

REPRESENTACIONES ESTUDIANTILES SOBRE NUTRICIÓN HUMANA COMO MODELO ESTUDIANTIL INICIAL PARA REFERENCIA DIDÁCTICA

Ángel Daniel López Mota*
Fanny Angulo Delgado**

López Mota, A.D. & Angulo Delgado, F. (2016). Representaciones estudiantiles sobre nutrición humana como modelo estudiantil inicial para referencia didáctica. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 12(2), 83-108.

RESUMEN

El objetivo es proponer el concepto de “Modelo ONEPSI” (Gutiérrez, 2014) como herramienta didáctica para inferir un “Modelo Estudiantil inicial – MEI”, para obtener un punto de referencia didáctico; independientemente de la naturaleza u origen de las ideas espontáneas como acto de conocimiento. El potencial del ONEPSI se probó con representaciones de alumnos de primaria sobre nutrición humana, reportadas en algunos estudios entre 1985 y 2009. El MEI obtenido explicita que la nutrición está centrada en modificar el alimento en la boca, seguir una trayectoria hacia el estómago y ahí absorberse o desecharse. Pero este modelo se debilita al imaginar lo que sucede a partir del estómago –ya sea para asimilarse o expulsarse-, siendo evidente la ausencia de entidades biológicas -con sus propiedades- y que tienen que ver con el comportamiento físico-químico de las sustancias, lo cual sugiere tener un criterio fundamentado para decidir qué enseñar y sugerir cómo hacerlo.

PALABRAS CLAVE: modelos, modelización, modelo estudiantil, ciencia escolar, nutrición humana.

* M Ph.D. Science Education. Profesor, Universidad Pedagógica Nacional – México. Ciudad de México (CdMx), México. Correo electrónico: alopezm@upn.mx. orcid.org/0000-0003-3065-557X

** Doctora en Didáctica de las Ciencias. Profesora, Universidad de Antioquia. Medellín – Colombia. Correo electrónico: fanny.angulo@udea.edu.co. orcid.org/0000-0003-4458-598X

Recibido: febrero 4 de 2016. Aceptado: marzo 8 de 2016

STUDENT REPRESENTATIONS ON HUMAN NUTRITION AS AN INITIAL STUDENT MODEL FOR DIDACTIC REFERENCE

ABSTRACT

The objective is to propose the concept of "ONEPSI Model" (Gutiérrez, 2014) as a didactic tool to infer an "initial Student Model - MEi", to obtain a didactic reference point, regardless of the nature or origin of spontaneous ideas as an act of knowledge. The potential of the ONEPSI was tested with representations of primary students on human nutrition, reported in some studies between 1985 and 2009. The obtained MEi explicitly states that nutrition is focused on modifying the food in the mouth, following a path to the stomach and there absorbed or discarded. But this model is weakened by the absence of biological entities and their properties that have to do with the physical chemistry of substances to be converted to nutrients; suggesting that these features of nutrition in children's minds require criteria in relation to what and how to teach such issues.

KEY WORDS: models, modelling, students' model, school science, human nutrition.

INTRODUCCIÓN

En la comunidad científica del campo didáctica de las ciencias, se ha aceptado que el alumno llega al sistema escolar formal con un conjunto de construcciones mentales espontáneas sobre el mundo natural, que mayoritariamente no se corresponden con las explicaciones científicas. Una rápida revisión histórica señala que estas construcciones mentales son reconocidas por el campo con diferentes denominaciones, entre las que destacan: "ideas previas", "errores conceptuales", "concepciones alternativas", 'preconceptos', "concepciones espontáneas", 'miniteorías', "teorías implícitas", "ciencia de los niños", entre otras. Estas designaciones obedecen a una comparación establecida entre las ideas de los niños y la ciencia "de los científicos" (Izquierdo et al., 1999).

Según diversos autores (Pozo, Pérez, Sanz y Limón, 1992; Wandersee, Mintzes & Novak, 1994; Gallegos, 1998) es posible identificar en las ideas previas¹ las siguientes características.

¹ En adelante se utilizará el término "ideas previas" en reemplazo de las distintas denominaciones mencionadas, con base en que comparten el rasgo de espontaneidad y pasando por alto otras diferencias.

- Son universales porque se encuentran presentes de manera semejante en diversas edades, género y culturas.
- Son de carácter implícito, en tanto los estudiantes no llevan a cabo una “toma de conciencia” de sus ideas y explicaciones.
- No se modifican mediante una enseñanza tradicional de la ciencia.
- Guardan ciertas semejanzas con ideas que se han presentado en la historia de la ciencia.
- Tienen su origen en la experiencia de los sujetos con relación a los fenómenos cotidianos, en la interacción con otros y muchas veces a partir de la enseñanza escolar.
- Frecuentemente, profesores y alumnos comparten las mismas ideas previas.
- Interfieren con lo que se enseña en la escuela, dando como resultado aprendizajes deficientes.

Sin embargo, las “ideas previas” se interpretan como parte de la comprensión propia de los niños (Rengifo & Zambrano, 2009) y constituyen un factor clave para el aprendizaje, ya que todas las acciones de enseñanza estarán encaminadas hacia su reelaboración; esperando que paulatinamente vayan acercándose a las ideas aceptadas por la ciencia. Ellas implican la existencia de una idea que le permite a un sujeto interpretar, de manera espontánea, un proceso o fenómeno y que se expresa como su explicación y no la de un texto, de un profesor o persona calificada.

En concordancia con diversos resultados provenientes de la investigación educativa (Driver, Guesne & Tiberghien, 1985, citados en Driver, 2000), se subraya la necesidad de que las ideas previas sean consideradas como un punto de referencia importante en la planificación y desarrollo de las clases; en tanto los alumnos se acercan a las experiencias de las clases de ciencias con nociones previamente adquiridas, las que influyen de formas diversas sobre lo aprendido a partir de las nuevas experiencias.

Se afirma entonces que la construcción de significados es una construcción personal, por tanto “las observaciones que hacen los niños y sus interpretaciones de las mismas también están influidas por sus ideas y expectativas” (Driver et al., 1985, p. 21) y que “los estudiantes aprenden a partir de lo que ya conocen por medio de un proceso de construcción activa de nuevos significados” (Banet, 2001, p. 200).

En consecuencia, desde hace ya un par de décadas, diversos desarrollos curriculares presentan entre sus fundamentos y consideraciones la conveniencia de que los profesores tomen en cuenta las representaciones de los estudiantes como punto referencial, tanto para la planeación de las actividades como en el desarrollo de estrategias de aprendizaje y de evaluación (ver por ejemplo el Leeds National Curriculum Science Support Project, 1992).

Por ejemplo, para Membiela & Cid (1998), el proceso de diseño de una intervención didáctica inicia con la investigación de las ideas previas, entendiendo que conocer previamente lo que piensan los estudiantes puede mejorar los procesos de aprendizaje; porque permite al profesor adaptar la enseñanza a la comprensión de lo niños mediante el diseño de actividades más adecuadas.

Desde el punto de vista de la didáctica de la ciencia –a diferencia de la ciencia cognitiva- en este artículo no interesa la naturaleza u origen de estas ideas o concepciones como acto de conocimiento, sino las características que revelan por medio de una definición acordada, por ejemplo, de lo que es ‘modelo’ –en este caso el llamado ONEPSI-. Por esta razón, a efectos de tenerlas en cuenta en términos de una enseñanza basada en la elaboración de modelos científicos escolares, preferimos referirnos a estas ideas como “representaciones espontáneas”.

