder transferir eficientemente su propia conciencia en acción hacia la protección y preservación frente a la degradación del medio natural (Nagra y Kaur, 2013). De esta manera, para potenciar una sensibilización ambiental que conduzca hacia la acción ecológica, se hace necesaria la creación de programas específicos y rigurosos de formación durante el periodo formativo de estos docentes (Álvarez-Suárez, Vega-Marcote y García Mira, 2014).

A pesar de la relevancia que presenta la figura del docente en el proceso de concienciación ambiental, siguen siendo pocos los estudios que han centrado sus investigaciones en esta cuestión (Acebal, 2010; Díaz y Ussa, 2014). En este sentido, el objetivo de esta investigación es contribuir a una teoría de instrucción, empíricamente fundamentada, para la capacitación del docente en formación inicial, mediante el empleo de recursos didácticos adecuados destinados al desarrollo y mejora de la conciencia ambiental (CA) desde la enseñanza de las ciencias. La CA es considerada en este trabajo desde un planteamiento multidimensional en torno a cuatro dimensiones: afectiva, cognitiva, conativa y activa. Se describen con más detalle este enfoque, así como un instrumento de medición de la CA recogido en Anónimo (2018).

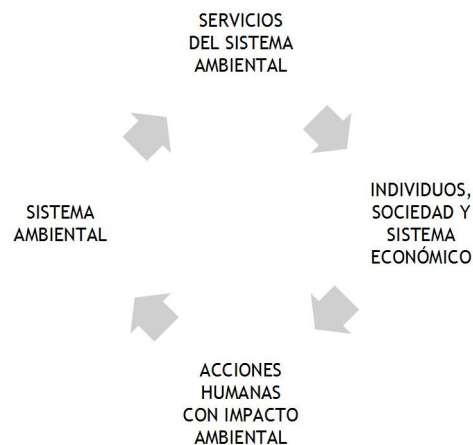
### **Fundamentación teórica**

En la actualidad, la EA se puede tratar desde diversos constructos teórico-prácticos. No obstante, uno de los problemas que presenta este campo en el contexto educativo es su tratamiento metodológico tradicional. Consecuentemente, la formación inicial del profesorado en cuestiones ambientales se antoja necesaria como vehículo para proporcionar estrategias y recursos didácticos diferenciadores que puedan propiciar un impacto significativo en su actuación en el aula en relación con la EA, no solo desde un punto de vista metodológico, sino también conceptual y actitudinal. Esto implica que los futuros docentes conozcan otras formas de tratamiento de la EA, siendo necesario diseñar y promover el desarrollo de programas de formación del profesorado orientados específicamente hacia el aprendizaje significativo en este campo.

## DISEÑO DE TRAYECTORIAS HIPOTÉTICAS DE APRENDIZAJE

En este punto conviene destacar que un acertado y significativo desarrollo de CA en los futuros docentes los capacita para, en el ejercicio de su profesión, fomentar también el desarrollo de CA en sus alumnos. Con este objetivo en mente, son diversos los enfoques que se han presentado en los últimos años en el diseño de propuestas de desarrollo de CA en la formación del profesorado (Sauvé, 2004): un enfoque interdisciplinar que facilite una visión sistémica y global de la realidad; un enfoque crítico que permita el análisis de la conducta en el medio ambiente y de sus prácticas pedagógicas; un enfoque práctico que asocie la reflexión con la acción; un enfoque experiencial, que permita aprender desde la acción educativa y, por último, un enfoque colaborativo y participativo que estimule el trabajo en equipo para alcanzar los objetivos propuestos.

En consonancia con lo anterior, para educar en CA es necesario un apoyo ético que sustente, tanto la dimensión conceptual-filosófica, como la dimensión de la actuación práctica (Barraza y Castaño, 2012; Nuevalos, 1997). Es oportuno señalar que la dimensión ética requiere estudiar no sólo las relaciones humanas y sociales, sino ampliar el espacio axiológico a las relaciones del hombre con la naturaleza. Tales relaciones se presentan en la Figura 1.



**Figura 1. Sistema socioecológico (Elaboración propia)**

Si bien los futuros maestros son capaces de resolver tareas relacionadas con la caracterización de algunos de estos sistemas, la experiencia ha demostrado que este tipo de alumnado presenta dificultades para establecer la relación entre los distintos sistemas socio-ecológicos (Jin y Anderson, 2010). Esto quiere decir que el interés de la experiencia se centra en lograr que los maestros en formación sean capaces de entender la estructura y las funciones de los sistemas naturales, el modo en que la sociedad se beneficia de estos sistemas y cómo las acciones humanas alteran dichos sistemas naturales. En otras palabras, la finalidad es que los futuros docentes entiendan las conexiones entre las cuatro partes del diagrama presentado en la Figura 1, construyendo, así CA. En este proceso se pueden identificar los principios del socio-constructivismo (Vygotsky, 1978). La estrategia de utilización de herramientas metacognitivas se revela aquí particularmente apropiada.

### **Las herramientas metacognitivas**

## DISEÑO DE TRAYECTORIAS HIPOTÉTICAS DE APRENDIZAJE

En este trabajo se propone un enfoque basado en la utilización de distintas herramientas metacognitivas como estrategia para promover en los futuros docentes un cambio hacia la adquisición de valores para un desarrollo sostenible, además de capacitarlos para diseñar experiencias educativas adecuadas que trabajen todas las dimensiones de la componente ambiental en las aulas de Primaria (Quintana y Mateos, 2015). De esta manera, se puede conseguir integrar el aprendizaje de contenidos propios de la EA con conocimientos didácticos.

