



# Caracterización de modelos de digestión humana a partir de sus representaciones y análisis de su evolución en un grupo de docentes y auxiliares académicos

## Characterization of human digestion models from its representations and analysis of its progress in a group of teachers and supporting academic team

Nora Bahamonde

*Instituto de Investigación en Enseñanza de las Ciencias y la Matemática. Universidad Nacional de Río Negro, Argentina*  
nbahamonde@hotmail.com

Alma Adrianna Gómez Galindo

*Unidad Monterrey – Cinvestav, México*  
adriannagomez@yahoo.com

**RESUMEN** • Se caracterizan las representaciones (dibujos y maquetas) de los modelos iniciales sobre la digestión humana de un grupo de profesoras, así como su evolución al finalizar un taller de capacitación. El análisis se realiza en dos niveles: descriptivo e interpretativo. En el interpretativo se generan cuatro ideas clave: continuidad, interacción, transformación e integración, que permiten la identificación de cuatro modelos iniciales y uno final. De los iniciales, el IV resulta completo únicamente para la idea de continuidad. El modelo de arriba resulta completo para las ideas de continuidad e interacción y presenta cambios parciales para la idea de transformación y ausencia de la idea de integración. Se discute la influencia del tipo de soporte semiótico, así como la utilidad de las cuatro ideas planteadas para el análisis de representaciones y el desarrollo de intervenciones didácticas sobre el modelo de digestión humana.

**PALABRAS CLAVE:** modelos; representaciones; digestión humana; desarrollo profesional docente.

**ABSTRACT** • The characterization of representations -drawings and 3d models- of the school scientific models about human digestion of a group of teachers and its evolution in a training workshop is presented. There are analyzed using two levels: descriptive and interpretative. On interpretative level four key ideas are generated: Continuity, interaction, transformation and integration. These ideas allow a classification of four initial models and one final model. The initial model IV shows completeness for the idea of continuity; the other initial models present disorganization and bias in the four ideas. The final model presented completeness for continuity and interaction, partial changes for transformation and absence of the idea of integration. The influence of semiotic support, the usefulness of the four ideas proposed for the analysis of representations and the development of educational interventions on human digestion models are discussed.

**KEY WORDS:** models; representations; human digestion; teacher professional development.

Recepción: marzo 2015 • Aceptación: octubre 2015 • Publicación: marzo 2016

Bahamonde, N., Gómez Galindo, A. A., (2016) Caracterización de modelos de digestión humana a partir de sus representaciones y análisis de su evolución en un grupo de docentes y auxiliares académicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 34.1, pp. 129-147

## INTRODUCCIÓN

El estudio de las ideas de partida del alumnado ha sido sin duda uno de los temas más fructíferos en la didáctica de las ciencias, favoreciendo su consolidación como área de investigación. Esta línea evolucionó a partir de un interés inicial en las ideas del alumnado hacia la incorporación de las del profesorado, y de una visión de ideas aisladas a la de esquemas y modelos. Un paso natural fue el desarrollo de marcos para interpretar el cambio de las ideas de partida, desde las de sentido común, y elaboradas al margen de la instrucción o influenciadas por ella, hacia las científicas. El área de cambio conceptual generó numerosas investigaciones, sin embargo ha mostrado un decaimiento entre 1998 y 2002 (Chin-Chung y Meichun, 2005; Min-Hsien *et al.*, 2009). Recientemente ha cobrado auge la perspectiva de modelización, en la que se busca construir modelos que permitan realizar otro tipo de explicaciones, más cercanas a las científicas (véase Clement, 2000). Aquí se adopta esta última perspectiva, explorándose los modelos iniciales y finales de un grupo de profesoras luego de una intervención didáctica en el marco de una capacitación.

Los estudios sobre las ideas del profesorado analizadas en contextos de prácticas situadas y de los modelos de partida y de arribo bajo un esquema de instrucción por modelización son escasos (véase Gutierrez, 2014), pero con profundas raíces, tal y como se ha mencionado en el párrafo anterior. En este trabajo, a través del análisis de las representaciones –dibujos y maquetas– generadas en un taller de modelización del sistema digestivo humano, se identifican elementos clave del modelo que pueden transferirse al análisis de otras representaciones que permiten clasificar los modelos de partida y analizar el modelo de arribo de las participantes en el taller. Se presenta aquí un trabajo enmarcado en un tema vigente: el análisis de los modelos del profesorado y su evolución, así como una metodología poco abordada: el análisis de los modelos representados bajo diversos soportes semióticos.

## MARCO TEÓRICO

### Modelo de digestión humana: Ideas del alumnado y del profesorado

La elección del tema del proceso digestivo humano, en el marco de la función de nutrición en los seres vivos, se vincula con la argumentación de muchos investigadores e investigadoras a favor de considerar el Modelo Ser Vivo como irreductible y fundamental en el campo de la biología, que debiera enseñarse en las aulas (Weisz, 1975; Arcá y Guidoni, 1989; Cañal, 2003; Pujol, 2003; García, 2005; Gómez *et al.*, 2007). Cuando se habla del modelo de ser vivo, se entiende está constituido a su vez por tres submodelos: Nutrición, Reproducción y Relación. El punto central al trabajar este modelo o submodelos en las aulas es hacerlo de forma articulada. Al tratar el modelo de órganos del sistema digestivo, se hará relacionándolo con la digestión y la función de nutrición para aumentar la comprensión de un fenómeno de «la vida» y no solo la memorización o conocimiento desarticulado de una serie de órganos o eventos aislados.

Por otra parte, se trata de un tema que, si bien tiene gran tradición de trabajo en las aulas de primaria, ha sido abordado en la literatura didáctica casi exclusivamente en relación con las ideas del alumnado (Cubero, 1988; Reiss y Tunnicliffe, 2001; Reiss *et al.*, 2002). En este sentido, los trabajos pioneros de Banet y Núñez (1988) identificaron los errores conceptuales más frecuentes de los alumnos en relación con la anatomía del aparato digestivo, por ejemplo, errores en relación con el recorrido boca-estómago, el orden de los intestinos, y las conexiones del hígado y páncreas con el tubo digestivo, entre otros. Los mismos autores (Banet y Nuñez, 1989, 1996) postulan que los errores identificados dificultan el aprendizaje del proceso de digestión. Así, por ejemplo, situar de forma correcta el lugar del tubo donde segrean el hígado y el páncreas los jugos digestivos, así como localizar el lugar en que

se produce la absorción de las sustancias nutritivas, constituyen referencias importantes para propiciar cambios en nociones resistentes, como la de que el estómago es el órgano central, en ocasiones el único, que lleva a cabo el proceso digestivo o el desconocimiento de la mayoría de los procesos fisiológicos y químicos involucrados.

