



Fotografía: Jason Molano Molano

LAS DEMANDAS DE APRENDIZAJE COMO CLAVES PARA EL DISEÑO DE SECUENCIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE QUE PROMUEVEN LA MODELIZACIÓN

Learning Demands as Keys to the Design of Teaching and Learning Sequences that Promote Modeling

As demandas de aprendizado como chaves para o desenho de seqüências de ensino e aprendizado que promovam a modelagem

Fanny Angulo Delgado*
 Carlos Arturo Soto Lombana**
 Jorge Arturo Giraldo Ochoa***

Fecha de recepción: 7 de mayo de 2019
 Fecha de aprobación: 30 de junio de 2019

Resumen

En las clases de ciencias naturales se observa que los profesores aplican evaluaciones diagnósticas, pero la información obtenida no suele tenerse en cuenta para ajustar la planeación de la enseñanza. En esta Bio-crónica se identificaron las demandas de aprendizaje (Leach, et ál., 2000) en tres grupos de estudiantes respecto a la modelización de: los efectos del urbanismo sobre un ecosistema de bosque andino, el origen de la vida en la Tierra y la contaminación atmosférica. Al comparar el lenguaje social de los estudiantes (en su Modelo Estudiantil -ME) y el de la ciencia (en el Modelo Disciplinar-MD) emergió la naturaleza (ontológica, epistemológica o de razonamiento) de cada demanda. Los resultados sugieren que una vez identificadas las demandas de aprendizaje y su naturaleza, se facilita al profesor decidir en cuál de las fases de la secuencia de enseñanza y aprendizaje deberían atenderse para ayudar a los estudiantes a la modelización del fenómeno.

Palabras clave: aprendizaje; enseñanza; evaluación de la educación; planificación de la educación; técnica didáctica

* Profesora investigadora Universidad de Antioquia. <https://orcid.org/0000-0003-4458-598X>
 Correo electrónico: fanny.angulo@udea.edu.co

** Profesor investigador Universidad de Antioquia. <https://orcid.org/0000-0003-1475-3153>
 Correo electrónico: carlos.soto@udea.edu.co

*** Licenciado en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Universidad de Antioquia. <https://orcid.org/0000-0002-9252-6688>
 Correo electrónico: jarturo.giraldo@udea.edu.co

Abstract

In natural science classes, it is observed that teachers apply diagnostic evaluations, but the information obtained is not usually taken into account to adjust the planning of teaching. In this Bio-chronicle the learning demands were identified (Leach *et al.*, 2000) in three groups of students regarding the modeling of: the effects of urbanism on an Andean forest ecosystem, the origin of life on Earth and air pollution. By comparing the social language of the students (in their Student Model -sm) and that of science (in the Disciplinary Model-dm) the nature (ontological, epistemological or of reasoning) of each demand emerged. The results suggest that once the learning demands and their nature have been identified, it is easier for the teacher to decide in which of the phases of the teaching and learning sequence they should be addressed to help students to model the phenomenon.

Key words: teaching; learning; educational planning; educational evaluation; didactic technique

Resumo

Nas aulas de ciências naturais, observa-se que os professores aplicam avaliações diagnósticas, mas as informações obtidas geralmente não são levadas em consideração para ajustar o planejamento do ensino. Nesta Biocrônica, as demandas de aprendizado foram identificadas (Leach *et al.*, 2000) em três grupos de estudantes quanto à modelagem de: os efeitos do urbanismo em um ecossistema florestal andino, a origem da vida na Terra e a poluição do ar. Ao comparar a linguagem social dos alunos (em seu Modelo de Estudante - me) e esse da ciência (no Modelo Disciplinar - md), surgiu a natureza (ontológica, epistemológica ou racional) de cada demanda. Os resultados sugerem que, uma vez identificadas as demandas de aprendizagem e sua natureza é mais fácil para o professor decidir em qual das fases da sequência de ensino e aprendizagem deve ser abordada para ajudar os alunos a modelar o fenômeno.

Palavras-chave: ensino; aprendizagem; planejamento educacional; avaliação educacional; técnica didática

Introducción

Los constantes llamados de atención sobre la importancia de la evaluación diagnóstica para conocer los puntos de partida de los estudiantes (Jorba, 1996; Pujol, 2003) y la observación de clases en las instituciones educativas, permiten inferir que si bien los profesores hacen diagnósticos a los estudiantes y obtienen información valiosa sobre sus explicaciones frente a ciertos fenómenos, son escasas las oportunidades en las que el profesor planea las clases usando esa información para atender a las necesidades o debilidades de aprendizaje de los estudiantes.

A este respecto, la literatura revisada mostró que John Leach y Phil Scott de la Universidad de Leeds propusieron el concepto de ‘demandas de aprendizaje’ (2000; 2007), acompañado de pasos para planear la enseñanza a fin de promover la modelización de fenómenos científicos en clase (Leach, et ál., 2009). A su vez, et ál. (2008) señalaron el potencial del enfoque de las demandas de aprendizaje para diseñar una SEA.