En consecuencia, la propuesta que se presenta se construye y sustenta desde la metacognición, ya que el objetivo es lograr que el estudiante no solo posea un conocimiento declarativo, sino que sea capaz de ajustar su conducta a las demandas exigidas por una determinada tarea. La metacognición se refiere al conocimiento sobre los propios procesos y productos cognitivos (Flavell, 1976), es decir, al conocimiento sobre las propiedades de la información o datos relevantes relacionados con los procesos y productos metacognitivos. El papel de la metacognición es de gran relevancia en aspectos como la autorregulación del aprendizaje, la resolución de problemas, el cambio conceptual, los criterios de comprensión y explicación que utilizan los alumnos, sus concepciones sobre la ciencia, el conocimiento científico y el aprendizaje, la formulación de preguntas y la motivación (Campanario, Cuerva, Moya y Otero, 1997). En este sentido, es sobradamente conocido el papel que juegan las actividades que trabajan la metacognición, tales como exploración, análisis, discusión, argumentación, etc., así como la utilización de herramientas metacognitivas para favorecer el aprendizaje significativo, dado que propician la interacción entre lo que ya se sabe y lo nuevo que se aprende (Moreira, 2010).

Para diseñar esta propuesta se han seleccionado tres tres herramientas como principales:

- El mapa conceptual (Novak y Gowin, 1988).
- El diagrama en V de Gowin (Gowin, 1981; Moreira, 2007, 2010).
- El diagrama de Toulmin (Toulmin, 1958, 2007; Toulmin, Rieke y Janik, 1984).

Además de las herramientas anteriores, se utilizan otros recursos que trabajan la metacognición y fomentan el aprendizaje significativo. Éstos son los debates y las actividades de recogida de datos, y el diseño de actividades destinadas a alumnos de Primaria.

### **Diseño metodológico**

Con base en el marco teórico y en los principios didácticos expuestos, así como la ausencia del tipo de aprendizaje que se busca son las razones para llevar a cabo investigación de diseño o investigación basada en diseño (Cobb, 2000; Cobb, Confrey, Lehrer y Schauble, 2003; Collins, Joseph y Bielaczyc, 2004; Confrey, 2006; Molina, Castro, Molina y Castro, 2011), también denominado investigación de desarrollo, ya que permite el desarrollo de materiales instruccionales.

Considerando el tipo de aprendizaje pretendido se requiere, en primer lugar, realizar un trabajo de diseño e investigación para fomentar tipos específicos e innovadores de aprendizaje. Consecuentemente, se diseñan trayectorias hipotéticas de aprendizaje (hypothetical learning trajectory, HLT) (Clemens y Samara, 2004; Gravemeijer, 1994; Gravemeijer, 2001; Simon, 1995; Simon y Tzur, 2004), las cuales son un instrumento de investigación útil para contrastar la teoría de instrucción. Una HLT describe el posible camino que los estudiantes pueden seguir en el desarrollo de su comprensión sobre un concepto o tópico determinado, incorporando modos de soporte y organización del aprendizaje deseado.

## DISEÑO DE TRAYECTORIAS HIPOTÉTICAS DE APRENDIZAJE

La idea de HLT, extendida a los procesos de formación inicial de docentes de Primaria, proporciona un medio prometedor para conocer cómo desarrollan los estudiantes determinadas ideas en función de una organización específica del contenido, la instrucción y las estrategias. Simon (1999, en Bakker, 2004, p.136) establece: “Una HLT contiene los objetivos de aprendizaje, las actividades de aprendizaje y el proceso hipotético de aprendizaje, siendo una conjetura de cómo evolucionan el pensamiento y la comprensión de los estudiantes en el contexto de las actividades de aprendizaje”.

Partiendo de esta definición es claro que para generar una HLT es necesario conocer los conceptos previos de los estudiantes y tener presentes los objetivos de aprendizaje que se pretenden, que tareas fomentan el aprendizaje pretendido y las hipótesis sobre el proceso de aprendizaje en el contexto particular de las tareas. Por ello, y de acuerdo con Baker (2004), una HLT puede ser vista como un instrumento de diseño e investigación que resulta útil en todas las fases de la investigación de diseño, en el diseño preliminar, en la fase de desarrollo y pilotaje, y durante el análisis retrospectivo.

Las HLT precisan de varios ciclos de diseño, desarrollo y análisis para su refinamiento. Este trabajo únicamente presenta un ciclo, lo cual implica un experimento de enseñanza. El experimento de enseñanza se inicia con la identificación de unas metas de aprendizaje y la planificación de la forma en que el proceso de enseñanza puede ser implementado, así como las conjeturas sobre el discurrir del aprendizaje (Steffe y Thompson, 2000).

En la Figura 2 se muestran las fases del experimento de enseñanza que se han planificado.