Existen pocos trabajos referidos a las ideas sobre digestión humana de docentes en formación (Daza Rosales *et al.*, 2012) y de maestros y profesores en ejercicio (Bahamonde y Pujol, 2009, Bahamonde y Diaco, 2013). Los trabajos dedicados a sus procesos de modelización son prácticamente inexistentes. Aunque el sentido común sugiere que las creencias, el conocimiento y los valores de los profesores influyen sus decisiones de enseñanza, y los resultados de la investigación educativa refuerzan la idea de que los docentes juegan un papel central en el diseño de los ambientes y experiencias de aprendizaje de sus alumnos y pueden tener, así, un impacto decisivo en su comprensión de la ciencia y de los modelos científicos (Bahamonde, 2007), aún persiste un déficit en investigaciones centradas en los procesos de modelización científica de docentes en ejercicio.

Las investigaciones mencionadas ponen de manifiesto que los modelos de los docentes sobre la digestión humana son limitados o parciales, y que con frecuencia llevan a cabo un recorte informativo y temático muy importante, incluyendo errores conceptuales frecuentes en los alumnos e identificados en la literatura. Estos resultados se refuerzan con los de trabajos pioneros en el área de investigación de cambio conceptual, por ejemplo, los citados por De Jong, Korthagen y Wubbels (1998), que sugieren que algunos de los grupos de maestros de primaria estudiados carecían de conocimiento básico sobre los conceptos científicos más importantes.

## Modelización del sistema digestivo humano

El reto derivado de las ideas vertidas en la sección anterior se relaciona con cómo ayudar a la evolución de las nociones del profesorado en torno al sistema digestivo humano. Tal y como se mencionó, en este trabajo se aborda dicho reto desde la perspectiva de la modelización. Si bien existen diversas formas de enfocar los modelos y la modelización, aquí se adopta una perspectiva pragmática en la que un modelo puede entenderse como un puente o mediador que conecta una teoría y un fenómeno (Develaki, 2007; Oh y Oh, 2011). En este sentido Giere (1992) propone que la teoría se entendería como un conjunto de modelos organizados y jerarquizados.

Una visión pragmática es relevante para este estudio, ya que los procesos de modelización se centran en el tránsito del fenómeno al modelo, o de lo concreto a lo abstracto y viceversa, considerando el contexto de aplicación (Sensevy *et al.*, 2008), e insertos en una ciencia escolar, que refiere a la construcción de modelos en el contexto de las clases y a la posibilidad de que el alumnado comprenda el mundo haciendo, pensando, comunicando e integrando valores y maneras de intervenir en la realidad (Izquierdo *et al.*, 1999; Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2003). Esta postura, congruente con la visión semántica de los modelos, los considera como el centro de la parte aplicativa de una teoría. Los modelos son vistos como «proyecciones» de la teoría en el mundo, se los llama sus «realizaciones posibles» (Adúriz-Bravo, 2010).

Lo anterior implica el desarrollo de un pensamiento teórico a partir de experiencias con los fenómenos y, a su vez, la posibilidad de explicar dichos fenómenos con ideas abstractas. En el proceso de modelización se van incorporando entidades teóricas, sus relaciones y sus propiedades (Gómez, 2013). En la ciencia escolar, estas entidades, relaciones y propiedades se encontrarían definidas en un modelo escolar de referencia; en el caso de este artículo, en el modelo escolar de digestión humana, que más adelante se explicita.

Aquí los modelos se consideran abstractos y generan representaciones concretas para su comunicación bajo diversos registros semióticos (Buckley, 2000). Las representaciones son concretas y pueden

ser «observadas» en el sentido amplio del término, generándose bajo varios soportes, por ejemplo, dibujos y maquetas. Las representaciones del modelo están contextualizadas, es decir se crean con una intención y en una situación determinada. Estas pueden considerarse como formas de lenguaje y comunicación que permiten visualizar el pensamiento, y como instrumentos para generar significado (Brooks, 2009). En un proceso de modelización se puede acceder al modelo e intervenir en él a través de sus representaciones, las cuales pueden negociarse y regularse. Desde una perspectiva socio-constructivista los procesos de comunicación, negociación y regulación proporcionan el foro de discusión necesario tanto para la estructuración del conocimiento, como para su evolución. «En efecto, la puesta en común fundamentada en la interpretación colectiva de los hechos tiene como resultado la supervivencia de algunos conceptos frente a otros» (Lemeignan y Weil Barais, 1993; Seré y Thibergien, 1989, citado en Izquierdo *et al.*, 1999). De igual manera, en un proceso de investigación, se considera aquí que el modelo puede caracterizarse a través del análisis de las representaciones, teniendo en cuenta la contextualización de la actividad y que los modelos son dinámicos; por tanto, permiten acceder a una representación situada; aquí se consideran el análisis de representaciones de los modelos construidos individualmente y aquellos construidos de forma colaborativa.

## OBJETIVOS

Considerando lo anterior, en este trabajo se estudian los modelos iniciales y los elaborados tras una intervención didáctica en un grupo de maestras, a través del análisis de las representaciones generadas. Para ello, se plantean dos objetivos:

- Caracterizar un modelo escolar de digestión humana y operacionalizarlo para el análisis de representaciones, en concreto, de dibujos y maquetas.
- Identificar los modelos iniciales y los elaborados tras una intervención didáctica de corte socio-constructivista en un grupo de profesoras, a través del análisis de los dibujos y maquetas.<sup>1</sup>

## METODOLOGÍA

En este estudio, de corte cualitativo (Erickson, 2003), se realiza un análisis de representaciones para caracterizar y operacionalizar un modelo escolar de digestión humana. Según Taylor (2015), se trata de un estudio ideográfico, dado que se orienta a comprender e interpretar lo singular de los fenómenos sociales dejando las explicaciones de las leyes generales para las ciencias nomotéticas (aquellas que tienen por objeto las leyes lógicas, es decir, las ciencias de la naturaleza, que buscan estudiar procesos causales e invariables). La toma de datos se lleva a cabo en el ambiente natural –taller de formación– en el que ocurren los hechos. El análisis se divide en dos niveles. En el *primer nivel de análisis* se realiza una descripción de los elementos encontrados en dibujos y maquetas como primer acercamiento a las representaciones del modelo. Para ello se parte de un modelo escolar definido y, tras un análisis recursivo a partir de los datos, se identifican elementos clave del modelo. En un *segundo nivel de análisis* se utiliza una aproximación heurística para reelaborar el modelo escolar de digestión humana, a partir de los hallazgos del primer análisis, generando cuatro ideas clave para operacionalizar el análisis de representaciones. Estas ideas se identifican en dibujos y maquetas, lo que permite una categorización de los

1. Cabe señalar, que no se pretende establecer la modificación de modelos individuales, sino más bien identificar las características de los modelos iniciales y finales en el contexto de una intervención didáctica diseñada bajo un enfoque socio-constructivista.

modelos iniciales y de arriba. A continuación se describe el contexto de la toma de datos, y se detallan los métodos usados para su análisis en ambos niveles.