Las perspectivas de estos autores sirvieron de base para una experiencia didáctica en la que participaron profesores de ciencias naturales en formación inicial que hacían sus prácticas en instituciones educativas de Medellín. Se configuraron intervenciones didácticas con tres grupos de estudiantes (dos grupos de primaria y uno de secundaria), en las que se buscó relacionar el modelo estudiantil (ME, inferido mediante la aplicación de una evaluación diagnóstica), con el concepto de ‘demandas de aprendizaje’, a fin de obtener información que permitiera la planeación de SEAS desde el enfoque sugerido por Pujol (2003), en tanto esta autora recoge los aportes de Jorba et ál. (1996) y los orienta hacia una propuesta didáctica dirigida a la modelización.

Los resultados de ese trabajo pueden inspirar modificaciones en la planeación de la enseñanza, en tanto facilitan al profesor la tarea de diseñar actividades que atiendan oportunamente a los requerimientos que tienen los estudiantes de un grupo en particular para llevar a cabo la modelización.

¿Qué son las ‘demandas de aprendizaje’?

El concepto de ‘demanda de aprendizaje’ (Leach, et ál., 2000; Scott, et ál., 2007) se fundamenta en la perspectiva constructivista social según la cual, el profesor hace una comparación entre dos lenguajes sociales, a saber: el lenguaje social de la ciencia y el lenguaje social que los escolares tienden a usar cuando se habla de fenómenos y eventos de la naturaleza durante la clase de ciencias.

Las explicaciones propias de cada lenguaje social se describen en términos de la ontología, epistemología y patrones de razonamiento, de manera que una demanda de aprendizaje se identifica al comparar los dos lenguajes en lo relativo a dichos aspectos. Visto así, las demandas de aprendizaje en un área dada se utilizan para identificar la naturaleza exacta del aprendizaje de un contenido específico que necesita ser apoyado a través de la enseñanza. La Figura 1 representa cómo se relacionan los dos lenguajes para identificar las demandas de aprendizaje.



Figura 1. Comparación entre el lenguaje social de la ciencia y el lenguaje social de los estudiantes para definir las demandas de aprendizaje

Fuente: Elaboración propia

Scott, et ál. (2007) afirman que una demanda de aprendizaje se dirige principalmente a una diferencia ontológica entre ambos lenguajes (en tanto hay que introducir en la clase ciertas entidades con sus propiedades —por ejemplo, en una clase sobre los organelos celulares cada organelo es una entidad y las funciones que cumple son sus propiedades—), pero también tiene una dimensión epistémica: los estudiantes tienen que llegar a comprender que el propósito del modelo que construyen en el contexto escolar es explicar el comportamiento de un fenómeno asociado a la ciencia, de una forma lo más cercana posible a lo que el modelo científico plantea; lo cual implica que el profesor diseñe y aplique actividades explícitas para ese efecto.

En otro nivel de la representación se ubica la comparación entre el comportamiento del sistema físico o “real” que se está modelizando y la simulación en la mente, del modelo mental construido. Esta comparación le permite juzgar acerca de la correspondencia entre ambos comportamientos, de manera que si falta esta, el modelo mental construido no será válido y se pondrán en marcha los mecanismos de reconstrucción del modelo.

Modelo Estudiantil y Modelo Disciplinar

De acuerdo con López y Moreno (2014), el Modelo Estudiantil (ME) está constituido por las ideas de los alumnos sobre el fenómeno, organizadas por edad, nivel educativo o disciplina. El profesor infiere este modelo a partir de la evaluación diagnóstica que se aplica al explorar los puntos de partida o formas de razonamiento de los estudiantes (Jorba, et ál., 1996), pero también de la literatura especializada o de sus propias experiencias respaldadas en evidencias aportadas por sus alumnos, cuando indaga por sus explicaciones respecto a un fenómeno. En consonancia con Leach, et ál. (2007), este modelo se expresa en el lenguaje social que usa el estudiante.

El Modelo Disciplinar (MD) es el modelo aceptado por la ciencia y, por lo tanto, vigente para la comunidad científica. El profesor deriva este modelo tomando como base los libros de texto fundamentales en la disciplina (textos universitarios), artículos u otros documentos que circulan entre los expertos, pero la complejidad del lenguaje social de la ciencia que le sirve al profesor para definir eventualmente la demanda de aprendizaje depende del currículo de ciencias naturales (contenidos, objetivos), para el nivel y grado escolar. Si el profesor llegase a prescindir de este criterio (el curricular) seguramente tendrá un MD formal, íntegro y complejo desde el punto de vista científico, pero poco útil desde el punto de vista didáctico.

El diseño de secuencias de enseñanza y aprendizaje que promuevan la modelización

Coincidiendo con Leach, et ál. (2009), para asegurar que las SEAS que se diseñan están bien adaptadas a los estudiantes y sean sensibles a sus necesidades y capacidades, la evaluación diagnóstica debe apuntar a las demandas de aprendizaje y estas deben orientar la planificación de la enseñanza. De lo anterior se desprende que una adecuada SEA debe tener en cuenta lo que los estudiantes saben y pueden hacer, en lugar de simplemente estar diseñada sobre los presupuestos de lo que se quiere que sepan y sean capaces de hacer.