Es importante señalar que el conocimiento que estas representaciones presentan, no es un fin en sí mismo. Su importancia radica no sólo en el hecho de conocer las representaciones de los niños -que pueden ser presentadas en un inventario de pensamientos sin una intencionalidad-, sino en que proporcionan información valiosa sobre importantes construcciones mentales, cuyos rasgos exhibidos pueden representar un obstáculo para apropiarse los conocimientos científicos escolares y por ello, deben ser el punto de partida para la enseñanza de esos saberes.

Es así como en este artículo, interesa traer al presente estas conclusiones para observar su aporte al estado actual de los diseños para la enseñanza de ciertos contenidos de la ciencia, como es el caso de la nutrición humana; y centrados en la modelización de fenómenos asociados a dichos contenidos en el contexto de la ciencia escolar. Por ejemplo, el trabajo de Rivadulla-López, García-Barros & Martínez-Losada (2016), es muy inspirador en tanto identifica las dificultades de aprendizaje de los alumnos para elaborar una visión unificada de nutrición como proceso vital, que conlleva el intercambio de materia y energía con el medio, y

en consecuencia su transformación. A partir de estas ideas y considerando las dificultades históricas sobre la construcción de esta función vital, estos autores presentan un itinerario que aborda progresivamente ciertas ideas clave referidas a los fenómenos asociados a la nutrición humana para planificar su enseñanza.

En consonancia con Rivadulla et al. (2016), el tema de la nutrición implica importantes dificultades de aprendizaje por la complejidad de los fenómenos en los cuales participan varios sistemas (digestivo, circulatorio, respiratorio y excretor –sin prescindir por supuesto de otros como el nervioso) y su relación con la salud humana. Desde la perspectiva de modelizar en la escuela los fenómenos ligados a esta función vital, la detección de estas dificultades surge como un paso trascendental para determinar cuáles son las “demandas de aprendizaje” (Leach & Scott, 2002).

En congruencia con los planteamientos anteriores, se emprendió una revisión de la literatura centrada en las representaciones acerca del aparato digestivo, la digestión y la circulación de nutrientes en el cuerpo humano en estudiantes de educación primaria, como parte de un ejercicio investigativo que pretendió analizar el potencial del concepto de ‘modelo’ elaborado por R. Gutiérrez, para inferir un “Modelo Estudiantil inicial – MEI” (López-Mota & Moreno-Arcuri, 2014) de cómo los estudiantes se representan los fenómenos científicos relacionados con la nutrición humana -el cual nos permita obtener un punto de referencia para la enseñanza-.

EL SURGIMIENTO DEL CONCEPTO DE ‘MODELO ONEPSI’ DE R. GUTIÉRREZ Y SU INTERÉS DIDÁCTICO

Gutiérrez (2001) en su artículo *Mental Models and the fine structure of Conceptual Change* se fundamentó en el modelo mental de De Kleer & Brown (1981) para desarrollar el modelo ONEPSI, que en su definición incorpora componentes ontológicos, epistemológicos y psicológicos para comprender lo que es un modelo científico, pero que bien puede utilizarse para analizar las representaciones espontáneas de los sujetos, como pretendemos sustentar en este texto-.

De Kleer & Brown propusieron una teoría de la mecánica de los modelos mentales para elaborar programas computacionales que permitieran construir “modelos mentales” para “máquinas inteligentes”. Asumieron que las personas construyen modelos mentales cuando observan un sistema físico dinámico y quisieron explicar cómo funciona el sistema y cómo cambia con el tiempo.

Observaron que cuando las personas explican un sistema físico y prevén cómo podría evolucionar, usan modelos causales en tanto el razonamiento para entender los procesos no es lógico sino causal. Dicho de otro modo, las inferencias y predicciones de las acciones del sistema no están basadas en relaciones funcionales sino en interacciones causales. También establecieron que cuando las personas construyen explicaciones para los fenómenos, buscan causas y efectos. Esto se debe a que las personas piensan en lo que pasa en el mundo –partes de él consideradas como un sistema- como consecuencia de la naturaleza de las cosas, lo cual es un compromiso ontológico. Así entonces, si una persona observa un fenómeno y no sabe de dónde viene, buscará causas, algunas de las cuales quizá no existan siquiera o no sean consideradas por los científicos, pero esto responde al principio de causalidad según el cual, no hay un efecto sin una causa.

Un modelo causal aceptable debe ser coherente, correspondiente y robusto. Es coherente si no tiene contradicciones internas; es correspondiente si predice lo que realmente pasará en el sistema externo y es robusto si puede extenderse a otras situaciones nuevas o inesperadas a pesar de que el contexto cambie.

La construcción de un modelo causal atraviesa por suposiciones y ambigüedades que ponen en riesgo la coherencia, la correspondencia y la robustez, porque si al modelo se le evalúan estas características y falla en alguna, será necesario reconstruirlo en otro con una amplia capacidad predictiva. Las suposiciones más comunes son: ignorar causas cuyos efectos están ausentes o son muy pequeños y, asumir que los atributos desconocidos de las entidades son despreciables.

Ahora bien, sobre estos fundamentos de la mecánica del modelo mental, Gutiérrez propuso un mecanismo para monitorear el cambio conceptual para el caso de sistemas físicos dinámicos. A pesar de que el cambio conceptual ha perdido adeptos en los últimos años, en este artículo se rescata el mecanismo (ONEPSI) en tanto parece potente para inferir un MEi sobre nutrición a partir de la revisión de literatura sobre las ideas de los alumnos al respecto. Definir el MEi es un ejercicio central para desarrollar la modelización de los fenómenos en el entorno escolar, ya que proporciona el punto de partida para el diseño y validación de secuencias de enseñanza y aprendizaje.

EL MODELO 'ONEPSI'

Este modelo de Gutiérrez (2001) integra las restricciones ontológicas (ON) y epistemológicas (EP) basadas en creencias personales y en hechos observados en contextos culturales (al igual que el modelo mental de De Kleer & Brown), pero también el componente psicológico (PSI) que mueve a las personas a modificar sus puntos de vista en tanto se replantea la causalidad. De allí surge la nominación ONEPSI.

Treinta y cinco años después de la consolidación de la didáctica de las ciencias -que incluye reconocimientos a los aportes de las ciencias cognitivas, de la computación y de la inteligencia artificial, entre otros- y como consecuencia de los resultados de las investigaciones sobre modelos y modelización en la ciencia escolar (varias de las cuales se interesan por caracterizar y categorizar modelos antes que por definirlos); el modelo ONEPSI surge como un fundamento que da cuenta de lo que es un modelo científico, pero que apropiadamente se puede aplicar para expresar las representaciones utilizadas por los sujetos o la ciencia misma a fin de explicar y predecir el comportamiento de fenómenos estudiados por ella y que presentan valor educativo. Esto puede ser asumido de esta manera, debido a que tanto científicos como estudiantes de ciencia, se enfrentan a la misma situación y en los mismos términos: dar cuenta del mundo real externo al sujeto y con la intención de poder explicar por qué suceden ciertos eventos tal como lo hacen y poder adelantar su comportamiento.

El aporte de la definición de modelo científico de Rufina Gutiérrez, está en que es ontológica lo cual ha sido ratificado recientemente: el concepto se sitúa como una "... *instancia crítica* desde la cual valorar las variadas definiciones de modelo científico y de las funciones atribuidas a los mismos, que se encuentran en los distintos autores" (Gutiérrez, 2014, p. 50). Esto ayuda a unificar criterios para decidir qué es un "modelo científico" lo cual ha resultado difícil por la variedad de nociones que existen en la literatura y entre los expertos (Gutiérrez, 2005; Oh & Oh, 2011; Adúriz-Bravo, 2013; Gutiérrez, 2014).