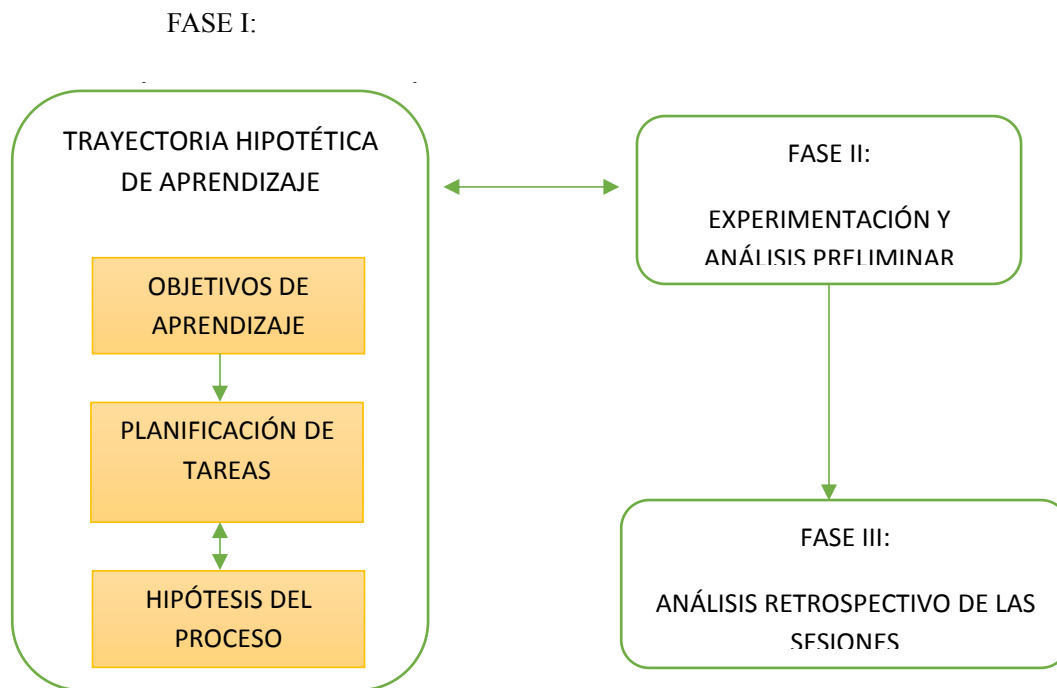


Figura 2. Caracterización de la investigación de diseño (Elaboración propia)

### **Hacia la implementación de las HLT**

Esta sección se centra en explicar los aspectos más significativos sobre la planificación del ingrediente clave que componen las HLT, las tareas. La proyección de la HLT se concibe como una secuencia de tareas que deben desarrollar los estudiantes organizados en grupos de trabajo según diferentes actividades. Se ha de destacar que en una misma actividad se presenta la ocasión de trabajar todas las dimensiones de la CA consideradas en esta propuesta (Anónimo, 2018; Gomera, 2008). Por otra parte, las actividades están dotadas de gran significado y se ubican en un contexto completamente real y próximo al estudiante.

Para el establecimiento y la comprobación de las nuevas ideas adquiridas se utilizan tareas concretas tales como la representación de la información en distintos organizadores gráficos, el diseño de propuestas o los debates (tanto intragrupal, como intergrupales). Estos últimos, como afirma Yus (2000), son un método adecuado para adquirir la capacidad de diálogo y de argumentación muy necesarios para la futura labor docente.

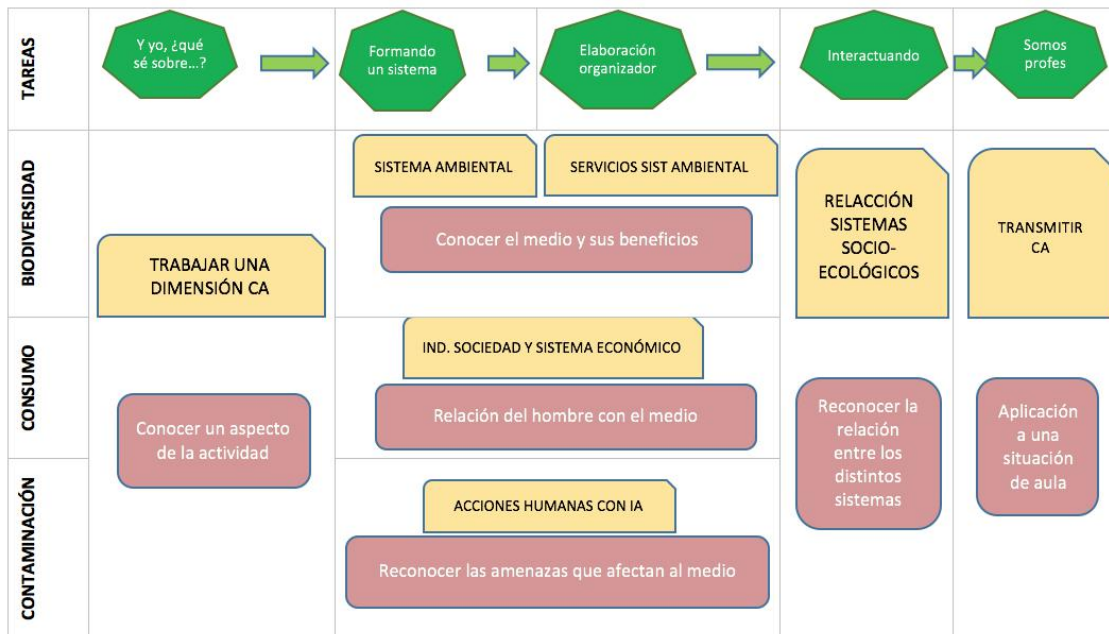
El trabajo en grupos pequeños, de cuatro a seis alumnos, es empleado como estrategia para organizar el trabajo en el aula seguido de las puestas en común y los posteriores debates colectivos a distintos niveles. Respecto a la forma de trabajo, se propone recurrir al trabajo colaborativo entre estudiantes, ya que permite construir significados a través de la interacción con los propios compañeros. En todo este proceso se impone la necesidad de reconocer el carácter social del aprendizaje.

La experiencia está compuesta por tres actividades que abarcan los cuatros sistemas del diagrama de la Figura 1, de manera que la primera actividad se encarga de trabajar el sistema ambiental y los servicios que presta al ser humano; la segunda de las actividades concierne a aspectos de la sociedad y del sistema económico; y la tercera actividad expone el impacto de las acciones humanas sobre el medio ambiente.

La actividad denominada “Nuestro tesoro: La biodiversidad” es el punto de partida para que los futuros maestros entiendan la biodiversidad como escaparate de vida y principal fuente de recursos para la humanidad. Se selecciona para evaluar el nivel de conocimientos y de importancia concedido por los estudiantes a este concepto (Gómez y Bernat, 2010; Pérez-Mesa, 2013). Con esta actividad se da importancia a la acción humana, tanto desde el punto de vista negativo, analizando los perjuicios que ocasionamos, como desde el punto de vista positivo, aportando medidas de mejora. En la segunda actividad, denominada “El Consumo te Consume”, se reconceptualiza la comprensión del efecto del sistema de consumo como sistema humano (tercer bloque del diagrama) hacia la toma de decisiones. Finalmente, el concepto de amenazas o impacto ambiental se trabaja desde la tercera actividad, “Dejando Huella”, que recoge los distintos efectos de la acción humana sobre el medio ambiente. Con esta última tarea se pretende que el docente en formación llegue a un nuevo estadio caracterizado por la interdependencia entre el ser humano y la Tierra.