Por lo tanto, estos autores sugieren que una SEA que tenga como cometido integrar la modelización a la enseñanza, de acuerdo con los parámetros que son evidenciados por las demandas de aprendizaje, debe 1. Identificar el conocimiento de la ciencia que la escuela debe enseñar; 2. Considerar cómo esta área de la ciencia se conceptualiza en el lenguaje social de los estudiantes; 3. Evaluar la naturaleza de cualquier diferencia entre 1 y 2 (demanda

de aprendizaje); 4. Desarrollar una secuencia de enseñanza, que incluya actividades que permitan obtener información acerca de lo que los alumnos pueden explicar del fenómeno, ya sea por medio de la oralidad o de una representación simbólica, permitiendo con esto abordar cada aspecto de la demanda de aprendizaje.

Los aportes de Leach, et ál. (2009) y de Scott, et ál. (2007), son bastante claros para la identificación de las demandas de aprendizaje. Los ejemplos que muestran en sus publicaciones le ayudan al profesor a tomar consciencia de que requiere un diseño específico de la enseñanza, si es que su objetivo es la modelización. No obstante, el ejercicio intelectual que implica el parámetro 4 (Desarrollar una secuencia de enseñanza [...]) de Leach, et ál. (2009) no es fácil, incluso para profesores experimentados, porque no hay suficientes pistas sobre cómo proceder con dicha planeación y el profesor, aunque esté entusiasmado con renovar su enseñanza, termina tentado a seguir con sus prácticas habituales. De ahí la preocupación por ofrecer al profesorado algún apoyo al respecto.

En su libro *Didáctica de las Ciencias para la Educación Primaria*, Pujol (2003) recoge los aportes de Jorba, et ál. (1996) sobre la evaluación formadora, la autoevaluación y el diseño de secuencias de enseñanza y aporta una fundamentación desde la epistemología que apunta a la formación de ciudadanos críticos que entiendan el papel de la ciencia en la sociedad. Desde esta perspectiva, para Pujol la clase de ciencias es un espacio donde se construye un tipo de ciencia escolar que se distingue porque privilegia el pensar los fenómenos del mundo real mediante modelos, lo cual es posible al permitir la manifestación de los modelos estudiantiles iniciales, su evolución, su reestructuración y su aplicación a situaciones distintas de aquellas en las cuales emergieron.

La obra de Pujol hace un aporte muy importante en cuanto explicita que no hay una sola forma de organizar y secuenciar los contenidos, porque ello depende de: a) lo que dice la ciencia de referencia; b) las características del grupo escolar y, c) del proyecto educativo de la institución. Al afirmar el consenso en torno a que aprender ciencias implica una progresión en el modelado de ciertos fenómenos y que enseñar tiene que ver con las acciones que los profesores emprenden para ayudar a los estudiantes a hacer modelizaciones, la autora sugiere una adaptación del diseño de una unidad didáctica propuesto por Jorba, et ál. (1996).

Coincidiendo con Pujol, en esta adaptación es indispensable tener claro que no se trata de una forma única y universal para organizar actividades que conduzcan a la

modelización por parte de los estudiantes, pero sí que es posible dar a las actividades un orden lógico y un diseño particular para que ayuden a los estudiantes a a) verbalizar sus modelos iniciales ante una situación concreta que les permite expresar sus puntos de partida (evaluación diagnóstica); b) darse la oportunidad de aproximarse al ‘nuevo’ modelo en tanto el profesor introduce a la clase los nuevos elementos, relaciones y variables que amplían la mirada sobre el fenómeno; c) contrastar sus modelos iniciales con aquel que el profesor les presenta a medida que lo usan para explicar el fenómeno que están modelizando y aplican criterios para evaluar sus avances en esa construcción, en un proceso de estructuración, sistematización y generalización del modelo construido; y, finalmente, d) observar el potencial del modelo elaborado al aplicarlo a otras situaciones.

El orden en el que se postulan las actividades al diseñar la SEA, también tiene mucho que ver con la progresión en la complejidad de la modelización, en tanto los ME iniciales suelen tener puntos de partida en los que las ideas son simples y concretas, pero es de esperarse que las actividades lleven a los estudiantes a versiones de sus modelos cada vez más abstractas y complejas. Sin embargo, hay que considerar que la modelización en el contexto escolar perdería buena parte de su sentido educativo si se quedara en ese plano; en otras palabras, el modelo elaborado (que supone mayor complejidad que el ME inicial) debe aplicarse en el plano de la realidad cercana, mediante una situación concreta en la que el estudiante piense, hable y actúe de forma tal que pueda percibir que ha aprendido. En la Figura 2 se puede ver en letras mayúsculas esta progresión y las fases de la secuenciación.