Visto así, sin que importe cuál es el área de conocimiento en cuestión –biología, física o química- o el sujeto que conoce –científico o aprendiz de ciencia, porque ambos pretenden explicar y predecir el comportamiento de fenómenos-, Gutiérrez (2014) propone que los constituyentes ontológicos de un modelo científico son los siguientes:

-“Un *conjunto de entidades* (modelo objeto) con sus propiedades especificadas; y
-Un *conjunto de enunciados legales*, relativo a los comportamientos de las entidades consideradas en el modelo objeto” (p. 50).

Otro aspecto valioso en el ONEPSI es que incorpora a la definición las funciones de un modelo científico: la explicación y la predicción, funciones sobre las cuales, por una parte hay consenso entre las diferentes tendencias epistemológicas y por otra, son propias de un sistema hipotético – deductivo, muy afín al pensamiento causal. Veamos por qué.

Tradicionalmente se ha entendido que explicar un fenómeno, suceso o hecho del mundo, es reducirlo a sus causas. La función ‘explicativa’ del modelo alude al qué, por qué, para qué, y el cómo de las cosas y de los sucesos del mundo, es decir, a dar razones que expresan mediante el lenguaje, conceptos, causas, descripciones, génesis o leyes (como las leyes naturales).

Cuando se le atribuye una determinada propiedad o conjunto de propiedades al objeto o suceso del mundo que está siendo explicado, queda relacionado de manera coherente con otros en un conjunto o sistema. Sin embargo, dicho conjunto o sistema debe estar previamente definido y ser conocido o aceptado como válido por todos los interlocutores. Se trata de una inclusión lógica, no meramente lingüística, que implica asimismo una validez reconocida por una comunidad competente.

Se acepta que una explicación es válida, cuando al repetir las mismas condiciones del fenómeno, hecho o suceso, se producen los mismos efectos (en el terreno de los hechos, cuando se trata de sucesión de hechos), o se pueden dar las mismas explicaciones (cuando se trate de comprensión de significados de conceptos o discursos), para cualquier observador humano en iguales circunstancias.

El conocimiento de la explicación debe permitir predecir el comportamiento de los sucesos o el contenido de los discursos respecto al mismo objeto de referencia, lo que vendría a constituir de alguna forma un “dominio sobre la naturaleza” (tal como lo diría Francis Bacon) y la perfección del conocimiento como verdad.

En el modelo ONEPSI, la explicación del fenómeno queda plasmada en la estructura y funcionamiento del mismo, mientras que los “enunciados legales” dan cuenta del comportamiento del fenómeno ya sea de forma cuali o cuantitativa.

En resumen, un modelo científico es una representación de un sistema real o conjeturado, consistente en un conjunto de entidades con sus principales propiedades explicitadas, y un conjunto de enunciados legales que determinan el comportamiento de esas entidades. Las funciones esenciales de un modelo son la explicación y la predicción. (Gutiérrez, 2014, p. 50)

Dado que esta definición de “modelo científico” presentada por Gutiérrez (2014) ya es una aproximación ontológica, consideramos que vale la pena relacionar los constituyentes ya señalados por el modelo ONEPSI: los epistemológicos y los psicológicos, por su aporte a la comprensión de la modelización de los fenómenos (de valor educativo) en clase de ciencias. Esta definición quedaría representada en la Figura 1.

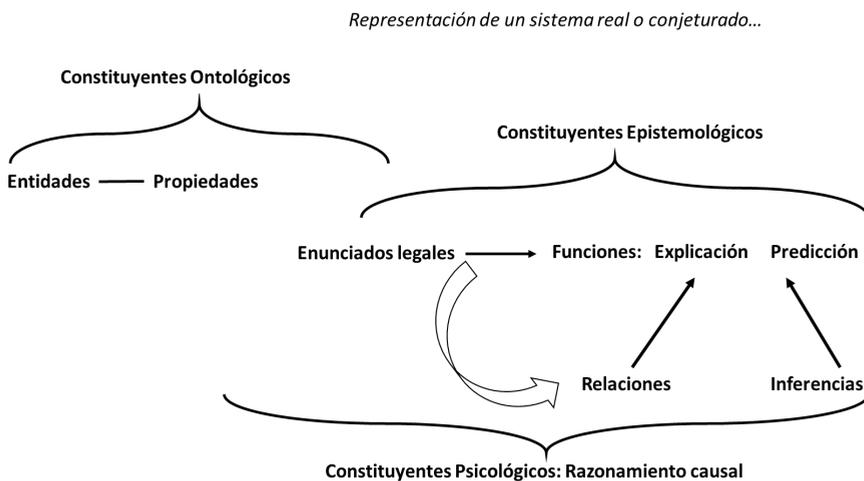


Figura 1. Definición de Modelo Científico de acuerdo con Gutiérrez, 2014 - ONEPSI

La flecha curva que relaciona los enunciados legales con las funciones del modelo científico, busca expresar que la relación entre los distintos constituyentes apunta a que el modelo elaborado sea útil para predecir y explicar el comportamiento del fenómeno. Cabe añadir que también sirve para describir la función del MEi (por ser ‘inicial’ – previo a la modelización dentro de la actividad científica escolar).

El objetivo central de este artículo es presentar el modelo ONEPSI de Gutiérrez como una herramienta cuya definición es acorde a los consensos actuales sobre lo que se entiende en didáctica de las ciencias por “modelo científico”; herramienta que resulta útil en tanto sus constituyentes (ontológicos, epistemológicos y psicológicos) permiten inferir un modelo estudiantil inicial – MEi, a partir de la revisión de la literatura relacionada con las representaciones que los alumnos traen a la clase de ciencias naturales.

Se asume así que tales representaciones pueden ser interpretadas como modelos de los estudiantes (modelos estudiantiles), que en la planificación de la secuencia de enseñanza se ubican al inicio de la intervención (iniciales) pero no son ‘previos’ a ella, porque en el marco de la modelización de los fenómenos estos modelos son parte de la actividad científica escolar en tanto el profesor coloca al alumno en posición de cuestionarlos y construir otros.

Este ejercicio es de fundamental importancia como punto de partida para modelizar –mediante la enseñanza- los fenómenos naturales de valor educativo, lo cual marca la diferencia entre esta perspectiva teórica y aquellas que se basan en la exploración de las ‘ideas’ de los alumnos como paso previo para la enseñanza. Así entonces, se reconoce que los trabajos hechos sobre los aportes de autores como Rosalind Driver, Michelene T.H. Chi o Peter W. Hewson –entre otros- destacan la necesidad de conocer las ideas de los alumnos frente a ciertos contenidos, lo cual ha sido una de las mayores contribuciones para la didáctica de las ciencias, pero en este artículo se resalta que desde una visión de la modelización de los fenómenos de la ciencia, el propósito de la indagación de las representaciones espontáneas de los sujetos acerca de los mismos, es analizar sus características ontológicas, epistemológicas y psicológicas –mediante la adopción de una definición o postura- y, no, mediante la determinación de la naturaleza u origen de tales representaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomó como referente la nutrición humana para la aplicación del modelo ONEPSI, por ser un tema trabajado por los investigadores y conocido por los profesores; cuyos contenidos se encuentran inmersos en los currículos escolares - en muchos de ellos, camuflados detrás de los temarios a enseñar como suele pasar con los contenidos fragmentados sobre los sistemas digestivo, circulatorio y respiratorio, que también suelen dejar de lado a los sistemas excretor y nervioso-.