En la Figura 3 se muestra el proceso hipotético para la contribución a la construcción o consolidación de CA a través de actividades y tareas. Los heptágonos representan las tareas a resolver. Los rectángulos rosas indican los objetivos de aprendizaje que persigue cada tarea en su correspondiente actividad. Y los rectángulos amarillos muestran la idea ambiental a alcanzar con cada tarea.

## DISEÑO DE TRAYECTORIAS HIPOTÉTICAS DE APRENDIZAJE



**Figura 3. Proceso hipotético de construcción de CA (Elaboración propia)**

Cada actividad consta de cinco tareas diferentes (Figura 3). Tras finalizar la primera y la tercera tarea, se lleva a cabo una puesta en común de los contenidos trabajados en cada actividad y, en una sesión diferente, otra puesta en común, en gran grupo, para que el proceso de aprendizaje se base en el diálogo y en la discusión argumentada (Anderson y Wallin, 2000); finalmente, este proceso se cierra con la elaboración de una propuesta didáctica de EA para un curso concreto de Educación Primaria realizada a nivel subgrupal. Las tres primeras tareas de cada actividad se desarrollan durante una semana en dos sesiones de dos horas para, posteriormente, realizar la puesta en común de las distintas actividades y de las propuestas didácticas elaboradas por cada uno de los grupos.

La hipótesis principal de trabajo no es otra que la que afirma que los futuros docentes, después de tratar de comprender las indicaciones y cuestiones de las tareas sobre las problemáticas planteadas y familiarizarse con la terminología específica, realizarán acciones de mejora y tratamiento en el contexto en el que están involucrados. Estas acciones les ayudarán a relacionar el efecto que surge al modificar un comportamiento. Además, la modificación de estas acciones se traduce en la mejora de su comportamiento docente, ya que, la realización de este tipo de actividades en su periodo formativo les capacita para su futura labor profesional (Forbes y Zint, 2010).

A continuación, en la Tabla 1, se presentan las tareas diseñadas y una breve descripción de las conjeturas de mayor relevancia.

## DISEÑO DE TRAYECTORIAS HIPOTÉTICAS DE APRENDIZAJE

**Tabla 1. Descripción de las tareas de las HLT**

TAREA	OBJETIVO	TIPO DE TAREA	PRINCIPALES CONJETURAS
<i>Tarea 1</i> <i>Y yo, ¿qué sé sobre...?</i>	<p>Trabajar un aspecto muy particular de una determinada problemática, además de permitir evaluar las habilidades iniciales de los maestros en formación sobre la problemática a afrontar.</p> <p>Permitir a los futuros docentes generar un conjunto de registros relativos a las distintas problemáticas objeto de estudio.</p>	<p>Recabar información, haciendo uso de sus conocimientos, búsqueda a través de la red o mediante el recurso proporcionado desde la propia tarea.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modelo de desarrollo basado en la idea de conquista del medio y de explotación de los recursos sin límites (Nisiforou y Charalambides, 2012).</li> <li>Consciencia de que las prácticas de consumo generan problemas ambientales.</li> <li>Poca atención a las actividades diarias del hogar como causantes de la contaminación.</li> </ul>
<i>Tarea 2</i> <i>Formando un sistema</i>	<p>Adquirir información relativa a las otras dimensiones de la CA que no han trabajado desde la tarea anterior.</p>	<p>Puesta en común de los grupos que realizan tareas de la misma actividad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se espera que los futuros maestros acepten, amplíen o incluso aporten una crítica a las respuestas aportadas por los compañeros. Por otro lado, se espera que a partir de esta puesta en común conozcan conexiones entre las dimensiones que se pueden trabajar en una actividad ambiental.</li> </ul>
<i>Tarea 3</i> <i>Elaborando un organizador gráfico</i>	<p>Asociar los conocimientos que ya poseen con los nuevos conocimientos que han adquirido tras el desarrollo de las tareas previas para posteriormente plasmarlo en organizadores gráficos.</p>	<p>Construcción de organizadores en grupos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los estudiantes (docentes en formación inicial) que trabajan sobre la actividad de biodiversidad construyen un diagrama de Toulmin. Se podrán observar dos posturas: medio como instrumento de mejora y naturaleza inagotable.</li> <li>Los que trabajan consumo han de construir un diagrama en V de Gowin. La formulación de la pregunta central puede ser dificultoso.</li> <li>Los estudiantes que trabajan la contaminación deben jerarquizar los diferentes conceptos en un mapa conceptual. Se prevé que resulte más sencillo que los organizadores anteriores.</li> </ul>