Figura 2. Fases de la secuencia de enseñanza y aprendizaje con las demandas de aprendizaje a atender para modelizar los cambios en un ecosistema de bosque andino generados por la urbanización (inspirado en Pujol, 2003, p. 234).

Fuente: Elaboración propia

Relación entre ‘demandas de aprendizaje’ y SEA

La secuenciación de los contenidos a enseñar, organizados en actividades de aprendizaje que lleven un orden lógico, condicionado, entre varios factores, por las características del grupo escolar, se hace bastante difícil cuando el profesor no tiene un referente adecuado. Lo que se plantea en este artículo es que esta labor se facilita si, por un lado, el profesor aprovecha la información que le aporta la evaluación diagnóstica para explicitar los ME ini-

ciales y los interpreta en términos del lenguaje social que usan los estudiantes para referirse en la cotidianidad al fenómeno (que será objeto de modelización) y por otro, ha identificado el MD al que quiere aproximar a sus estudiantes, puesto en términos del lenguaje social de la ciencia referente y equilibrado en su complejidad por el currículo expresado en el proyecto educativo institucional.

El contraste entre ambos lenguajes es el que define las demandas de aprendizaje y su naturaleza (ontológica, epistemológica o de razonamiento). Así entonces,

¿cómo saber en cual fase de la secuencia atender cual demanda de aprendizaje? La respuesta está en relacionar la demanda identificada con la finalidad de la fase de la secuencia en lo relativo a la modelización.

En el ejemplo que aparece en la Figura 3, el fenómeno a modelizar es el de los cambios en un ecosistema de bosque andino generados por la urbanización. Una de las demandas identificadas es: “Los estudiantes necesitan entender el ecosistema como un ‘sistema’ a partir de las relaciones de los organismos con su medio, las cuales se ven afectadas cuando el ser humano produce efectos disruptivos”. La naturaleza de esta demanda es epistemológica, en tanto las relaciones de los organismos con

el medio se observan desde una perspectiva sistémica propia de la Ecología, que es una forma de aproximarse al fenómeno objeto de modelización distinta a la de la vida cotidiana en la cual, el fenómeno no existe o se cuestiona solamente en términos de la acción humana que consume los recursos naturales (“La gente cortó los árboles para construir casas y no cuidó el agua que estaba cerca”). Pero también es ontológica, porque para entender la perspectiva sistémica, hay que presentar a los estudiantes ciertas entidades (como factores bióticos y abióticos, ecosistema, bosque) con sus propiedades (“La introducción de nuevos elementos, ya sean abióticos o bióticos, puede tener efectos disruptivos en los ecosistemas [...]”).

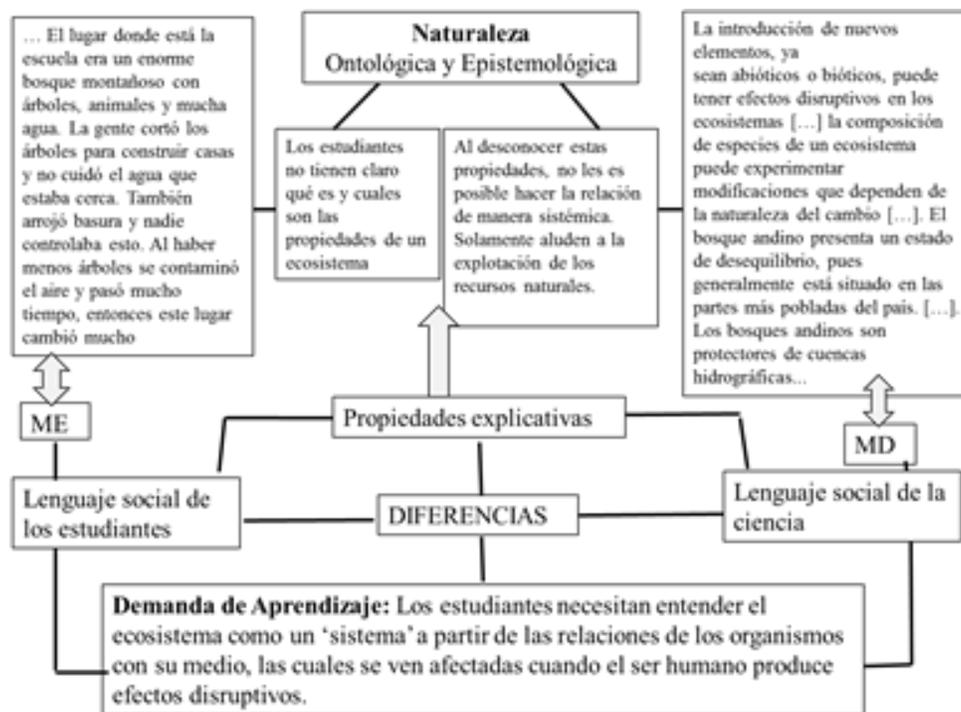


Figura 3. Ejemplo de demanda de aprendizaje respecto a los cambios en el ecosistema andino generados por el urbanismo

Fuente: Elaboración propia

Visto así, si la fase de ‘Introducción de nuevos elementos, relaciones y variables’ tiene como finalidad dar la oportunidad al estudiante de aproximarse al ‘nuevo’ modelo en tanto le permite identificar esas ‘novedades’ para ampliar el nivel de complejidad y de generalización de su ME inicial, cuestionarlo e incluso rechazarlo por su bajo potencial explicativo (Pujol, 2003, p. 234), pues es en esa fase donde se tendrían que incluir actividades de aprendizaje para atender a la demanda diagnóstica.