Como ya se ha expresado, se asume que la información proveniente de la literatura especializada –bajo diversas denominaciones-, acerca de la manera de pensar de los estudiantes, permite inferir un MEi . Esta consideración implica en primer lugar homogeneizar dicha información y expresarla en modelos, a partir de las ideas previas u otras denominaciones reportadas en la literatura y circunscrita por edad o disciplina. Pero estos modelos iniciales de los alumnos también pueden obtenerse de manera directa a través de la recolección de información con muestras de estudiantes con los que se va a promover la modelización.

El análisis de estos estudios sugiere que, independientemente del enfoque teórico o conceptual asumido en ellos (“ideas previas”, como se precisa en este artículo), es posible interpretar los hallazgos como el resultado de representaciones espontáneas elaboradas por los estudiantes respecto de un fenómeno (como por ejemplo aquellos relacionados con la nutrición humana), coincidiendo con lo que se ha llamado MEi.

La revisión de la literatura se centró en las ideas previas acerca de la digestión y sus relaciones con la circulación de nutrientes en el cuerpo humano, la respiración y la excreción, en estudiantes de educación primaria en el contexto de fenómenos de valor educativo.

¿CÓMO ENTENDER LOS “FENÓMENOS DE VALOR EDUCATIVO”?

Hasta ahora, el criterio para la selección de contenidos para la educación en ciencias naturales, es que se elijan fenómenos del mundo real explicados por la ciencia. Estos fenómenos tienen valor para la ciencia, pero no necesariamente para quienes necesitan una educación científica. A modo de ejemplo, los fenómenos relacionados con la nutrición son de importancia en la biología y han sido llevados como tal a los currículos escolares. Sin embargo, éste no debería ser el único criterio a tener en cuenta para la construcción del currículo; sino que debieran de explicitarse el valor educativo y posibilidad de modelización para ser incluidas en él.

Se plantea entonces que en clase de ciencias un fenómeno interesante de modelizar por los alumnos –desde el punto de vista social y científico-, es por ejemplo el de los desórdenes alimenticios: la obesidad o la anorexia. La obesidad es un fenómeno dentro de la nutrición, pero se selecciona por su valor educativo, dado que es un problema de salud pública en países como México y Estados Unidos (Shamah, Amaya & Cuevas, 2012). Ahora bien, si dicho valor no está presente en otros países

o contextos, lo que haría el profesor es seleccionar otro fenómeno a modelizar dentro de la nutrición humana, que sea significativo para la sociedad, la ciencia y los alumnos en cuanto les es familiar. Dicho fenómeno puede ser la desnutrición, por ejemplo, en países africanos. En todo caso, habría que profundizar más para establecer los criterios que permitan seleccionar fenómenos que caben en el marco del conocimiento científico.

El valor educativo de estos fenómenos se define por su significatividad y relevancia para los alumnos en el contexto cotidiano y ciudadano en el cual se desenvuelven. Esto imprime una exigencia a los currículos para la educación científica, porque tales fenómenos deben corresponder con modelos que doten de sentido el mundo de los alumnos y que puedan aplicarse para explicar otros fenómenos afines. Esta limitación puede generar una contradicción entre lo que puede ser significativo para ellos y los contenidos curriculares de los programas oficiales.

La revisión de literatura se realizó sin pretensiones de exhaustividad, sobre los trabajos de investigación relativos a “ideas previas”, “ideas alternativas”, ‘preconcepciones’, ‘*misconceptions*’, “ideas alternativas” y ‘modelos’ sobre nutrición humana, publicados entre 1985 y 2009 en las principales revistas de educación en ciencias (ver Tabla 1).

Los principales resultados de las investigaciones se agruparon en categorías identificadas por las funciones sistémicas que involucran los fenómenos de la nutrición humana, en relación con el objetivo principal de la investigación relatada en el artículo que se estuviese revisando (ingestión, digestión, absorción); pero también con otras categorías emergentes que surgen de las relaciones e inferencias susceptibles de ser establecidas por los alumnos. Estas categorías son: “absorción y circulación”; “ingestión y respiración”, así como “digestión y excreción”.

Para ello, se utilizó como base la conceptualización del ONEPSI (Gutiérrez, 2014) expresada en la Figura 1 para construir la Tabla 1, a fin de inferir de las representaciones de los alumnos sobre la nutrición humana, los constituyentes y funciones del ONEPSI en la forma de un MEi. Es decir, se tomaron los resultados de los estudios sobre las representaciones de los alumnos y se desagregaron de acuerdo con entidades, propiedades, relaciones, reglas de inferencia y como se mencionó antes, con las categorías sugeridas pero sin salirse de los resultados reportados en los artículos revisados.

Tabla 1. Modelo Estudiantil inicial – MEi sobre nutrición humana de estudiantes de educación primaria (5-14 años)

Fenómeno educativo de valor [Representación de la transformación de los alimentos y aprovechamiento de los nutrientes dentro del cuerpo humano]				
INGESTIÓN (Banet & Núñez, 1987, 1988; Núñez & Banet, 1996, 1997; Cubero, 1996; Garrido et al., 2005)				
Constituyentes ontológicos		Constituyentes epistemológicos		Constituyentes psicológicos
Enunciados legales				(Causalidad)
Entidades	Propiedades	Relaciones	Inferencias	
		Describir	Predecir	Explicar
Boca Dientes Saliva	<ul style="list-style-type: none"> - La boca es capaz de retener los alimentos. - Los dientes son capaces de triturar el alimento. - La saliva es capaz de suavizar los alimentos. 	El alimento permanece en la boca y ahí los dientes lo trituran y el contacto con la saliva permite suavizarlo.	Si no se mastica la comida, entonces es difícil pasársela entera.	La comida se vuelve masa porque la saliva la ablanda y así facilita pasarla.
Laringe	Capaz de conducir el alimento de la boca al estómago.	Cuando se toma aire, que pasa por la laringe, se infla el estómago.	<ul style="list-style-type: none"> - Si se habla y come simultáneamente, entonces hay riesgo de ahogarse. - Si se tose fuerte, entonces puede ocurrir vómito. 	Existe un trayecto común para las vías digestiva y respiratoria, por lo que el alimento y el aire pueden terminar en el estómago o bien producirse un vómito que termine en la boca.
DIGESTIÓN (Contento, 1981; Banet & Núñez, 1987, 1988 y 2006; Cubero, 1988, 1996, 1998; Teixeira, 2000; Garrido et al., 2005; León-Sánchez et al., 2005)				
Estómago	<ul style="list-style-type: none"> - Está hecho para comer. - Es receptor de las secreciones del hígado o páncreas. - Tiene capacidad para comenzar y terminar la digestión. - Es capaz de absorber las sustancias. - Algunos alimentos no absorbidos por el estómago luego son expulsados. - El estómago duele, hace ruidos, se puede tocar, se siente 		<ul style="list-style-type: none"> - Si se come mucho, entonces duele el estómago. - Si se come mucho, entonces hay riesgo de vomitar la comida. 	