### Contexto de la toma de datos

La toma de datos se llevó a cabo en el contexto de un taller de capacitación dirigido a maestras de nivel inicial y primario, a auxiliares técnico-pedagógicas y a una formadora de maestros, que se desempeñaban en instituciones educativas de la ciudad de Monterrey, México, y que participaban en el proyecto «Desarrollo de comunidades de aprendizaje de docentes de educación básica en el área de Ciencias Naturales» coordinado por la segunda autora de este manuscrito.

Para analizar los modelos elaborados se generó una secuencia didáctica. Esta se entiende como el diseño de una serie de actividades orientadas por un tópico específico; tiene un carácter dual, e involucra actividades de investigación y el desarrollo de objetivos relacionados directamente con la enseñanza y el aprendizaje de un tema en particular (Gómez, 2013). Este tipo de secuencias se usa como herramienta de investigación y de innovación, y se incluye dentro de la llamada «investigación de desarrollo» o «developmental research» (Méheut, 2004).

La secuencia apuntó a una modelización, que, partiendo de la problematización de fenómenos de la vida cotidiana: ¿Qué camino siguen y cómo cambian los alimentos que comemos?, favoreciera el tránsito al modelo teórico de digestión humana, a partir de la puesta en marcha de una secuencia de actividades planificadas con base en sus ideas estructurantes. La modelización del proceso biológico se inscribió en un marco más amplio de conceptualización sobre la alimentación humana, entendida como un proceso complejo y multirreferenciado (Bahamonde, 2007, 2012). Desde esta perspectiva se incluyeron también actividades para trabajar las relaciones entre alimentación, cultura y salud.

La secuencia se inició solicitando a las participantes que imaginasen y dibujasen en una silueta humana cuál sería el recorrido y los cambios de un vaso de agua (líquido) y una galleta (sólido) en su cuerpo, luego de ingerirlos. Estos dibujos corresponden a los analizados en este trabajo para definir los modelos de iniciales (sesión 1 de la tabla 1).

A partir de dicha actividad se llevó a cabo un análisis colectivo de las producciones, se identificaron las hipótesis planteadas y se propuso un conjunto de actividades para confrontar estas ideas, como la exploración en el propio cuerpo de la boca y la garganta, la observación e interpretación de imágenes obtenidas por rayos X del sistema en estudio, la simulación de las transformaciones de los alimentos en la boca y de los movimientos peristálticos que permiten la progresión de los alimentos en el cuerpo, el trabajo sobre esquemas de los órganos primarios de la digestión por los cuales «circulan» los alimentos, lecturas sobre las investigaciones de Beaumont acerca de la digestión y de fuentes bibliográficas, y la reconstrucción y análisis del sistema estudiado a partir de la elaboración de maquetas tridimensionales.

Se introdujo la distinción entre la digestión como proceso biológico y la alimentación humana entendida como un proceso voluntario y educable, influenciado por la cultura. Se llevaron a cabo una serie de actividades para trabajar la relación entre alimentación y salud, y cuestiones como la diversidad de elecciones alimentarias en los humanos y las funciones socioculturales de la alimentación. Finalmente se elaboró, en equipos de cuatro participantes, una maqueta tridimensional, usando una figura de tamaño natural del cuerpo humano, y diversos materiales proporcionados. En esta actividad las docentes tenían acceso a Internet y variada bibliografía para identificar datos necesarios, por ejemplo, la longitud del intestino delgado o el peso relativo del hígado. Estas maquetas se analizan aquí como representaciones del modelo de arriba (sesión 6 de la tabla 1).

Tabla 1.  
Secuencia de la intervención didáctica señalando los momentos de toma de datos

TALLER DE CAPACITACIÓN «¿Qué camino siguen y cómo cambian los alimentos que comemos?»
<p>SESIÓN 1: ¿A qué parte del cuerpo van el agua y la galleta? <i>Formulación del problema y recolección de los modelos iniciales</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Dibujo del trayecto de la galleta y del agua nombrando y señalando los lugares por los que pasan los alimentos. ¿A qué parte del cuerpo van a ir el agua y la galletita? ¿Cómo cambian los alimentos durante su recorrido en el cuerpo?</li> </ul> <p><i>TOMA DE DATOS: Recolección de dibujos individuales (modelos iniciales)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Análisis colectivo de las producciones y categorización del sistema dibujado.</li> </ul>
<p>SESIÓN 2: ¿Qué sucede cuando se come y se bebe? ¿Qué se siente? ¿Por qué nos atragantamos?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Exploración en el propio cuerpo.</li> <li>– Investigación a partir de imágenes del interior del tubo digestivo.</li> <li>– Modelización del mecanismo de deglución a partir de un modelo tridimensional.</li> </ul>
<p>SESIÓN 3: ¿Cómo «avanzan» los alimentos desde la boca hasta el intestino? ¿Por qué no vuelven a la boca?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Exploración en el propio cuerpo.</li> <li>– Simulación del peristaltismo con material concreto.</li> </ul>
<p>SESIÓN 4: ¿Cómo se estudiaba la digestión en el pasado? ¿Cuáles fueron los aportes de Beaumont al conocimiento sobre la digestión?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Lectura sobre un texto de historia de las ciencias: «El Dr. Beaumont y el arte de descifrar la digestión».</li> <li>– Análisis y discusión de los experimentos y del papel del estómago en la digestión.</li> </ul>
<p>SESIÓN 5: ¿Cómo está formado el sistema digestivo? ¿Cómo funciona?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Experimentos sobre procesos mecánicos (acción de los dientes) y químicos (acción de la saliva).</li> <li>– Experimento sobre procesos químicos (acción de la pepsina).</li> </ul>
<p>SESIÓN 6: ¿Cómo está formado el sistema digestivo? ¿Cómo funciona?</p> <p><i>Problematización acerca de los órganos que forman el tubo digestivo y los órganos anexos y su ubicación en el cuerpo</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Dibujo del contorno corporal de un participante para montar la maqueta.</li> <li>– Selección de los materiales a utilizar teniendo en cuenta los más adecuados para representar los distintos órganos y sus conexiones.</li> <li>– Ampliación de la información a partir de fuentes bibliográficas.</li> <li>– Construcción de la maqueta teniendo en cuenta tamaño relativo de cada órgano, ubicación, conexiones, etc.</li> </ul> <p><i>TOMA DE DATOS: Fotografías de maquetas (modelos de arriba)</i></p> <p><i>Síntesis y comunicación de la información: Explicación y comparación sobre las maquetas</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Contraste con modelo tridimensional de laboratorio.</li> </ul>
<p>SESIÓN 7: ¿Qué es necesario comer para estar saludables?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Análisis y comparación de las gráficas de alimentación saludable en distintos países</li> </ul>
<p>SESIÓN 8: ¿En qué ocasiones compartimos la comida con otras personas? ¿Cuáles son las funciones de la alimentación? ¿En qué se parecen y diferencian las comidas y las formas de comer en distintos países o regiones? ¿Cómo cambiaron a través del tiempo?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Lectura y análisis de imágenes sobre diversidad alimentaria y funciones socioculturales de la alimentación humana.</li> </ul>