## DISEÑO DE TRAYECTORIAS HIPOTÉTICAS DE APRENDIZAJE

**Tabla 1. Descripción de las tareas de las HLT**

TAREA	OBJETIVO	TIPO DE TAREA	PRINCIPALES CONJETURAS
<i>Tarea 4 Interactuando</i>	Adquirir información de las otras actividades que no han trabajado desde la suya.	Debate en gran grupo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocimiento de la interacción entre los distintos sistemas que conforman el medio y que han sido objeto de las distintas actividades.</li> <li>• Desarrollo de un pensamiento holístico que permita interrelacionar e interpretar las sinergias entre los problemas (Barker y Elliot, 2000; Gayford, 2000; Van Weelie y Wals, 2002), avanzado un paso más en la concienciación respecto a los conflictos socio-ambientales.</li> <li>• Sistema educativo como el principal responsable en el proceso de EA de los niños (Roth, 1992) y reconocido como llave para alcanzar cambios actitudinales y comportamentales en las personas y así alcanzar la sostenibilidad (Ehrlich y Pringle, 2008) y en la última instancia a los docentes.</li> <li>• Cambio de hábitos como ciudadano.</li> <li>• No se podrá identificar la admisión de compromisos (Nisiforou y Chara-lambides, 2012) ni participación a nivel comunitario, ya que suelen existir reticencias a involucrarse activamente. No obstante, prefiere modificar conductas a nivel personal, por ejemplo, los relativos a gestión de residuos (Esteve y Jaén, 2013).</li> </ul>
<i>Tarea 5 Somos profes</i>	Poner en juego lo que han aprendido durante las tareas anteriores mediante una actuación como futuros docentes.	Elaborar una propuesta didáctica dirigida a los alumnos de Educación Primaria en la que se trabaje alguno de los contenidos expuestos, logrando así, aumentar las posibilidades de ser más efectivo (Lindemann-Matthies et al., 2011)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Este proceso implica que el futuro docente concrete el marco didáctico, las estrategias metodológicas y los objetivos de aprendizaje (Yus, 2000). Con ello, se produce un mayor nivel de satisfacción y se da sentido al proceso de aprendizaje. En este sentido, se podrán observar tres enfoques diferentes (Lucas, 1980): una enseñanza basada en la comprensión de conceptos para aprender sobre el medio; una enseñanza que fomente experiencias de aproximación o vivencia de la naturaleza, un ejemplo serían las salidas al campo, que sería aprender en el medio; y una enseñanza de resolución de conflictos para la conservación de la naturaleza y la toma de decisiones necesaria, que se corresponde con un aprendizaje para el medio.</li> <li>• Se esperan propuestas que vayan más allá de la simple exposición de información sobre los problemas ambientales para lograr el compromiso del alumnado, como insisten Burnett (1998) y Sauvé (2010), promoviendo el desarrollo de actitudes y comportamientos responsables (Aramburu, 2000).</li> </ul>

### **Participantes**

En el experimento de enseñanza, llevado a cabo durante el curso 2016/17, participó un grupo de 41 futuros maestros de la Facultad de Educación de la Universidad X, que cursaban la asignatura de “Didáctica de las Ciencias Experimentales” impartida en tercer curso del Grado en Educación Primaria. La muestra se caracterizó por presentar una edad media de 21 años.

### **Recogida y análisis de datos**

Los datos obtenidos de la ejecución del experimento de enseñanza proceden de distintas fuentes. Por un lado, las grabaciones de vídeo de las sesiones y los trabajos que entregan los alumnos en las diferentes tareas. Por otro lado, se utilizan como apoyo las notas de campo tomadas por la investigadora y por un observador durante las sesiones.

Para el análisis de los resultados, teniendo en consideración que la investigación de diseño implica dos tipos de análisis, uno preliminar (realizado durante la ejecución de la propuesta) y otro retrospectivo (al finalizar la propuesta), se utiliza como técnica de clasificación y categorización un análisis de contenido (López, 2009) sobre la conciencia ambiental con el objeto de identificar y organizar los diferentes aspectos asociados a la misma, asumiendo la propuesta de un trabajo anterior (Anónimo, 2018). Asimismo, se valoran otras dimensiones, como las fortalezas y las debilidades de las tareas diseñadas, la metodología de trabajo y los logros de aprendizaje alcanzados por los maestros en formación.

En este trabajo, no se presenta la comparativa de la HLT diseñada con el aprendizaje observado. Se presentan, sin embargo, los datos recogidos del análisis preliminar, un tipo de análisis que arroja datos sobre la CA mostrada por los estudiantes durante el desarrollo del experimento y que permitirá el rediseño de la HLT.

### **Análisis preliminar**

La descripción de las trayectorias de aprendizaje de los futuros maestros permitirá saber en qué medida este experimento de enseñanza ayuda a la construcción y mejora del concepto de CA. Con objeto de verificar la significatividad de esa diferencia, se hace necesario proceder con el análisis retrospectivo propio de la investigación de diseño mediante, en este caso, un análisis de contenido de los datos obtenidos desde el enfoque cualitativo. A continuación, se exponen los resultados obtenidos del análisis preliminar de las tareas.

En términos generales, la primera de las sesiones, destinada a realizar la Tarea 1, evidencia un mayor énfasis en la dimensión cognitiva de la CA. Las dificultades mostradas por los futuros maestros en relación con la baja reflexión que han manifestado sobre los conceptos trabajados, revelan la necesidad de realizar actividades que promuevan un mayor conocimiento del contenido, siendo este un objetivo que se trabaja mediante el empleo de las herramientas cognitivas que se utilizan en la sesión posterior.

La segunda sesión, en la que se desarrollan las Tareas 2 y 3, evidencia falta de conocimientos y baja conciencia ambiental de los maestros en formación, constatadas ambas deficiencias en el escaso dominio a la hora de defender sus ideas y mostrar su reflexión sobre las mismas. En este sentido, la percepción recibida de la observación inicial de la información muestra futuros docentes con dificultades para establecer una relación entre un riesgo ambiental y las formas existentes de solucionarlo.

## DISEÑO DE TRAYECTORIAS HIPOTÉTICAS DE APRENDIZAJE

De la última sesión presencial cabe mencionar el esfuerzo mostrado por todos los grupos durante la realización de la misma. Sin embargo, los trabajos de algunos grupos destacan sobre otros en aspectos como el compromiso con la tarea, la responsabilidad de aportar razonamientos justificados y la aportación de ideas o discusión de las mismas durante los periodos de debate. La resolución de la tarea sobre la elaboración de los distintos organizadores gráficos ha permitido observar que tanto el diagrama de Toulmin como el diagrama de Gowin logran una mayor implicación de los maestros en formación en el fenómeno de estudio. Además, en relación con los conceptos trabajados, se considera que no existe claridad sobre algunos de ellos, como el concepto de contaminante y los tipos de contaminante. En este punto, se observa la necesidad de ampliar el espacio entre sesiones para poder promover la comprensión de determinados conceptos y aspectos relevantes.