En esta experiencia se planteó averiguar cuáles son las demandas de aprendizaje de tres grupos de estudiantes (Tabla 1), a fin de diseñar secuencias de enseñanza y aprendizaje orientadas a la modelización, tal y como lo propone Pujol (2003). En este artículo solamente se presenta la planeación de las secuencias incluyendo las demandas de aprendizaje identificadas para ser atendidas en la fase pertinente.

Tabla 1. Grupos de estudiantes y fenómenos a modelizar

Tipo de Institución Educativa	Número de estudiantes	Edad	Grado escolar (en el sistema educativo colombiano)	Fenómenos a modelizar
Pública	35	10 a 12 años	5º	Cambios en un ecosistema de bosque andino generados por la urbanización
Pública	35	10 a 12 años	5º	El origen de la vida
Privada	40	14 a 16 años	8º	Contaminación atmosférica

Fuente: Elaboración propia

Metodología

La Tabla 1 describe los grupos de estudiantes con quienes se llevó a cabo esta experiencia:

A cada grupo se le aplicó un instrumento de evaluación diagnóstica, con situaciones que permitieran a los estudiantes expresar mediante dibujos y relatos sus representaciones sobre el fenómeno. Luego se analizaron las tendencias de respuesta de cada grupo utilizando redes sistémicas (Bliss, et ál., 1983). Con las tendencias se elaboró un texto que sintetiza el modelo estudiantil (ME).

A fin de inferir el modelo disciplinar (MD) relativo a cada fenómeno a modelizar en clase, se acudió a los primeros parámetros sugeridos por Leach, et ál. (2009): 1. Identificar el conocimiento de la ciencia que la escuela debe enseñar; 2. Considerar cómo esta área de la ciencia se conceptualiza en el lenguaje social de los estudiantes. Así entonces se usaron textos universitarios de biología (Curtis, et ál., 2008) y de química atmosférica (Dómenech, 1991); así como la planeación curricular prevista para esa área, grado y tema en cada institución, con el objetivo de ajustar el MD a las metas de formación expresadas en su proyecto educativo.

A continuación el concepto de ‘demanda de aprendizaje’ propuesto por Leach, et ál. (2000) y Scott, et ál. (2007) permitió identificar las demandas de aprendizaje en cada grupo de estudiantes, al comparar los lenguajes en ambos modelos respecto al fenómeno en cuestión (parámetro 3 propuesto por Leach, et ál., 2009) y se definió si la naturaleza de la demanda era de tipo ontológico, epistemológico o de razonamiento. Finalmente, se planeó una SEA que atendiera a las demandas de aprendizaje identificadas, siguiendo la propuesta de Pujol (2003) para promover la modelización.

Resultados

Dada la extensión de los análisis, se presentan a modo de ejemplo, fragmentos para ilustrar en cada fenómeno la configuración del ME y del MD; posteriormente la identificación de las demandas de aprendizaje y finalmente las fases de la secuencia de enseñanza y aprendizaje en las que habría que atenderlas.

Cambios en un ecosistema de bosque andino generados por la urbanización (diez a doce años, 5º)

Modelo Estudiantil (ME)

Evaluación diagnóstica: historieta en la que unos científicos han construido una máquina del tiempo que permite a los estudiantes viajar cien años atrás para observar cómo era el lugar donde está ubicada la institución educativa (la zona era un ecosistema de bosque andino). Se les pide analizar las razones de los cambios que detecten al comparar sus observaciones con la realidad actual.

Modelo Estudiantil (ME) inicial

Hace cien años el lugar donde está la Institución era un enorme bosque montañoso con árboles, animales y mucha agua. La gente cortó los árboles para construir casas y no cuidó el agua que estaba cerca. También arrojó basura y nadie controlaba esto. Al haber menos árboles se contaminó el aire y pasó mucho tiempo, entonces este lugar cambió mucho. (Modelo sintetizado a partir de las tendencias de respuesta de los estudiantes en la evaluación diagnóstica).