## Participantes en el taller

El taller en el que se tomaron los datos se realizó en noviembre de 2011 en Monterrey, México, en el contexto de un proyecto de formación profesional. En él participaron cuatro docentes, una formadora de docentes y tres asesoras técnico-pedagógicas asociadas al proyecto. Las docentes Nancy y Elvira se desempeñaban en educación infantil, y en ese momento realizaban estudios de doctorado en Innovación Educativa, contaban con más de diez años de experiencia docente, y habían asistido a diversos talleres de formación y participado en proyectos de investigación como colaboradoras de aula. Las profesoras Dalia y Zoila se desempeñaban en educación primaria, en el momento del taller daban clases en primer año (6 años de edad). La profesora Dalia estaba realizando una maestría en Innovación

Educativa y tenía 8 años de experiencia en aula. La profesora Zoila tenía 4 años de experiencia en aula y contaba con estudios de profesora de educación primaria. Dora, la formadora de docentes, contaba con un doctorado en Didáctica de las Ciencias y tenía 4 años de experiencia en investigación y formación docente en el área de química. Petra, Martha e Irma eran asesoras técnico pedagógicas asociadas a la Secretaría de Educación, cuya labor consiste en apoyar a las docentes de infantil y primaria en la elaboración de materiales, apoyo técnico-administrativo y otras labores. Estas profesoras eran maestras de educación primaria jubiladas que se habían integrado a las labores de asesoría. Las profesoras tutoras del taller fueron las dos autoras de este trabajo, siendo la primera quien diseñó las actividades realizadas.

### **Análisis de las representaciones: dibujos y maquetas**

Para el análisis de las representaciones como expresiones del modelo se partió del reconocimiento de la relación triádica entre objeto (fenómeno), representación (dibujo-maqueta) y su significado (modelo). Según Waldrip y Prain (2012), se pueden elaborar distinciones en una representación: los signos (por ejemplo, flechas en un diagrama de fuerzas), la interpretación o sentido de esos signos (por ejemplo, la idea científica de fuerza) y su referente (el fenómeno en torno al cual refieren tanto la interpretación como el significado, como la operación específica de una fuerza en un objeto del mundo). En este sentido, al elaborar representaciones se aprenden simultáneamente los conceptos, la forma de representarlos y su referente en el mundo.

Tal y como se comentó, se utilizaron dos niveles de análisis. El primero, descriptivo, se centra en la identificación de los signos, es decir en diagramas, flechas, notas, «lo que se ve dibujado» para el caso de los dibujos y para el de las maquetas, los materiales usados, posiciones, tamaños, es decir, «lo que se ve plasmado». A partir de la identificación de los signos se establece, por inferencia, una primera aproximación a los referentes, es decir, a las ideas del modelo de digestión humana (véase tabla 2).

En el primer nivel de análisis, tanto para dibujos como para maquetas, se definieron las Unidades de Análisis (UA), siendo estas secciones de la representación referidas a un fragmento del modelo escolar en el que se genera una explicación del fenómeno de digestión humana. Considerando que el proceso de digestión es continuo y dinámico, cada UA es un segmento en el que se identifica un tramo del tracto digestivo, que, sin embargo, refleja la dinámica general de la construcción del modelo, es decir, la dinámica global de la actividad (Vygotsky, 2000). Para el primer nivel de análisis de dibujos se identificaron seis UA que se presentan en la tabla 2, encabezado de la columna izquierda.

Para aumentar la validez del primer nivel de análisis, se elaboró una guía de observación basada en las UA, realizada de forma independiente por cada una de las autoras de este trabajo, discutiendo y consensuando posteriormente los resultados.

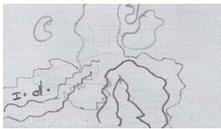
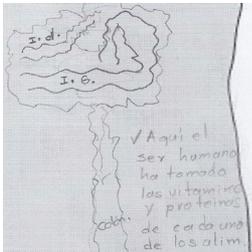
A continuación se realizó un segundo nivel de análisis centrado en la interpretación de los signos, es decir, los referentes. Este nivel permitió, en un proceso recursivo (Erickson, 2003), la operacionalización del modelo. Se generó la definición de cuatro ideas clave que posibilitaron la caracterización y clasificación de los modelos iniciales representados en los dibujos y de los modelos de arriba representados en las maquetas realizadas al final de la secuencia didáctica.

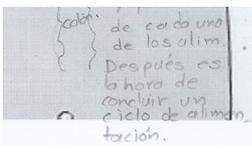
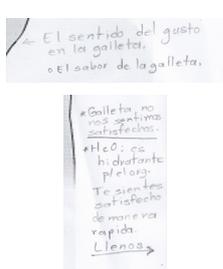
## RESULTADOS

### Primer nivel de análisis de dibujos

Inicialmente fue definido el modelo escolar de arriba con base en sus ideas estructurantes, utilizando como referente la literatura científica escolar (libros de texto de nivel universitario); dicho modelo se presenta en el Anexo 1. Utilizando este modelo escolar y las unidades de análisis establecidas (véase tabla 2) se analizaron los dibujos producidos por las participantes en el taller. En la tabla 2 se muestra un ejemplo de análisis de dibujos.

Tabla 2.  
Ejemplo representativo del primer nivel de análisis en el dibujo de Zoila

Profesora Zoila / Primer nivel de análisis	
Unidad de análisis	Descripción
Unidad de análisis 1. INGESTIÓN/DIGESTIÓN I Cavidad bucal/faringe 	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Se esboza la cavidad bucal y en su interior una flecha ondulada al lado de la que se indica «La galleta se deshace».</li> <li>– Se representa un cambio de estado de la galleta, que se representa fuera de la boca junto con el vaso del agua, hacia la galleta deshecha.</li> </ul>
Unidad de análisis 2. DESPLAZAMIENTO Faringe/Esófago 	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Se observa una discontinuidad después de la flecha y a continuación un tubo largo, al que no se le atribuye nombre ni función. En su interior se observan pequeños círculos sin nombre y una línea ondulada denominada «Agua». Se podría interpretar que por el interior del tubo se desplazan el agua y las partículas deshechas de galleta.</li> <li>– A los lados del tubo se identifican tres figuras aisladas de formas irregulares similares a un guisante, a las que no se atribuye nombre ni función.</li> </ul>
Unidad de análisis 3. DIGESTIÓN II Estómago 	<ul style="list-style-type: none"> <li>– No se representa el estómago.</li> </ul>
Unidad de análisis 4. DIGESTIÓN III / ABSORCIÓN Intestinos/glándulas anexas: hígado y páncreas/vesícula biliar 	<ul style="list-style-type: none"> <li>– A continuación el tubo se abre y se representan los intestinos a través de dos tubos más o menos enrollados identificados como «I. d.» y «I. G.» (podría tratarse de sigla para intestino delgado a la izquierda e intestino grueso a la derecha).</li> <li>– Posteriormente se observa que los intestinos se unen en un único tubo al lado del cual se incluye la frase «Aquí el ser humano ha tomado las vitaminas y proteínas de cada uno de los alimentos».</li> </ul>