A modo de síntesis, el análisis preliminar de los datos deja entrever una mejoría de la CA del alumnado del Grado en Educación Primaria tras la implementación del experimento de enseñanza. Asimismo, aun no siendo objeto de este trabajo, estos resultados se apoyan en los obtenidos por el experimento en un contexto pre-test/post-test empleando una escala de CA elaborada y publicada en Anónimo (2018). Los resultados de la escala muestran, igualmente, una tendencia clara de mejoría, si bien con diferencias no significativas, probablemente como consecuencia de la limitación temporal del estudio con respecto a la implementación de la intervención en aula.

No obstante, considerando las actuaciones manifestadas por los maestros en formación en las cinco tareas del experimento de enseñanza, aparece una distribución de categorías no homogénea, en la que prevalece el tratamiento de las dimensiones cognitiva y afectiva. A continuación, en la Tabla 2, se describen las principales manifestaciones de CA para cada una de las dimensiones consideradas.

**Tabla 2. Principales manifestaciones de CA**

DIMENSIÓN CA	DESCRIPCIÓN
<i>AFECTIVA</i>	Se observa un predominio de la preocupación de los estudiantes por problemas a nivel global sobre los problemas a nivel local, donde destaca el enfrentamiento de intereses económico sobre los ambientales.
	Se manifiesta un antropocentrismo que con el desarrollo de las tareas se fue posicionando en una visión de conciencia límite muy marcada.
<i>CONATIVA</i>	El sentimiento de responsabilidad, tanto en su papel de futuros docentes como de ciudadanos frente a los problemas ambientales emerge en todas las tareas.
	La mayoría de los grupos han mostrado interés por la necesidad de capacitar a su futuro alumnado en actuaciones contra los problemas ambientales.
	Señalan la importancia del maestro como ejemplo para favorecer la generación de CA en sus alumnos.
<i>COGNITIVA</i>	El conocimiento y variedad de estrategias para trabajar el tema ambiental queda patente en todas y cada una de las tareas realizadas.
	Se manifiesta un conocimiento adecuado de los actores implicados en la defensa del medio ambiente.
<i>ACTIVA</i>	Domina la tendencia a no jugársela que demuestra el temor de los futuros maestros a involucrarse.

### Discusión

## DISEÑO DE TRAYECTORIAS HIPOTÉTICAS DE APRENDIZAJE

Cada vez son más necesarias prácticas educativas que fomenten el desarrollo del pensamiento crítico y de actitudes reflexivas como medidas esenciales para la actuación frente a los problemas ambientales. En este contexto, los profesores en formación son situados en un punto de atención prioritario como futuros responsables en las aulas del desarrollo de competencias y actitudes en su alumnado que impulsen a estos a actuar a favor del medio. Littledyke, Manolas y Littledyke (2013) inciden en la importancia de la formación de los profesionales docentes en una amplia gama de contextos, así como en la necesidad de identificar el enfoque más adecuado para mejorar su práctica.

En este contexto, el objetivo central de este trabajo ha sido presentar una propuesta orientada a la mejora de la CA del profesorado en formación, mediante el diseño y la implementación de trayectorias hipotéticas de aprendizaje basadas en un enfoque de corte constructivista y conformadas por tareas de corte metacognitivo. Las tareas expuestas, junto con su secuenciación, se plantean como ayuda fundamental para la comprensión de los conceptos clave trabajados, además de ser fáciles de manejar por parte de los estudiantes y de gran utilidad para el procesamiento de la información. No obstante, siendo conscientes de que cualquier propuesta, como la que aquí se presenta, no está exenta de controversia y de limitaciones inherentes a la simplificación de la realidad llevada a cabo por el propio diseño, debe decirse que, si bien las tareas no son especialmente novedosas, sí pretende serlo la forma en la que se utilizan, así como la forma en que se orientan hacia la consecución de los objetivos que se persiguen con ellas.

La metacognición, por otra parte, ha sido históricamente abordada desde el ámbito de trabajo de la psicología cognitiva, siendo mucho menos frecuente su presencia en el ámbito de la investigación propia de la Didáctica de las Ciencias. Por ello, consideramos de interés trabajar la metacognición, desde la perspectiva de la enseñanza de las ciencias, mediante la incorporación de herramientas metacognitivas y de reflexiones críticas y argumentadas en los programas de formación inicial de maestros de primaria, tal y como se plantea en este trabajo.

### **Conclusiones**

La propuesta presentada aporta a los futuros docentes la posibilidad de reconocer el medio ambiente como algo propio y de comprender las relaciones existentes entre los elementos que lo integran. La consecución de este tipo de objetivos no es algo trivial, sino que implica recursos de múltiples fuentes junto con su adaptación a retos de distinta índole. Por otra parte, este trabajo también pretende hacer patente el gran potencial que presenta el paradigma de investigación de diseño en contextos como el que se aborda. En particular, este enfoque permite conocer lo que sucede en el aula mediante la aplicación de distintos recursos y avanzar en la comprensión de diversos fenómenos asociados con la CA de los futuros docentes. Asimismo, es necesario precisar los elementos teóricos que apoyan la formulación de criterios cognitivos para el diseño de situaciones, la puesta en práctica de la propuesta metodológica que apoya la relación existente entre teoría y práctica en el contexto del trabajo de problemáticas ambientales y, en general, la revisión de distintas características asociadas a esta tipología de investigación. Al mismo tiempo, se espera que la HLT que se presenta sirvan de apoyo a la hora de evaluar, de manera formativa y continua, el progreso de los maestros en formación, así como en la toma de decisiones en los ciclos de experimentación y reformulación, siendo esta una línea de continuidad futura.