Intestino/ Intestino grueso	<ul style="list-style-type: none"> - Está situado entre el estómago y el intestino delgado. - Tiene capacidad para recibir las sustancias de desecho. - En el intestino se forman gases que cuando salen huelen mal y hacen ruido. 	<ul style="list-style-type: none"> - Los desechos pasan por el intestino y salen del cuerpo. 	El alimento no absorbido por el estómago es desechado por el intestino, porque ya no le sirve al cuerpo.	
Hígado y Páncreas	<ul style="list-style-type: none"> -Están conectados con el intestino grueso. -El páncreas es el más importante en la digestión. -El páncreas ayuda a absorber los alimentos. -No se relacionan con la digestión 	[No son órganos susceptibles a la percepción de los alumnos (Cubero, 1996)]		
Jugos digestivos	<ul style="list-style-type: none"> -Facilitan la digestión. -Hay un ácido que se mezcla con los alimentos (Contento, 1981; Sauvageot-Skibine, 1991) 	Los antiácidos mejoran la digestión.	Si la comida cae mal, entonces se siente acidez.	
ABSORCIÓN				
Sustancias 'buenas' y 'malas'	<ul style="list-style-type: none"> -Las sustancias 'malas' de la comida se desechan por el intestino. -Las sustancias 'buenas' se quedan en el estómago. 	[Los medios de comunicación y ciertos contextos sociales como el familiar, refuerzan ideas sobre sustancias 'buenas' y 'malas'].	<ul style="list-style-type: none"> Si se comen sustancias 'buenas', entonces el cuerpo las retiene. Si se comen sustancias 'malas', entonces el cuerpo las desecha. 	[El proceso digestivo consiste básicamente en descomponer el alimento, haciéndolo más pequeño y aislar sus elementos. Visión mecanicista del proceso digestivo].

<p>Comida Alimento</p>	<p>-El estómago tiene la capacidad de retener la comida nutritiva. -El intestino grueso tiene la capacidad de absorber la comida nutritiva y el intestino delgado de desechar la que no se aprovecha.</p>	<p>[La absorción de nutrientes no es un fenómeno perceptible].</p>	<p>-Si el estómago retiene la comida nutritiva, entonces no llega a otras partes del cuerpo. - Si el intestino delgado recibe la comida que se desecha, entonces la expulsa.</p>	
	<p>Los alimentos pasan por el cuerpo y cambian (Contento, 1981; Wellman & Johnson, 1982).</p>		<p>Si los alimentos salen del cuerpo antes de finalizar la digestión, entonces su aspecto, color, olor, forma y sabor serán distintos.</p>	<p>- La comida sufre transformaciones en el cuerpo. - Los alimentos se transforman en la boca porque son triturados, cortados, reblandecidos, molidos [sin referencia a transformaciones químicas].</p>
	<p>El alimento ingerido puede transformarse en sangre o células (Teixeira, 2000).</p>	<p>[Esta transformación no es perceptible].</p>		
	<p>- Es capaz de transformarse durante su tránsito por el cuerpo ya que puede convertirse en sangre, (enriquecerla) o en células. - Las sustancias nutritivas obtenidas por la digestión son innecesarias para ciertos órganos como los huesos, el corazón, el cerebro o los pulmones. -Es la ingestión de los alimentos. -Consiste en el tránsito de los alimentos por el tubo digestivo. -Consiste en la separación de las sustancias 'buenas' de las 'malas'. -Es la incorporación de compuestos a la sangre. (Núñez & Banet, 1996, 1997)</p>	<p>El aspecto de los alimentos cambia cuando entran al cuerpo. Los alimentos son absorbidos por el cuerpo (manos, cabeza, pies) [sin indicarse cómo], lo cual no es perceptible. - Los alimentos que contienen agua llegan al estómago, donde se mezclan con los jugos gástricos; pero su digestión continúa por los riñones.</p> <p>[La absorción no es perceptible].</p>	<p>- Si los alimentos transitan por el "tubo digestivo", entonces se absorben. - Si no hay alimento en el cuerpo, entonces éste no crece. -Si los alimentos son sólidos, pasan por el intestino, y entonces se eliminan como desechos sólidos. -Si los alimentos son líquidos, entonces se eliminan por las vías urinarias.</p>	<p>- La comida sufre transformaciones en el cuerpo y hasta se absorbe [pero no hay explicación de por qué sucede esto].</p>
<p>Vellosidades intestinales</p>	<p>Tienen capacidad para absorber nutrientes [pero no son perceptibles].</p>	<p>[Las vellosidades intestinales no son perceptibles].</p>		
<p>ABSORCIÓN Y CIRCULACIÓN (Arnaudín & Mintzes, 1985; Pérez de Eulate, 1992; Banet & Núñez, 2006)</p>				

Corazón	- El corazón tiene la capacidad de transformar la comida 'buena' en sangre y distribuirla a todo el cuerpo.		Si el corazón bombea la sangre, entonces también bombea la comida buena.
Sangre	- La sangre es un líquido rojo cuya naturaleza y función no se relacionan con la nutrición; es mantener la vida [sin decirse cómo]. - La sangre tiene capacidad de transportar las sustancias obtenidas en la digestión	-[El transporte de nutrientes no es perceptible]	La sangre es un líquido vital, para el organismo [pero no queda clara su relación con la nutrición].
INGESTIÓN Y RESPIRACIÓN (Banet & Núñez, 1990; Leeds National Curriculum Science Support Project, 1992, Garrido et al., 2005)			
Nariz	-Respirar es tomar aire por la nariz o por la boca y volver a expulsarlo.	Cuando se toma aire, que pasa por la laringe, se infla el estómago.	- Al hablar y comer simultáneamente, hay riesgo de ahogarse. - Al toser fuerte, puede ocurrir vómito.
Boca			Existe un trayecto común para las vías digestiva y respiratoria.
Barriga	-El aire va a la nariz o a la boca y vuelve a salir.		
Aire	-El aire va a la nariz o a la boca y luego va a la barriga.		
DIGESTIÓN Y EXCRECIÓN (Banet & Núñez, 1988; Cubero, 1996 y 1998; Prokop, Fančovičová & Tunnicliffe, 2009).			
Agua	- La orina es un líquido que no le sirve al cuerpo y se desecha.	- Los alimentos que contienen agua llegan al estómago, donde se mezclan con los jugos gástricos; pero su digestión continúa por los riñones.	-Si los alimentos son sólidos, pasan por el intestino y, entonces, se eliminan como desechos sólidos. -Si los alimentos son líquidos, se eliminan por las vías urinarias.
Estómago			[Existen vías separadas para los alimentos sólidos y líquidos.]
Jugos gástricos	- La orina es amarilla, caliente y tiene un olor característico.	- El aspecto de los desechos que se eliminan por vía intestinal y de los que se eliminan por vía urinaria es diferente.	
Tubo			
Riñones			
Vejiga			
Intestino			
Materia fecal			
Orina	La materia fecal es un desecho que se elimina vía intestinal y es diferente de los que se eliminan por vía urinaria. La orina contiene líquidos que no han sido absorbidos por el sistema digestivo.		[Esos líquidos son productos de la 'defecación' y no propiamente de 'excreción' (Cabello et al., 1990; Clément, 1991; Pérez de Eulate, 1992)]
Tubos	Por dentro del cuerpo hay 'tubos' por donde circulan los alimentos.		[Existe comunicación directa entre los sistemas digestivo y excretor para la eliminación de desechos, de tal forma que a partir de un determinado nivel del tubo, los sólidos y los líquidos siguen caminos diferentes: los líquidos hacia el aparato excretor renal y los sólidos hacia el ano].

Para configurar el MEi, las expresiones de los alumnos se interpretaron a la luz de la definición de 'modelo' de Gutiérrez (2014, "... representación de un sistema real o conjeturado, consistente en un conjunto de entidades con sus principales propiedades explicitadas..."), respetando la forma de pensar del estudiante, pero enunciándolas en forma de 'propiedad' en la columna correspondiente, mostrando interacción entre las entidades en forma descriptiva dentro de la columna 'relaciones' y suponiendo de manera lógica las 'inferencias' para dar cuenta de cómo son las explicaciones y predicciones de los alumnos.