Profesora Zoila / Primer nivel de análisis	
Unidad de análisis	Descripción
Unidad de análisis 5. EGESTIÓN Recto/ano 	<ul style="list-style-type: none"> <li>– En el último tramo del tubo y en su interior se observa la palabra «colon», asociándolo a la frase «después es la hora de concluir un ciclo de alimentación».</li> <li>– No se identifica conexión del tubo al exterior del cuerpo.</li> </ul>
Unidad de análisis 6. RELACIONES CON OTROS ÓRGANOS 	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Se incluyen notas, fuera de la cabeza pero con una flecha dirigida a ella: «El sentido del gusto en la galleta» y «El sabor de la galleta», lo que indicaría una vinculación con los órganos de los sentidos y una alusión indirecta al sistema nervioso.</li> <li>– Se incluyen dos notas ubicadas fuera del contorno humano: «Galleta no nos sentimos satisfechos» y «H<sub>2</sub>O: es hidratante p/el organismo. Te sientes satisfecho de manera rápida. Llenos», lo que podría indicar una alusión indirecta al sistema nervioso.</li> </ul>

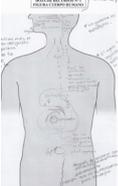
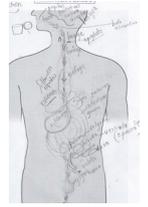
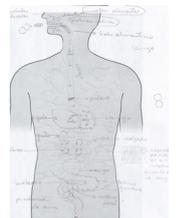
### Segundo nivel de análisis de dibujos

A partir de la descripción del nivel uno, usando las unidades de análisis para los ocho dibujos y en un proceso de ida y vuelta entre datos e inferencias, en este segundo nivel de análisis se definieron cuatro ideas clave del modelo:

- Idea de continuidad.* La concepción del sistema digestivo como un tubo continuo que inicia en la boca y termina en el ano, presentando especializaciones en sus diferentes tramos y conexiones entre ellos.
- Idea de interacción.* La conceptualización de que en el interior del tubo se vierten sustancias provenientes de otros órganos durante el proceso de digestión, lo que implica el reconocimiento de los órganos anexos y sus conexiones con él, y la idea de absorción de nutrientes y agua hacia el interior del cuerpo. Interacciones desde el cuerpo al tubo y desde el tubo al cuerpo.
- Idea de transformación.* La conceptualización de las relaciones estructura-función que se identifican en la especialización de los tramos del tubo digestivo, así como de los órganos anexos, y su relación con el proceso de digestión que implica una direccionalidad y la presencia de transformaciones debidas a cambios, tanto físicos como químicos.
- Idea de integración.* El establecimiento de relaciones entre el sistema digestivo y otros sistemas que integran las funciones de nutrición y relación, específicamente, los sistemas circulatorio, urinario y nervioso.

Considerando la identificación y grado de desarrollo de cuatro ideas básicas del modelo escolar de sistema digestivo humano fue posible identificar cuatro modelos iniciales, que se presentan en la tabla 3.

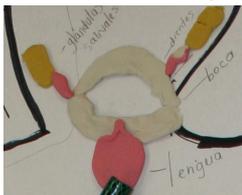
Tabla 3.  
Definición de cuatro modelos iniciales de digestión humana en dibujos en función a cuatro ideas básicas del modelo escolar

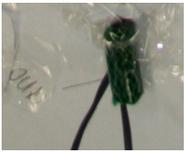
<i>Continuidad</i>	<i>Interacción</i>	<i>Transformación</i>	<i>Integración</i>	<i>Modelo inicial</i>	<i>Dibujos ejemplo</i>
Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Modelo inicial I Irma	Irma 
Presente con desorganización	Ausente	Presente parcialmente	Ausente	Modelo inicial II Dibujos de Dalia y de Judith	Dalia 
Presente con alta desorganización	Presente parcialmente, con desorganización	Presente parcialmente	Ausente	Modelo inicial III Dibujos de Elvira, Martha y Petra	Martha 
Presente con organización	Presente parcialmente, con alguna desorganización	Presente con alguna desorganización	Presente parcialmente	Modelo inicial IV Dibujos de Dora y de Nancy	Dora 

### Primer nivel de análisis de maquetas

En una de las actividades finales del taller, las participantes, trabajando en equipos de cuatro, elaboraron dos maquetas del sistema de digestión humana. Los equipos se conformaron por: Equipo 1: Dalia, Petra, Martha e Irma, y Equipo 2: Judith, Elvira, Dora y Nancy. Las fotografías de las maquetas fueron analizadas utilizando las Unidades de Análisis definidas. Los resultados de una de las maquetas (Equipo 1) se muestran en la tabla 4. La maqueta del Equipo 2 fue muy similar a la mostrada en la tabla 4 respecto a los elementos representados, aunque sin notas escritas asociadas.