Desde el punto de vista de los beneficiarios, es necesario insistir en la necesidad de que los futuros docentes vivan en primera persona experiencias de aprendizaje exitosas que puedan ser fácilmente exportadas en su campo de actuación futuro, el aula de Primaria.

Convencidos de la relevancia de la formación inicial de los maestros de Primaria, la experiencia propuesta pretende contribuir a un desempeño competente de su labor, reconociendo la complejidad de la sociedad y la escuela e interviniendo de la forma más adecuada en ella (Bonil, Junyent y Pujol, 2010). En este contexto conviven dos realidades: por un lado, la formación universitaria del maestro y, por otro, la formación del profesional docente. Este doble rol exige respuestas formativas coherentes con la realidad y necesidades del sistema educativo y del entorno en el que tiene lugar su acción.

### Referencias

- Acebal, M.C. (2010). *Conciencia ambiental y formación de maestros y maestras*. Tesis de Doctorado, departamento de Didáctica de la Matemática, Ciencias Sociales y Ciencias Experimentales, Universidad de Málaga (España).
- Álvarez-Suárez, P., Vega-Marcote, P. y García Mira, R. (2014). Sustainable consumption: a teaching intervention in higher education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 15(1), 3-15. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Ricardo\\_Garcia-Mira/publication/262534602\\_Sustainable\\_consumption\\_A\\_teaching\\_intervention\\_in\\_higher\\_education/links/0c960537f18198e4d1000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ricardo_Garcia-Mira/publication/262534602_Sustainable_consumption_A_teaching_intervention_in_higher_education/links/0c960537f18198e4d1000000.pdf)
- Anderson, B. y Wallin, A. (2000). Students' Understanding of the Greenhouse Effect, the Societal Consequences of Reducing CO2 Emissions and the problem of Ozone Layer Depletion. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1096-1111. doi: 10.1002/1098-2736(200012)37:10<1096::AID-TEA4>3.0.CO;2-8
- Aramburu, F. (2000). *Medio ambiente y Educación*. Madrid, España: Síntesis de Educación.
- Anonimo (2018). Detalles omitidos para revisión de doble ciego.
- Bakker, A. (2004). Reasoning about shape as a pattern in variability. *Statistics Education Research Journal*, 3(2), 64-83. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Arthur\\_Bakker/publication/233864550\\_Bakker\\_A\\_2004\\_Reasoning\\_about\\_shape\\_as\\_a\\_pattern\\_in\\_variability/links/5432a0cf0cf225bddcc7c14f.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Arthur_Bakker/publication/233864550_Bakker_A_2004_Reasoning_about_shape_as_a_pattern_in_variability/links/5432a0cf0cf225bddcc7c14f.pdf)
- Barraza, L. y Castaño, C. (2012). ¿Puede la enseñanza de la ciencia ayudar a construir una sociedad sostenible? *Profesorado, Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 16(2), 45-58. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10481/23020>.
- Bonil, J., Junyent, M. y Pujol, R.M. (2010). Educación para la Sostenibilidad desde la perspectiva de la complejidad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(No Extraordinario), 198-215. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10498/8933>.
- Burnett, H. S. (1998). The Idea of Biodiversity. *Environmental Ethics*, 20(2), 203-206. doi: 10.5840/enviroethics199820234
- Campanario, J.C. (2000). El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 369-380. Recuperado de <http://cimm.ucr.ac.cr/ojs/index.php/eudoxus/article/view/321/323>
- Campanario, J.M., Cuerva, J., Moya, A. y Otero, J.C. (1997). *El papel de las estrategias metacognitivas en el aprendizaje de las ciencias*. Ponencia presentada en el "V Congreso Internacional sobre la Enseñanza de las Ciencias", Murcia.
- Cobb, P. (2000). Conducting teaching experiments in collaboration with teacher. En A. Kelly y A. Lesh (Eds.), *Research design in mathematics and science education* (pp. 307-334). Mahwah, Nueva Jersey, EUA: Lawrence Erlbaum.
- Cobb, P., Confrey, J., Lehrer, R. y Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational researcher*, 32(1), 9-13. doi: <https://doi.org/10.3102/0013189X032001009>
- Collins, A., Joseph, D. y Bielaczyc, K. (2004). Design research: theoretical and methodological issues. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15-42. doi: [https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301\\_2](https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_2)
- Confrey, J. (2006). The evolution of design studies as methodology. En Sawyer, R.K. (ed.). *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*, (pp. 135-152). Nueva York: Cambridge University Press.
- Díaz, E. y Ussa, Y. (2014). Referentes de la formación de profesores en educación ambiental. Revisión de antecedentes 2000-2012 (1). *Uni-pluri/versidad*, 14(2), 27.