Modelo Disciplinar (MD)

La introducción de nuevos elementos, ya sean abióticos o bióticos, puede tener efectos disruptivos en los ecosistemas. En la ausencia de un equilibrio en la naturaleza, la composición de especies de un ecosistema puede experimentar modificaciones que dependen de la naturaleza del cambio [...]. El bosque andino presenta un estado de desequilibrio, pues generalmente está situado en las partes más pobladas del país. [...] Los bosques andinos son protectores de cuencas hidrográficas. También es hábitat de una amplia cantidad de especies vegetales, tanto endémicas como nativas, así como de muchas especies de mamíferos, insectos, anfibios, aves y reptiles. Además la cobertura boscosa de las laderas andinas protege contra la erosión y previene deslizamientos de tierra. El hombre, buscando un desarrollo urbano a una escala tan masiva, ha llevado a un desequilibrio en el bosque andino trayendo consigo graves consecuencias, ya que no se tiene

en cuenta que algunos recursos como el agua no son renovables, (sintetizado a partir de Margalef (1991) y del Currículo de Ciencias Naturales para 5º).

Identificación de las demandas de aprendizaje respecto a los cambios en el ecosistema de bosque andino generados por el urbanismo

A continuación se presenta un ejemplo de los análisis para identificar las demandas de aprendizaje. En la parte central inferior de la Figura 4, se encuentra la demanda de aprendizaje, que expresa la diferencia entre el lenguaje de los estudiantes y el lenguaje científico. En la parte media de la Figura 4 se observa el lenguaje que está relacionado con el ME y el lenguaje social científico que está relacionado con el MD. En la parte superior se expresa la naturaleza de la demanda de aprendizaje, que se describe en el centro de la Figura 4.

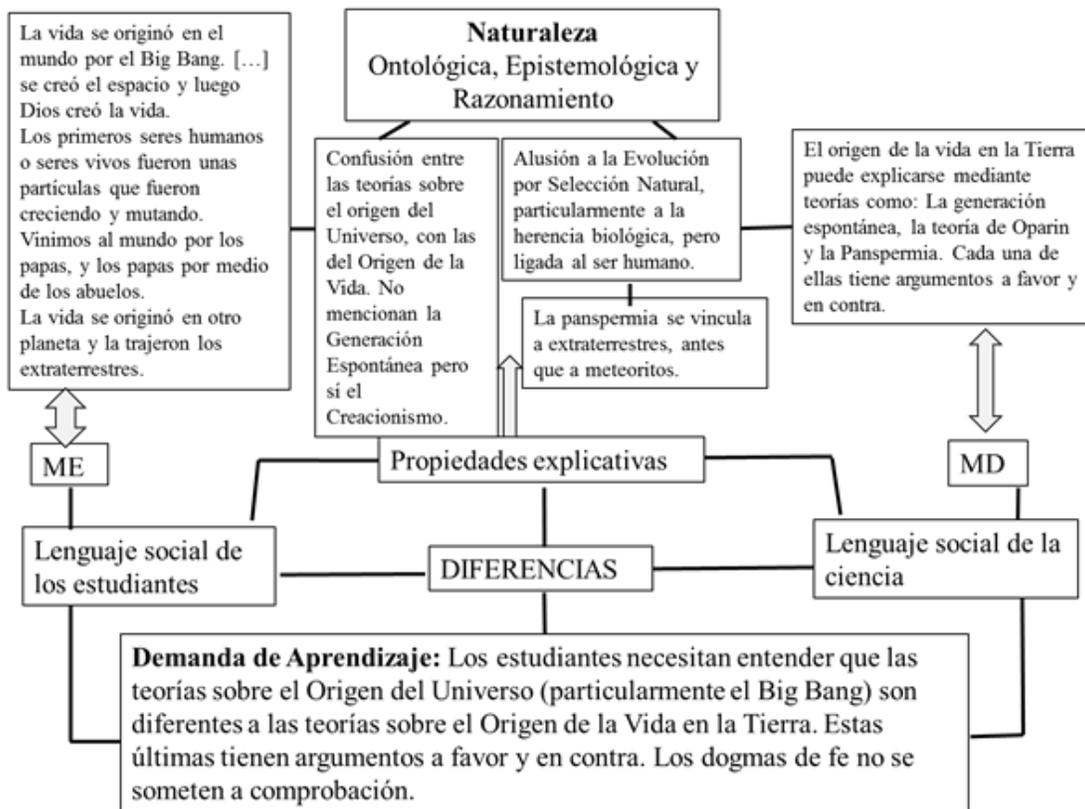


Figura 4. Ejemplo de demanda de aprendizaje respecto al Origen de la Vida en la Tierra

Fuente: Elaboración propia

Una vez que se identificaron las demandas de aprendizaje para cada uno de los fenómenos a modelizar (Los cambios en un ecosistema de bosque andino generados por la urbanización, El origen de la vida y La contaminación atmosférica), se usó la secuencia de enseñanza y aprendizaje propuesta por Pujol (2003, p. 234) para adaptarla a la modelización en la enseñanza de las ciencias, a fin de analizar la fase en la cual debía atenderse la demanda identificada. La Figura 3 muestra la planeación de la secuencia obtenida para el tema del bosque andino, en gris se encuentra la demanda de aprendizaje identificada.