Tabla 4.  
Primer nivel de análisis maqueta 1

Maqueta 1: Dalia, Petra, Martha, Irma	
<i>Unidad de análisis</i>	<i>Descripción</i>
<p>Unidad de análisis 1. INGESTIÓN/DIGESTIÓN I Cavidad bucal/faringe</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>– En la cavidad bucal se observan estructuras de diferente color señaladas como «dientes» y «lengua». Los colores blanco y rosado elegidos podrían referir a los colores de los órganos representados.</li> <li>– Se observan un par de estructuras, ubicadas a cada lado de la boca y conectadas a ella por dos conductos señaladas como «glándulas salivales».</li> <li>– No se representa la faringe.</li> </ul>
<p>Unidad de análisis 2. DESPLAZAMIENTO Esófago</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Se observa un tubo que conecta la boca con el estómago, señalado como «esófago». La elección de un trozo de manguera semirrígida para representar al esófago parece remitir a su propiedad de conducto musculoso-membranoso.</li> </ul>
<p>Unidad de análisis 3. DIGESTIÓN II Estómago</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Se observa un globo inflado señalado como «estómago». La elección del globo como material para representar el estómago podría hacer alusión a la propiedad de aumentar y disminuir su volumen.</li> </ul>
<p>Unidad de análisis 4. DIGESTIÓN III / ABSORCIÓN Intestinos/glándulas anexas: hígado y páncreas/vesícula biliar</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Se observa una soga larga y muy enrollada señalada como «intestino delgado» y conectada al globo que representa el estómago. La elección de la soga para representar el intestino delgado podría vincularse a su grosor y la posibilidad de definir su longitud al cortarla.</li> <li>– En la parte final de la soga que representa el intestino delgado se observa una conexión con la estructura que representa el «intestino grueso» en una sección señalada como «ciego».</li> <li>– Se observa un tubo de papel enrollado señalado como «intestino grueso» de mayor grosor y mucho menor longitud que el intestino delgado. Este se ubica en posición ascendente (izquierda), transversal y descendente (derecha) de la cavidad abdominal rodeando al intestino delgado. La elección del tubo de papel para representar el intestino grueso podría vincularse a la posibilidad de definir su grosor y longitud.</li> <li>– Al lado izquierdo del estómago se observa una estructura formada por dos partes (colores marrón y rosado) señalada como «hígado». Las dos partes de la estructura podrían aludir a los dos lóbulos de este, así mismo los colores elegidos podrían referirse al color del órgano. Se observa una estructura tubular que conecta la vesícula biliar y la primera porción del intestino delgado, que podría representar el conducto biliar.</li> <li>– Sobrepueta al hígado se observa una estructura pequeña de color verde señalada como «vesícula biliar», el color elegido puede hacer alusión al color aproximado de la bilis.</li> <li>– Detrás del estómago y a la derecha de este se observa una estructura de menor tamaño que el hígado, señalada como «páncreas», la cual se conecta con la primera porción del intestino delgado.</li> </ul>

Maqueta 1: Dalia, Petra, Martha, Irma	
<i>Unidad de análisis</i>	<i>Descripción</i>
Unidad de análisis 5. EGESTIÓN Recto/ano 	– En la parte final descendente se señala el «recto». A continuación se observa una sección pequeña de manguera señalada como «recto» y «ano», cuyo orificio final comunica con el exterior. El uso de la sección de manguera para representar el recto y el ano podría marcar una discontinuidad del intestino grueso.
Unidad de Análisis 6. RELACIONES CON OTROS ÓRGANOS	– No hay.

### Segundo nivel de análisis de maquetas

Considerando las ideas representadas en las maquetas y las cuatro ideas del modelo definidas, se encuentra que ambas maquetas son similares.

En ambas se observa que se ha construido la idea de continuidad e interacción. Se diferencian los distintos tramos del tubo digestivo y las conexiones entre ellos, así como sus formas, ubicación y tamaños relativos. La idea de transformación se presenta parcialmente, ya que se excluye la representación de la galleta, el agua, y sus transformaciones a lo largo del tubo. En ambas maquetas se representan las glándulas salivales, el hígado, la vesícula biliar, el páncreas y sus conexiones. La ubicación de estas conexiones en tramos específicos del tubo se relaciona con la identificación de las distintas etapas del proceso digestivo. Si bien en las maquetas no se especifican ni las sustancias que se vierten, ni las etapas del proceso digestivo, sí se ubican las conexiones correctamente. El conocimiento de que desde el tubo salen sustancias hacia el interior del organismo a través de los capilares sanguíneos, no fue representado en las maquetas. La idea de integración está ausente dado que no se identifica representación de la vinculación entre el sistema digestivo y otros sistemas, como circulatorio o nervioso (véase tabla 5).

Tabla 5.  
Definición de un modelo final de digestión humana  
en maquetas en función a cuatro ideas básicas del modelo escolar

<i>Continuidad</i>	<i>Interacción</i>	<i>Transformación</i>	<i>Integración</i>	<i>Modelo Final</i>	<i>Maquetas ejemplo</i>
Presente con organización	Presente con organización	Presente parcialmente	Ausente	Maquetas 1 y 2	Maqueta 2 

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En este trabajo la utilización de dos niveles de exploración, uno descriptivo y uno interpretativo, ha permitido el acercamiento gradual al estudio de la representación y la generación de cuatro ideas clave para operacionalizar el análisis del modelo de digestión humana. Se considera que estas ideas pueden aplicarse para el estudio de representaciones generadas en otros contextos de capacitación docente o de formación del alumnado, ya que mantienen un nivel de generalización y abstracción que permite su aplicación a diversos casos. En el presente han sido útiles para clasificar los modelos iniciales y caracterizar el modelo de arriba.

Al realizarse una clasificación de modelos iniciales de los docentes es de notar la diversidad de grados de desarrollo de estos, aspecto atribuible a la variedad de participantes y a las diferencias de trayectos formativos; habiendo una formadora con doctorado, dos docentes de infantil que estaban realizando estudios de doctorado, una docente de primaria que realizaba estudios de maestría y cuatro docentes con estudios normalistas. Asimismo, las edades eran muy variadas y los años de experiencia docente. Esta diversidad puede explicar, por ejemplo, que el modelo inicial de las profesoras de infantil se encuentre en un nivel de desarrollo mayor que las de las auxiliares técnico-pedagógicas. Cabe señalar que en los procesos de formación continua de docentes, suele encontrarse esta diversidad de participantes, ya que en una misma escuela conviven docentes con diversa formación y experiencia. En el caso específico de este taller, la diversidad fue aún mayor debido a que las participantes se habían incorporado a un proyecto a través de una convocatoria abierta. Sin embargo, pese a la diversidad de participantes, e independientemente de su formación profesional, para todas las ideas básicas se presentan ausencias y desorganización, excepto para la de continuidad en el modelo inicial IV. Estos resultados apuntan hacia el poco desarrollo de los modelos de digestión humana por parte de las participantes, resultados coherentes con los hallazgos de trabajos anteriores con docentes (Bahamonde y Pujol, 2009), y muestran similares dificultades a las encontradas en las ideas de los alumnos (Banet, 2001).

Asimismo, llama la atención que el modelo inicial III presente la idea de interacción pero con alta desorganización, es decir, se identifica la relación con glándulas anexas, pero los elementos se representan en posiciones, tamaños y formas diferenciadas de las nociones científicas. Especialmente los intestinos delgado y grueso presentan formas y posiciones muy diversas. Se podría especular que estas profesoras tienen noción de nombres y una idea aproximada de las ubicaciones, pero la ausencia de conocimiento de las relaciones estructura-función asociadas a procesos generan representaciones altamente desorganizadas.