A continuación, se hizo la síntesis en forma de un discurso que diera cuenta de cómo modelizan los alumnos de primaria el fenómeno de la nutrición en términos de las transformaciones que sufren los alimentos dentro del cuerpo y su aprovechamiento.

La Tabla 1 muestra estos hallazgos organizados por las categorías ya mencionadas. Lo primero que es necesario aclarar es que, en general, los resultados revisados se dieron en el contexto de situaciones familiares sobre la nutrición; a las que los niños/as fueron expuestos para explicitar sus ideas. Por ejemplo, se les pedía a los niños que dibujaran qué les pasa a un pan y a un vaso de jugo de fruta cuando los comen. Visto así, la situación es consistente con lo que en la visión modelos/modelización de las secuencias de enseñanza y aprendizaje se identifica en este artículo como "fenómeno de valor educativo" para la educación en ciencias.

Con la pretensión de aplicar la conceptualización del ONEPSI a los hallazgos reportados sobre las representaciones de los niños en torno a la nutrición humana, en la Tabla 1 se identificó entre paréntesis cuadrados que el fenómeno educativo de valor alude a "Representaciones de la transformación de los alimentos y aprovechamiento de los nutrientes dentro del cuerpo humano". Desde este punto de vista, la presentación del fenómeno para los alumnos durante una secuencia de enseñanza y aprendizaje diseñada para promover la modelización, puede ser: ¿por qué las personas engordan?

La división en tres grandes columnas, señala los constituyentes del ONEPSI. Las entidades y propiedades de los constituyentes ontológicos, fueron relativamente fáciles de identificar en las respuestas de los niños.

Los enunciados legales se colocaron como parte de los constituyentes ontológicos, pero también como parte de los epistemológicos. La razón, es que estos enunciados

aluden al comportamiento del fenómeno bajo la forma de interacción que adoptan las relaciones entre entidades –con sus debidas propiedades-. Así, para el caso del análisis de las ideas de los niños, los enunciados legales implican vinculaciones entre entidades con sus propiedades en la forma de relaciones causales; pero también los enunciados legales incluyen inferencias propias del comportamiento del fenómeno bajo ciertas condiciones. De esta manera, las relaciones tienen que ver con la descripción y explicación del fenómeno, mientras que las inferencias, con la predicción del mismo. La asignación de causalidades y postulación de relaciones o interacciones entre entidades, es la que realiza el alumno para entender el mundo y que páginas atrás se sugería como propia de un modelo que es ‘inicial’. Como se observa en la Tabla 1, las descripciones hechas por los niños, son las que los distintos investigadores han identificado como procedentes de un razonamiento basado en ciertas características observables de una situación problemática (Driver, Guesne & Tiberghien, 1985, p. 291).

Hay que recordar que la causalidad se adscribe al constituyente psicológico. Al aludir al modo habitual de pensar sobre el mundo, éste se expresa particularmente en las inferencias por las funciones de predicción y en los ‘mecanismos’ explicativos del modelo -en tanto si hay un efecto es porque hay una causa-. Dado que las respuestas de los niños no suelen ser generosas en estos componentes, se tomaron como base los análisis de los investigadores para inferir -hasta donde fue posible- las descripciones, predicciones y explicaciones. Estos análisis son los que aparecen dentro de paréntesis cuadrados en los contenidos de la Tabla 1.

RESULTADOS

Como ya se ha consensuado, los hallazgos indican las coincidencias en el modo de pensar de los niños entre los 5 y los 14 años aproximadamente, al menos en el mundo anglosajón e hispano. Se encontró que diversos estudios (Arnaudin & Mintzes, 1985; Banet & Núñez, 1988, 1989, Núñez & Banet, 1996; Cubero, 1996 y 1998; Garrido et al., 2005; León-Sánchez et al., 2005), realizados sobre la manera como conciben los estudiantes de primaria el proceso digestivo, han puesto de manifiesto que, desde pequeños, niños y niñas son conscientes de la necesidad de los alimentos para vivir, para crecer, etc. Además, ellos, tienen muchas y variadas explicaciones sobre la digestión, la circulación y la ubicación de algunos órganos del sistema digestivo humano.

Desde una visión general, resulta llamativo observar que los datos se concentran en la mitad izquierda de la Tabla 1, pero tienden a escasear en la parte derecha. Una de las razones tiene que ver con el diseño metodológico de las investigaciones que dieron lugar a los artículos revisados. En efecto, sus objetivos no se relacionaban con modelos ni con modelización, sino con la detección de ideas (previas, alternativas, erróneas...).

Pero también se considera que otra razón puede estar en los currículos de ciencias: Si se contrasta la época de realización de estas investigaciones con los contenidos de ciencias presentes en los currículos escolares, lo que se observa es la tendencia a dar en clase de ciencias una mayor importancia a lo que sería la introducción de entidades y propiedades, como por ejemplo: sistema digestivo, órganos del sistema (entidades) y funciones de cada órgano (propiedades), con alusión a algunos constituyentes epistemológicos (relaciones: entre los órganos del sistema y con representaciones gráficas para exponer la relación de la digestión con la circulación y la respiración), pero sin darle la relevancia que se requiere a los constituyentes epistemológicos y psicológicos; relevancia que se logra con la consideración articulada de los tres aspectos –ontológicos, epistemológicos y psicológicos de los modelos iniciales de los estudiantes- y por supuesto, con la modelización progresiva de la nutrición que puede tener lugar de una forma afín a como Rivadulla et al. (2016) sugieren la planeación de la enseñanza.

Al visualizar el modelo estudiantil desagregado en la Tabla 1 y compararlo con los contenidos curriculares sobre la nutrición humana que suelen ser comunes para el área de ciencias naturales en primaria (los sistemas digestivo, respiratorio, circulatorio y excretor con sus órganos y funciones), se dedujo el siguiente MEi.

MODELO ESTUDIANTIL INICIAL (MEi) A PARTIR DE REPRESENTACIONES DE ALUMNOS DE EDUCACIÓN PRIMARIA

Ingestión

Los alimentos [comida] son ingeridos por la boca, en donde los dientes los trituran y se mezclan con la saliva que los ablanda [sin mencionarse la acción enzimática de la saliva sobre alimentos que contienen almidones o grasas] y se vuelven una masa; para luego pasar por la laringe [se confunde con la faringe] y que puedan ser tragados [sin mencionar la lengua como responsable de trasladar el bolo alimenticio hacia la faringe] que los conduce al estómago [sin mención al esófago]. Al tomar aire

por la nariz o por la boca, se infla la barriga o el estómago y cuando una persona come y habla a la vez se puede ahogar y si tose fuerte puede vomitar [porque los alimentos y el aire pasan por la misma vía; si bien pueden compartir un tramo la vía respiratoria y la vía digestiva].

La ingestión e inicio de transformación de los alimentos es identificada desde el punto de vista mecánico pero no enzimático, a partir del contacto del bolo alimenticio con la saliva. La conducción de éste hacia el estómago presenta indiferenciación entre la vía respiratoria para el aire y la vía conductora de los alimentos.

Digestión

El estómago es el órgano donde se realiza la digestión y donde se absorben [hay confusión con estas funciones] las sustancias ‘buenas’ [no se refiere particularmente a proteínas, azúcares o grasas que requiere el cuerpo]. Los jugos digestivos [no se alude específicamente a los jugos gástricos] facilitan la digestión porque se mezclan con los alimentos, pero también producen acidez cuando hay mala digestión. Sin embargo, si una persona toma antiácidos mejora la digestión, pero cuando come mucho, le duele el estómago o vomita [aludiendo a las sensaciones que se experimentan].