Fases de la SEA con las demandas de aprendizaje a atender para modelizar los cambios en un ecosistema de bosque andino

El origen de la vida en la Tierra (diez a doce años, 5º)

Modelo Estudiantil (ME)

Evaluación diagnóstica: viñetas en las que unos personajes plantean diversas explicaciones sobre el origen de la vida en la Tierra y un espacio en blanco en el que los estudiantes debían escribir si estaban de acuerdo con algún personaje y si no, lo que pensaban al respecto.

Modelo Estudiantil (ME) inicial

La vida se originó en el mundo por el Big Bang. Con la explosión del Big Bang se creó el espacio y luego Dios creó la vida.

Los primeros seres humanos o seres vivos fueron unas partículas que fueron creciendo y mutando. Vinimos al mundo por los papás, y los papás por medio de los abuelos.

La vida se originó en otro planeta y la trajeron los extraterrestres, (sintetizado a partir de las tendencias de respuesta de los estudiantes en la evaluación diagnóstica).

Modelo Disciplinar (MD)

El origen de la vida en la Tierra puede explicarse mediante teorías como: la generación espontánea expuesta por Lamarck, la teoría de Oparin sobre el caldo primigenio y la Panspermia según la cual, la vida se originó fuera del planeta a partir de ciertos microorganismos (como las bacterias) que viajaron por el espacio protegidos en el interior de meteoritos o fue traída a la Tierra por formas de vida inteligentes. Cada una de ellas tiene argumentos a favor y en contra, basados en evidencia empírica susceptible de ser analizada por la ciencia, a diferencia de los dogmas de fe, (sintetizado a partir de Curtis, et ál. (2008) y del Currículo de Ciencias Naturales para 5º).

Identificación de las demandas de aprendizaje respecto al Origen de la Vida en la Tierra

A continuación, la Figura 5 muestra la atención de las demandas identificadas con respecto a las fases de la secuencia.



Figura 5. Fases de la secuencia de enseñanza y aprendizaje con las demandas de aprendizaje a atender para modelizar el Origen de la Vida en la Tierra

Fuente: Elaboración propia

Fases de la secuencia de enseñanza y aprendizaje con las demandas de aprendizaje para modelizar el Origen de la Vida en la Tierra

A continuación se cierra el apartado de los resultados mostrando las demandas de aprendizaje sobre la contaminación atmosférica y su relación con las fases de la secuencia de enseñanza y aprendizaje.

La contaminación atmosférica (catorce a dieciséis años, 8º)

Modelo Estudiantil

Evaluación diagnóstica: la institución educativa de este grupo de estudiantes se ubica en una población que acoge industrias. Se les presentaron situaciones relacionadas con la emanación de materiales gaseosos contaminantes, el efecto invernadero y su influencia sobre la salud humana.

Modelo Estudiantil (ME) inicial

Antes, el pueblo no estaba contaminado, había fincas, caminos, trochas y no había carros. Ahora está contaminado, hay edificios, carros y fábricas que expulsan humos. El aire se vuelve más oscuro porque está contaminado y las personas usan tapabocas. La contaminación del aire genera enfermedades y causa la muerte de los seres vivos. De seguir así, habrá más lugares deteriorados, la radiación afecta las zonas naturales, hay desastres naturales y por las partículas contaminantes que se acumulan en la capa de ozono, se produce el calentamiento global, (sintetizado a partir de las tendencias de respuesta de los estudiantes en la evaluación diagnóstica).

Modelo Disciplinar

La atmósfera es una capa gaseosa, está compuesta de gases y de partículas sólidas y líquidas en suspensión atraídas por la gravedad terrestre. En ella se producen fenómenos climáticos y meteorológicos que afectan al planeta, regula la entrada y salida de energía de la Tierra y es el principal medio de transferencia del calor. La contaminación es la presencia en el ambiente de cualquier agente químico, físico o biológico nocivos para la salud o el bienestar de la población, de la vida animal o vegetal. El calentamiento global es un fenómeno natural que consiste en que los gases ayudan a retener la temperatura, ayudando a que ocurran los procesos necesarios para la vida. En particular, el vapor de agua es responsable de mantener constante la temperatura en la atmósfera; sin embargo, la actividad humana como la ganadería, la tala

sin medida de los bosques para obtener recursos maderables, la sobreexplotación del suelo por parte de la agricultura, la industrialización y el crecimiento urbanístico han ayudado a aumentar la concentración en la cantidad de ciertos gases como el metano.

Si el metano u otro gas como el óxido nitroso o el gas carbónico aumentan de concentración, también cambian las temperaturas en el planeta, volviéndolo más cálido y esto afecta el clima global con consecuencias como el deshielo de los nevados y de los polos. Una alta concentración NO_2 en los océanos afectaría la vida marina y tendría consecuencias en los cambios del ciclo del agua que como consecuencias afectaría a las poblaciones humanas, (sintetizado a partir de Dómenech, 1991) y del Currículo de Ciencias Naturales para 8º).

Identificación de las demandas de aprendizaje respecto a la contaminación atmosférica

La Figura 6 muestra un ejemplo del análisis para la identificación de las demandas de aprendizaje.