Tras la intervención didáctica los modelos de las docentes, expresados en un soporte semiótico de maqueta, construida grupalmente en el marco de procesos de discusión y negociación de significados, representan ajustadamente las ideas de continuidad e interacción. Se representa adecuadamente el tubo digestivo, su especialización en diversos tramos, la presencia de órganos anexas con conexiones al tubo y ubicación, tamaño relativo y organización general del sistema. Se puede decir que los modelos representados en las maquetas muestran organización y completitud para estas ideas. Sin embargo, la de transformación se representa parcialmente. Algunas funciones, inferidas por la elección de diversos materiales, texturas, formas y colores, permiten la identificación de un proceso de digestión con cierta direccionalidad, y al que contribuyen los órganos anexas. La idea de integración está ausente, no se representan relaciones con los sistemas circulatorio, nervioso o urinario.

Puede afirmarse que los modelos finales avanzan respecto a los iniciales para las ideas de continuidad e interacción, y presentan cambios parciales para la idea de transformación, en la que hay avance solo en el modelo inicial I, no así para la idea de integración en la que inclusive hay un retroceso respecto al modelo inicial IV. Para poder explicar lo anterior se ha de considerar, por un lado, el contexto de la actividad y, por otro, el soporte semiótico utilizado.

Respecto al contexto de la actividad, se ha de tomar en cuenta que la elaboración de la maqueta se realiza en equipos de cuatro docentes, de modo que pudo darse una negociación de las ideas priorizando la representación consensuada en grupo, lo que puede explicar la exclusión de ideas en torno a la integración y la priorización de la organización y completitud de las ideas de continuidad e interacción.

En cuanto al segundo aspecto, se coincide con los resultados de Gómez (2008), en los que se identificó que las explicaciones que el alumnado construye están influenciadas por el soporte semiótico que se utiliza, ya que se favorece para cada tipo la visualización de ciertas entidades, relaciones y propiedades del modelo. Aquí, la utilización de un soporte semiótico de maqueta para representar un modelo escolar de arribo, parece propiciar la visualización de la distribución espacial de los órganos, sus dimensiones y también de algunas características morfo-fisiológicas, pero no tanto la descripción de procesos, como, por ejemplo, transformaciones de los alimentos, absorción y egestión, o la relación e integración con otros sistemas, que, por otra parte, podrían resultar más complicadas de representar y requerir mayor tiempo del asignado en la actividad para la realización de la maqueta.

Cabe considerar que, específicamente para las maquetas, la elección de los materiales para la representación de cada órgano puede vincularse a sus características anatómicas, pero también a ciertos aspectos de la fisiología del proceso digestivo. Así, la elección de la manguera semirrígida para representar el esófago parece referir a su propiedad de conducto musculoso-membranoso, que permite el desplazamiento del bolo por medio de los movimientos peristálticos. Otros ejemplos podrían ser: la elección del globo para representar el estómago, por la capacidad de aumentar y disminuir su volumen, la soga larga muy enrollada para representar el intestino delgado, por la relación entre su longitud y el aumento de la superficie de absorción, o la elección del tubo de papel para representar el intestino grueso, que podría vincularse a la posibilidad de definir su grosor y longitud. El uso de materiales de diferente color, por ejemplo en la boca, señala la diferenciación de estructuras. Asimismo, la elección de colores específicos para representar ciertos órganos puede vincularse a sus características anatómicas, pero también a aspectos fisiológicos como el almacenamiento de bilis en la vesícula biliar, representada en color verde en una de las maquetas, o el flujo de bilis a través del conducto biliar representado en color verde en otra. Por último, el uso de texturas como la identificada en la lengua, representada por una superficie con pequeños orificios, podría indicar también la señalización de aspectos anatómicos-fisiológicos, por ejemplo, las papilas gustativas.

Los resultados anteriores pueden tomarse en cuenta en los procesos de formación docente inicial y continua sobre el modelo de digestión humana, así como en la elaboración de secuencias didácticas para el aula, en los que puede hacerse explícita la tarea de ir representando, en los diversos soportes semióticos, las cuatro ideas clave identificadas; por ejemplo, incluyendo también la representación de las ideas de transformación e integración al elaborar una maqueta y atender los aspectos de completitud y organización.

En el mismo sentido, sería importante avanzar en una línea similar de trabajo con otros sistemas y funciones del organismo humano y de los seres vivos en general, de modo de operacionalizar el análisis de representaciones para estos modelos básicos del modelo ser vivo, delimitando sus ideas estructurantes y su progresión conceptual, ya que podrían constituirse en herramientas de investigación, ventajas también, a la hora de diseñar actividades para la formación y desarrollo profesional de docentes, y la planificación de su enseñanza en las clases.

## AGRADECIMIENTOS

A las asistentes al taller por permitirnos tomar datos a partir de su trabajo y llegar a los resultados de investigación aquí presentados. Al CONACYT/México por su apoyo a través del proyecto «Desarrollo de comunidades de aprendizaje de docentes de Educación Básica en el área de Ciencias Naturales»

convocatoria SEP-SEB 2008-01, No. 110253, 2010- 2011. A los y las revisoras anónimas que nos ayudaron a mejorar tanto la forma como fondo de este trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ADÚRIZ-BRAVO, A. (2010). Hacia una didáctica de las ciencias experimentales basada en modelos. *CiDd, II Congrés internacional de didàctiques*, 248, pp. 2-5.
- ARCA, M. y GUIDONI, P. (1989). Modelos infantiles y modelos científicos sobre la morfología de los seres vivos. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(2), pp. 162-167.
- BAHAMONDE, N. (2007). Los modelos de conocimiento científico escolar de un grupo de maestras de educación infantil: un punto de partida para la construcción de «islotos interdisciplinarios de racionalidad» y «razonabilidad» sobre la alimentación humana. Tesis doctoral inédita. Universitat Autònoma de Barcelona. Barcelona.
- BAHAMONDE, N. (2012). Aportes para pensar la educación científica y la enseñanza de la alimentación. En Rivarosa, A. y De Longhi, A. L. (Coords.) *Aportes didácticos para nociones complejas en Biología: la alimentación*. Miño y Dávila Editores. Buenos Aires.
- BAHAMONDE, N. & DIACO, P. (2013). Modelización del fenómeno de alimentación humana: de la mirada disciplinar a la multirreferencialidad. *IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*. Barcelona. pp. 252-258.
- BAHAMONDE, N. y PUJOL; R.M. (2009). Los modelos de conocimiento científico escolar de un grupo de docentes sobre la alimentación humana. *Enseñanza de las Ciencias, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*. Barcelona, pp. 2900-2904
- BANET, E. (2001). *Los procesos de nutrición humana*. Síntesis Educación. Madrid.
- BANET, E. y NÚÑEZ, F. (1988). Ideas de los alumnos sobre la digestión: aspectos anatómicos, *Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), pp. 30-37.
- (1989). Ideas de los alumnos sobre la digestión: aspectos fisiológicos, *Enseñanza de las Ciencias*, 7(1), pp. 35-44.
- (1996). Actividades en el aula para la reestructuración de ideas: un ejemplo relacionado con la nutrición humana. *Investigación en la Escuela*, 28, pp. 52-59.
- BROOKS, M. (2009). Drawing, Visualisation and Young Children's Exploration of «Big Ideas» *International Journal of Science Education*, 31(3), pp. 319–341.
- BUCKLEY, B.C. (2000). Interactive multimedia and model-based learning in biology. *International Journal of Science Education*, 22(9), pp. 895-935.  
<http://dx.doi.org/10.1080/095006900416848>
- CAÑAL, P. (2003). ¿Qué investigar sobre los seres vivos? *Investigación en la escuela*, 51, pp. 27-38.
- CHIN-CHUNG T. y MEICHUN L. W. (2005) Research and trends in science education from 1998 to 2002: a content analysis of publication in selected journals, *International Journal of Science Education*, 27(1), pp. 3-14,  
<http://dx.doi.org/10.1080/0950069042000243727>
- CLEMENT, J. (2000) Model based learning as a key research area for science education, *International Journal of Science Education*, 22(9), pp. 1041-1053.  
<http://dx.doi.org/10.1080/095006900416901>
- CUBERO, R. (1988). Los esquemas de conocimiento de los niños. Un estudio del proceso digestivo. *Cuadernos de Pedagogía*, 165, pp. 57-60.