Las sustancias ‘malas’ [no se refiere a los materiales que el cuerpo no requiere en términos nutricionales, sino a materiales de desecho] llegan al intestino [no se identifica el intestino delgado ni se diferencian sus funciones digestivas ni de absorción o se confunden con las del intestino grueso] y de allí son expulsadas al exterior [no se mencionan las vellosidades intestinales y el intestino –en general– aparece como un órgano de excreción pero no de absorción]. También participan el hígado y el páncreas que se conectan con el intestino grueso [hay confusión con la ubicación de estas glándulas y no se alude a los jugos que producen para actuar químicamente sobre los alimentos]. Durante la digestión el estómago hace ruidos, se mueve y produce gases [‘estómago’ es un término que incluye los intestinos].

El alimento en transformación proveniente de la cavidad bucal, llega al estómago en donde se realiza la digestión y la absorción de nutrientes; separándose en sustancias que se absorben y otras que se desechan. En el primer caso, no se explicita cómo es que los alimentos se absorben. En el segundo, tampoco quedan claras las razones por las cuales los alimentos son expulsados. En ambos casos no se tiene claridad sobre el papel de los intestinos delgado y grueso, siendo meros

conductos para expulsar por el ano los alimentos no absorbidos. La participación de otros órganos como hígado y páncreas en la transformación del alimento que llega al estómago, no es especificada en su contribución a la transformación de los alimentos para su absorción.

Absorción y circulación

Durante la absorción, las sustancias ‘buenas’ se separan de las ‘malas’. El corazón transforma la “comida buena” en sangre o la transporta [hay confusión con las funciones de los órganos que hacen parte del sistema circulatorio y con las del tejido sanguíneo] y la lleva a todo el cuerpo [no se mencionan los nutrientes que fueron absorbidos ni cómo son transportados por medio de capilares y arterias] aunque hay órganos que no la necesitan [a modo de ejemplo, los alumnos mencionan los huesos o el corazón]. Dado que los alimentos y el aire pasan por la misma vía, hay una relación estructural entre ingestión y respiración pero no una funcional entre respiración y absorción [no se menciona el paso de la sangre por los alvéolos pulmonares para el intercambio de oxígeno por gas carbónico, ni el papel del oxígeno en la obtención de energía necesaria para la construcción de nuevos compuestos].

Existe la idea de que las sustancias ‘buenas’ son transformadas en el corazón en sangre y ésta es transportada a todo el cuerpo –excepto a aquellos lugares como huesos y otros que no la necesitan-, pero sin claridad en las funciones del sistema circulatorio y las del tejido sanguíneo. La llegada al corazón de los nutrientes ‘buenos’ convertidos en sangre, es únicamente con el propósito de ser bombeados por el corazón al sistema circulatorio que va a todo el cuerpo, pero no aparece la razón del paso de la sangre por los alveolos pulmonares y la obtención de energía para la formación de nuevos compuestos que serían parte de la biomasa corporal.

Digestión y excreción

Los alimentos que contienen agua llegan al estómago y se mezclan con los jugos gástricos pero su ‘digestión’ continúa por los riñones, la vejiga –sin explicarse la ubicación y función de ellos- y salen al exterior en forma de orina [no se mencionan las venas que transportan sangre para ser filtrada por los riñones y se confunde la digestión con la excreción].

Con esta idea de la nutrición humana, es difícil que los alumnos de primaria comprendan por qué una persona puede engordar o vivir en la desnutrición.

DISCUSIÓN

Al aplicar el concepto ONEPSI sobre 'modelo' propuesto por Gutiérrez (2014), el MEi inferido de los estudios revisados sobre las representaciones de los alumnos en torno a la transformación de los alimentos y aprovechamiento de los nutrientes dentro del cuerpo humano, se observa que los alumnos no mencionan órganos fundamentales y los confunden entre sí o entre sus funciones; así, la digestión no aparece relacionada con la circulación, ni con la respiración ni con la excreción. Respecto a los procesos de ingestión, digestión y absorción, el menos mencionado es este último -en tanto la evidencia de su ocurrencia no es perceptible para los alumnos-. Este hallazgo parece relacionado con que los currículos de ciencias naturales han prestado cierta atención a los constituyentes ontológicos antes que a la construcción de un modelo científico escolar de nutrición humana, en tanto los constituyentes epistemológicos y psicológicos se expresan débilmente en las representaciones de los alumnos.

Al respecto, el MEi se queda en el plano perceptible (de los materiales que entran y salen del cuerpo y las sensaciones que producen al hacerlo), lo cual explica por qué las representaciones no pasan del plano mecanicista de los procesos nutricionales al plano fisiológico en el cual se establecen las relaciones entre sistemas. Así, tampoco ofrece opciones para reconstruir la nutrición en el plano bioquímico, la cual requiere de representaciones de entidades atómicas y moleculares a nivel celular.

El MEi inferido mediante el ONEPSI indica así el camino para establecer al menos dos tipos de demandas de aprendizaje. El primero tiene que ver con la necesidad de que los alumnos configuren relaciones adecuadas entre las entidades y sus propiedades (los sistemas que participan en la nutrición y sus funciones). El segundo tipo de demanda es que puedan hacer predicciones y explicaciones en las cuales la nutrición se concibe dentro del marco de la teoría celular y la comprensión de un organismo que interactúa con el medio (García, 2005; Rivadulla et al., 2016).

CONCLUSIONES

El concepto de 'Modelo' ONEPSI elaborado por R. Gutiérrez, resultó ser una herramienta didáctica útil para inferir un MEi a partir de la revisión de la literatura relacionada con las ideas de los alumnos sobre la nutrición humana: el proceso de

nutrición para alumnos de primaria que terminan ese ciclo educativo, parece dividirse en cuanto a su comprensión en dos etapas: la que incluye ingestión y digestión, por un lado y por la otra, absorción, circulación y excreción.

En la primera se reconocen mayor número de entidades intervinientes en el proceso de la nutrición, así como propiedades de algunas entidades y las relaciones entre ellas, advirtiéndose algunas reglas de inferencia. En la segunda etapa, se observa por un lado, una menor identificación de entidades y sus propiedades –muy probablemente por realizarse procesos micro en lo que respecta a la función de los vasos sanguíneos y su relación con el sistema circulatorio, así como con lo sucedido con los alimentos a nivel químico para transformar los alimentos en nutrientes que pueden ser absorbidos y que son fuente de energía -, y por otro, la dificultad que tienen los alumnos para identificar reglas de inferencia en el comportamiento del sistema.

De esta manera, la representación que tienen los alumnos de estas edades sobre la nutrición humana, está centrada en modificar el alimento en la boca, seguir una trayectoria que lo lleve al estómago y ahí absorberse o desecharse. Pero este modelo se debilita al imaginar lo que sucede a partir del estómago –ya sea para asimilarse o expulsarse-, siendo evidente la ausencia de entidades y propiedades que tienen que ver con el comportamiento físico-químico de las sustancias.

El MEi derivado de la aplicación del ONEPSI permite a los profesores de ciencias naturales tomar algunas decisiones sobre qué y cómo enseñarles ciencias a sus alumnos, en el marco de una enseñanza pensada para entender el mundo mediante modelos elaborados en la escuela, pero en consonancia con los modelos científicos.

Este instrumento se convierte así en parte de un metaproceso didáctico de modelización sobre el cual se intentará volver en otras publicaciones en tanto se trata de una herramienta teórico – metodológica que determina las metas a alcanzar en términos de modelización, frente a determinados fenómenos (con valor educativo).