Fases de la secuencia de enseñanza y aprendizaje con las demandas de aprendizaje para modelizar la contaminación atmosférica

La Figura 7 muestra las demandas de aprendizaje identificadas y su incorporación a la planeación de la secuencia de enseñanza y aprendizaje.

Discusión de los resultados y conclusiones

Las demandas de aprendizaje se pueden visibilizar reconociendo que las explicaciones dadas por los estudiantes en una evaluación diagnóstica corresponden con un lenguaje social que se distancia del lenguaje de la ciencia para explicar los fenómenos indagados. Visto así, es necesario que el profesor de ciencias naturales las tenga en cuenta a la hora de diseñar secuencias de enseñanza y aprendizaje que aproximen a los estudiantes al lenguaje social científico esperado para su nivel.

A pesar de que el ME y el MD se encuentran generalmente muy distantes uno del otro, la identificación del tipo de demanda a atender permite crear una línea de base sobre la cual definir los contenidos en cada fase de la secuencia de enseñanza y aprendizaje, pues si por ejemplo se



Figura 6. Ejemplo de demanda de aprendizaje respecto a la contaminación atmosférica

Fuente: Elaboración propia



Figura 7. Fases de la secuencia de enseñanza y aprendizaje con las demandas de aprendizaje a atender para modelizar la contaminación atmosférica

Fuente: Elaboración propia

encuentra que la demanda que aparece en él ME es de carácter ontológico, el MD disciplinar permitirá definir cuál es el ente y su(s) propiedad(es) que se debe(n) introducir

al comienzo de la secuencia para ayudar al estudiante a entender el fenómeno que se está trabajando en la ciencia escolar y, en consecuencia, a modelizarlo.

Las demandas de aprendizaje posibilitan evidenciar la distancia que se presenta entre el ME y MD. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que hay diferencias en la complejidad ontológica y epistemológica en las demandas de aprendizaje para el caso de los tres contenidos: tanto el tema de la contaminación como el de los cambios en los ecosistemas son más cercanos ontológicamente a las personas en la medida en que los vivimos; no obstante, el origen de la vida es lejano, está relacionado con creencias y no tiene un soporte en la experiencia. En consecuencia, el profesor tendría que revisar el diseño de la secuencia, ajustarlo o complementarlo en correspondencia con los requerimientos ontológicos, epistemológicos o de razonamiento que se evidencien frente al MD, según la proximidad ontológica que tenga el contenido a enseñar, a la experiencia del estudiante.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los estudiantes Andrés González Hincapié; Ruth Ester Doria Pérez; Lesly Yesenia Zapata Pemberty; Carlos Andrés Cano García; Sebastián Duque Orozco y John Fredy Marín Monsalve, de la Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia, por facilitarnos los resultados de las evaluaciones diagnósticas aplicadas en sus instituciones de práctica, para hacer los análisis que se presentan en este artículo.

Referencias

Bliss, J., Monk, M. y Ogborn, J. (1993). *Qualitative Data Analysis for Educational Research. A Guide to Uses of Systemic Networks*. London: Croom Helm.

Curtis, H., Barnes, N.S., Schnek, A. y Massarini, A. (2008). *Biología*. Bogotá: Editorial Médica Panamericana.

Doménech, X. (1991). *Origen y efectos de la contaminación*. España: Miraguano.

Jorba, J. y Sanmartí, N. (1996). *Enseñar, aprender y evaluar. Un proceso de regulación continua de los aprendizajes*. Barcelona: Ministerio de Educación y Cultura.

Leach, J. y Scott, P. (2000). *The Concept Of Learning Demand As A Tool For Designing Teaching Sequences*. [Paper Prepared For The Meeting]. *Research-based teaching sequences*. Université Paris VII.

Leach, J., Ametller, J. y Scott, P. (2009). The Relationship Of Theory And Practice In Designing, Implementing And Evaluating Teaching Sequences: Learning From Examples That Do not Work. *Éducation et didactique*, 3(2), 133-155. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.497>

López, A. y Moreno, G. (2014). Sustentación teórica y descripción metodológica del proceso de obtención de criterios de diseño y validación para secuencias didácticas basadas en modelos: El caso del fenómeno de la fermentación. *Bio-Grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza*, 7(13), 109-126. <https://doi.org/10.17227/20271034.13biografia109.126>

Margalef, R. (1991). *Ecología*. Barcelona: Omega.

Pujol, R. (2003). *Didáctica de las Ciencias en la Educación Primaria*. Madrid: Síntesis.

Scott, P. y Leach, J. (2007). Students Conceptions and Conceptual Learning in Sciences. En S.K. Abell, N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research in Science Education*. (pp. 31-56). Lawrence Erlbaum.

Viiiri, J. and Savinainen, A. (2008). Teaching-Learning Sequences: A Comparison Of Learning Demand Analysis And Educational Reconstruction. *Lat. Am. J. Phys. Educ*, 2(2), 80 - 86.