- Ehrlich, P. R. y Pringle, R. (2008). Where does biodiversity go from here? A grim business-as-usual forecast and a hopeful portfolio of partial solutions. *The national academy of Sciences*, 105(1), 11579-11586. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.0801911105>
- Esteve, P. y Jaén, M. (2013). ¿Qué están dispuestos a cambiar los estudiantes de educación ambiental? En P. Membiela, N. Casado y M.I. Cebreiros (Eds.), *Retos y perspectivas en la enseñanza de las ciencias* (pp. 467-471). Vigo, España: Educación Editora.
- Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. En Resnick, L.B. (ed.), *The nature of intelligence* (pp.231-235). Hillsdale, Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Forbes, C. T. y Zint, M. (2010). Elementary teachers' beliefs about, perceived competencies for, and reported use of scientific inquiry to promote student learning about and for the environment. *The Journal of environmental education*, 42(1), 30-42. doi: <https://doi.org/10.1080/00958961003674673>
- Gayford, C. (2000). Biodiversity Education: A Teacher's Perspective. *Environmental Education Research*, 6(4), 347-361. doi: <https://doi.org/10.1080/713664696>
- Gómez, J. G. y Bernat, F.J. (2010). Cómo y qué enseñar de la biodiversidad en la alfabetización científica. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 28(2), 175-184.
- Gowin, D. (1981). *Educating*. Ithaca, New York: Cornell University Press.
- Gravemeijer, K. (1994). Educational development and developmental research. *Journal for Research in Mathematics Education*, 25(5), 443-471. doi: 10.2307/749485
- Gravemeijer, K. (2001). Developmental Research, a Course in Elementary Data Analysis as an Example. Common Sense in Mathematics Education. En *Proceedings of The Netherland and Taiwan Conference on Mathematics Education*, (pp. 19-23). Taipei, Taiwan.
- Jin, H. y Anderson, C. (2010). Developing a long-term learning progression for energy in socio-ecological systems. En *Annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, Garden Grove, CA. Recuperado de: <http://www.envlit.educ.msu.edu/publicsite/files/General/ProjectPaper/2010/NARST/Energy031910.pdf>
- Lindemann-Matthies, P., Constantinou, C., Lehnert, H.J., Nagel, U., Raper, G. y Kadji-Beltran, C. (2011). Confidence and perceived competence of preservice teachers to implement biodiversity education in primary schools—Four comparative case studies from Europe. *International Journal of Science Education*, 33(16), 2247-2273. doi: <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.547534>
- Littleldyke, M., Manolas, E. y Littleldyke, R.A. (2013). A systems approach to education for sustainability in higher education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 14(4), 367-383.
- López, N. (2002). El análisis de contenido como método de investigación XXI. *Educación*, 167-179.
- Lucas, A.M. (1980). Science and environmental education: Pious hopes, self-praise and disciplinary chauvinism. *Studies in Science Education*, 7(1), 1-26. doi: <https://doi.org/10.1080/03057268008559874>
- Molina, M., Castro, E., Molina, J. L. y Castro, E. (2011). Un acercamiento a la investigación de diseño a través de los experimentos de enseñanza. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 29(1), 75-88.
- Moreira, M.A. (2007). Diagramas V y aprendizaje significativo. *Revista Chilena de Educación Científica*, 6(3), 3-12.
- Moreira, M.A. (2010). *V diagrams and meaningful learning*. Inst. de Física da UFRGS, Porto Alegre, Brasil.
- Nagra, V. y Kaur, I. (2013). Environmental education awareness and attitude among teacher educators. *International Journal of Social Science*, 2(2), 107-119.
- Nisiforou, O. y Charalambides, A.G. (2012). Assessing undergraduate university students' level of knowledge, attitudes and behaviour towards biodiversity: a case study in Cyprus. *International Journal of Science Education*, 34(7), 1027-1051. doi: <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.637991>
- Novak, J. D. y Gowin, D. B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca
- Novo, M. (1995). *La Educación Ambiental. Bases éticas, conceptuales y metodológicas*. Madrid: Universitas.
- Nuevalos, C. (1997). *Desarrollo moral y valores ambientales*. Tesis doctoral, Universidad de Valencia (España).
- Pérez-Mesa, M.R. (2013). Concepciones de biodiversidad: una mirada desde la diversidad cultural. Magis. *Revista Internacional de Investigación en Educación*, 6(12), 133-151.
- Quintana, G. E. y Mateos, J.E (2015). ¿Incluir contenidos ambientales o formar con una perspectiva ambiental? *RIPS: Revista de Investigaciones Políticas y Sociológicas*, 13(2), 123-137. Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/380/38032972007/>

## DISEÑO DE TRAYECTORIAS HIPOTÉTICAS DE APRENDIZAJE

- Roth, C.E. (1992). *Environmental Literacy: Its Roots, Evolution and Directions in the 1990s*. Recuperado de <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED348235.pdf>
- Sauvé, L. (2004). Perspectivas curriculares para la formación de formadores en educación ambiental. *Carpeta informativa CENEAM*, 162-160. Recuperado de [http://www.mapama.gob.es/en/ceneam/articulos-de-opinion/2004\\_11sauve\\_tcm11-53066.pdf](http://www.mapama.gob.es/en/ceneam/articulos-de-opinion/2004_11sauve_tcm11-53066.pdf)
- Sauvé, L. (2010). Educación científica y educación ambiental: un cruce fecundo. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), 5-18.
- Simon, M.A. (1995). Reconstructing mathematics pedagogy from a constructivist perspective. *Journal for research in mathematics education*, 26(2), 114-145. doi: 10.2307/749205
- Steffe, L.P. y Thompson, P.W. (2000). Teaching experiment methodology: Underlying principles and essential elements. En A. E. Kelly y R. A. Lesh (Eds.) *Handbook of research design in Mathematics and Science Education* (pp. 267-306). Mahwah: Erlbaum.
- Toulmin, S. (1958). *The Uses of Argument*. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Toulmin, S., Rieke, R. y Janik, A. (1979). *An introduction to reasoning*. New York: Macmillan.
- Toulmin, S. (2007). *Los usos de La argumentación*. Barcelona: Ediciones península
- Van Weelie, D. y Wals, A. (2002). Making biodiversity meaningful through environmental education. *International Journal of science education*, 24(11), 1143-1156. doi: <https://doi.org/10.1080/09500690210134839>
- Vygotsky, L. (1978). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. México: Grijalbo.
- Wasenberg, J. (1997). *Adaptación e innovación en sistemas naturales. La interpretación de la problemática ambiental: Enfoques básicos*. Madrid: Carduel, S.L.
- Yus, R. (2000). Áreas transversales y enfoque curricular integrado en la educación científica básica. En Perales, J. y Cañal, P (Coord), *Didáctica de las ciencias experimentales* (pp. 615-644). Alcoy, España: Marfi