La Tabla 1 indica así la importancia de encontrar abordajes didácticos que ayuden a los alumnos a pensar el mundo científicamente. Hoy en día, hay consenso en que este abordaje es el de los modelos y la modelización de fenómenos educativos de valor mediante modelos científicos escolares, cuya construcción sea posible durante la realización de una actividad científica escolar. El reto es que los profesores de ciencias necesitan formación didáctica para asumir este abordaje.

REFERENCIAS

- Adúriz-Bravo, A. (2013). A 'semantic' view of scientific models for science education. *Science y Education*, 22(7), 1593-1611.
- Arnaudín, M.W. y Mintzes, J.J. (1985). Students' alternative conceptions of the human circulatory system: A cross-lage study. *Science Education*, 69(5), 721-733.
- Banet, E. (2001). *Los procesos de nutrición humana*. Madrid: Síntesis.
- Banet, E. & Núñez, F. (1987). Los conocimientos de los alumnos como referencia para el desarrollo del currículum: aportaciones en relación con la nutrición humana. *Enseñanza de las Ciencias*. 5(Número Extra), 83-84.
- _____. (1988). Ideas de los alumnos sobre digestión: aspectos anatómicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), 30-37.
- _____. (1990). Esquemas conceptuales de los alumnos sobre la respiración. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(2), 105-110.
- _____. (2006). Actividades en el aula para la reestructuración de ideas: un ejemplo relacionado con la nutrición humana. *Reforma de la Educación Secundaria*, 59.
- Cabello, M.; Carbonell, J.; Duran, N.; Lope, S. y Rubio, A. (1990). Idees dels alumnes de BUP sobre l'excreció. Treball del curs del Magister en Didáctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals sobre ensenyament de les Ciències (Biologia) i metodologia científica. (Universitat Autònoma de Barcelona: Barcelona).
- Clément, P. (1991). Sur la persistance d'une conception: la tuyaurie continue digestion-excrétion, *Aster*, 13, 133-157.
- Cubero, R. (1988). Los esquemas de conocimiento de los niños: Un estudio sobre el proceso digestivo. *Cuadernos de Pedagogía*, (165), 57-60.
- Cubero, R. (1996). Concepciones de los alumnos y el cambio conceptual. Un estudio longitudinal sobre el conocimiento del proceso digestivo en educación primaria (Tesis de Doctorado). Universidad de Sevilla, España.
- Cubero, R. (1998). Aprendizaje de la digestión en la enseñanza primaria. Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales. Versión electrónica. 16.
- Contento, I. (1981). Children's thinking about food and eating—A Piagetian-based study. *Journal of nutrition education*, 13(1), S86-S90.
- de Kleer, J. & Brown, J.S. (1981). Mental models of physical mechanisms and their acquisition. *Cognitive skills and their acquisition*, 285-309.

- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1985). Some features of children's ideas and their implications for teaching. *Children's ideas in science*, 193-201.
- Driver, R. (2000). *Children's Ideas in Science*. UK: Open University Press,
- Garrido, M.; García-Barros, S. & Martínez-Losada, C. (2005). ¿Qué conocen los niños/as ente los 4 y los 7 años sobre el aparato digestivo y el aparato respiratorio? *Enseñanza de la Ciencias*, (Número Extra VII Congreso), 1-6. Granada, España.
- Gallegos C.L. (1998). Formación de conceptos y su relación con la enseñanza de la física. (Tesis de Maestría no publicada). Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Gutiérrez, R. (2001). Mental Models and the fine structure of Conceptual Change. En: Pinto, R. & Surinach, S. (eds). *Physics Teacher Education Beyond 2000*. Elsevier Editions. París, 35-44.
- Gutiérrez, R. (2005). Polisemia actual del concepto "modelo mental". Consecuencias para la investigación didáctica. *Investigações em Ensino de Ciências*. 10 (2), 209-226.
- Gutiérrez, R. (2014). Lo que los profesores de ciencia conocen y necesitan conocer acerca de los modelos: aproximaciones y alternativas. *Biografía. Escritos sobre la biología y su enseñanza*. 7(13), 37 – 66.
- Izquierdo, M.; Sanmartí, N.; Espinet, M.; García, M.P. & Pujol, R.M. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar: *Enseñanza de las Ciencias*. Núm. Extra, 79-92.
- Leach, J. & Scott, P. (2002). Designing and evaluating science teaching sequences: An approach drawing upon the concept of learning demand and a social constructivist perspective on learning. *Studies in Science Education*. 38, 115-142.
- Leeds National Curriculum Science Support Project, 1992. *Resources for Supporting Pupils' Learning at Key Stage 3*. Leeds City Council.
- León-Sánchez, R.; Barrera, K. & Palafox, G. (2005). Las ideas de los niños acerca del proceso digestivo. *Enseñanza de la Ciencias*, (Número Extra VII Congreso), 1-4. Granada, España.
- López-Mota, A. & Moreno-Arcuri, 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. *Revista Bio-grafía*, 7(13), 109-126.
- Membiola, P. & Cid, M.C. (1998). Desarrollo de una unidad didáctica centrada en la alimentación humana, social y culturalmente contextualizada. *Enseñanza de las Ciencias*. 16(3), 499-511.

- Núñez, F. & Banet, E. (1996). Actividades en el aula para la reestructuración de ideas: un ejemplo relacionado con la nutrición humana. *Investigación en la Escuela* (28), 37-58.
- Núñez, F. & Banet, E. (1997). Students' conceptual patterns of human nutrition. *International Journal of Science Education*, 19(5), 509-526.
- Oh, P.S., & Oh, S.J. (2011). What teachers of science need to know about models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109-1130.
- Pérez de Eulate, L. (1992). *Utilización de los conceptos previos de los alumnos en la enseñanza-aprendizaje de conocimientos en biología. La nutrición humana: una propuesta de cambio conceptual* (Tesis Doctoral). Universidad del País Vasco. Bilbao, España.
- Pozo, J.I., Pérez, M.P., Sanz, A. & Limón, M. 1992. Las ideas de los alumnos sobre la ciencia como teorías implícitas. *Infancia y Aprendizaje*, 57, 3-22.
- Rengifo, L.A. & Zambrano, A.C. (2009). La epistemología de Toulmin como referente para la selección de contenidos en la enseñanza de la biología. *Tecné, Episteme y Didaxis*. (26), 123-141.
- Rivadulla-López, J.C., García-Barros, S. & Martínez-Losada, C. (2016). Historia de la ciencia e ideas de los alumnos como referentes para seleccionar contenidos sobre nutrición. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13 (1), 53-66. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/18014>.
- Sauvageot-Skibine, M. (1991). La digestion au college: transformation physique au chimique? *Aster*, 13, 93-111.
- Shamah, T.; Amaya, M.A. & Cuevas, L. 2012. Desnutrición y obesidad: Doble carga en México. *Revista Digital Universitaria – UNAM*. 16 (5). Recuperado de: <http://www.revista.unam.mx/vol.16/num5/art34/>
- Teixeira, F.M. (2000). What happens to the food we eat? Children's conceptions of the structure and function of the digestive system. *International Journal of Science Education*, 22, 507-520.
- Prokop, P.; Fančovičová, J. & Tunnicliffe, S.D. (2009). The Effect of Type of Instruction on Expression of Children's Knowledge: How Do Children See the Endocrine and Urinary System? *International Journal of Environmental & Science Education*, 4(1), 75-93
- Wandersee, J.; Mintzes, J. & Novak, J. (1994). Research on alternative conceptions in science. In Gabel (Ed.). *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 177–210). New York: MacMillan.