- DAZA ROSALES, S. F., ARRIETA VERGARA, J. R., RÍOS CARRASCAL, O. y CRESPO ROJAS, C.A. (2012). La digestión en la alimentación humana y sus implicaciones en la formación inicial de los profesores en didáctica de las ciencias naturales. *Revista de la red de semilleros de investigación de Santander*, 1(1), pp. 1-7.
- DE JONG, O., KORTHAGEN, F. y WUBBELS, T. (1998). Research on Science Teacher Education in Europe: Teacher Thinking and Conceptual Change, en Fraser, B. J. and Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. Kluwer. Dordrecht.  
[http://dx.doi.org/10.1007/978-94-011-4940-2\\_44](http://dx.doi.org/10.1007/978-94-011-4940-2_44)
- DEVELAKI, M. (2007). The model based view of scientific theories and the structure of school science programmes. *Science & Education*, 16, pp. 725-749.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s11191-006-9058-2>
- ERICKSON, F. (2003). Qualitative research methods for science education, en: Fraser, B. y Tobin, K. (Eds.). *International Handbook of Science Education*, 1175-1189. London: Kluwer Academic Publisher.
- GARCÍA, M. P. (2005). Los modelos como organizadores del currículo en biología. *Enseñanza de las ciencias*, número extra, pp. 1-6.
- GIERE, R.N. (1992). *La explicación de la ciencia. Un acercamiento cognoscitivo*. Conacyt, Ciencia Básica, México.
- GÓMEZ, A. (2008). Construcción de explicaciones multimodales: ¿Qué aportan los diversos registros semióticos? *Revista latinoamericana de estudios educativos*, 4(2), pp. 83-99.
- (2013). Explicaciones narrativas y modelización en la enseñanza de la biología. *Enseñanza de las ciencias*, 31(1), pp. 11-28.
- GÓMEZ, A., SANMARTÍ, N. & PUJOL, R. (2007). Fundamentación teórica y diseño de una unidad didáctica para construir el modelo de ser vivo en la escuela primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), pp. 325-340.
- GUTIÉRREZ, R. (2014). Lo que los profesores de ciencia conocen y necesitan conocer acerca de los modelos: aproximaciones y alternativas. *Bio-grafía, estudios sobre la biología y su enseñanza*. 7(13), pp. 37-66.
- IZQUIERDO, M. y ADÚRIZ-BRAVO, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education*, 12(1), pp. 27-43.  
<http://dx.doi.org/10.1023/A:1022698205904>
- IZQUIERDO, M., ESPINET, M., GARCÍA, M., PUJOL, R. y SANMARTÍ, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las ciencias*, número extra, pp. 79-91.
- MÉHEUT, M. (2004). Designing and validating two teaching-learning sequences about particle models. *International Journal of Science Education*, 26 (5), pp. 605-618.  
<http://dx.doi.org/10.1080/09500690310001614726>
- MIN-HSIEN L., YING-TIEN W. y CHIN-CHUNG T. (2009) Research Trends in Science Education from 2003 to 2007: A content analysis of publications in selected journals, *International Journal of Science Education*, 31(15), pp. 1999-2020.  
<http://dx.doi.org/10.1080/09500690802314876>
- OH, P. S. y OH, S. J. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview, *International Journal of Science Education*, 33(8), pp. 1109-1130. <http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2010.502191>
- PUJOL, R. M. (2003). *Didáctica de las ciencias en la educación primaria*. Madrid: Síntesis.
- REISS, M.J. y TUNNICLIFFE, S.D., (2001). Students' Understandings of Human Organs and Organ Systems, *Research in Science Education*, 31, pp. 383-399.

- REISS, M.J., TUNNICLIFFE, S.D., ANDERSEN, A.M., BARTOSZECK, A., CARVALHO, G., CHEN, S., JARMAN, R., JÓNSSON, S., MANOKORE, V., MARCHENKO, N., MULEMWA, J., NOVIKOVA, JIM OTUKA, T., TEPPA, S. Y VAN ROOY, W. (2002). An International Study of Young Peoples' Drawings of What Is Inside Themselves. *Journal of Biological Education*, 36(2), pp. 1-7.
- SENSEVY, G., TIBERGHIE, A., SYLVAIN, J. Y GRIGGS, P. (2008). An Epistemological Approach to Modeling: Cases Studies and Implications for Science Teaching. *Science Education*, 92, pp. 424-446. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.20268>
- TAYLOR, P. (2015). Contemporary qualitative research: toward an integral research perspective. In *Handbook of research on science education*, Lederman, N.; Abell, S. K., Eds. Taylor y Francis: 2015; Vol. II, Cap.3. pp. 113-169.
- VYGOTSKY, L.S. (2000, 2a ed.). *Obras Escogidas III*. Madrid: Aprendizaje Visor.
- WALDRIP, B. y PARIN, B. (2012). Learning from and through representations in science. En: Fraser, B.; Tobin, K. y MCRobbie, C. (Eds.) *Second international handbook of science education*, Vol1. cap. 12. pp. 145-156. Londres: Springer.
- WEIZS, B.P. (1975). *La ciencia de la biología*. Barcelona: Omega.

## ANEXO 1

Ideas Básicas del modelo científico escolar de referencia: La digestión en humanos  
Epítome: ¿Qué camino siguen y cómo cambian el agua y la galletita?

La digestión es el proceso de degradación de los alimentos en sustancias nutritivas simples. La digestión se lleva a cabo por medio de un conjunto de acciones físicas y químicas, que producen como resultado la degradación del alimento, inicialmente formado por sustancias complejas, en sustancias más sencillas. Las sustancias nutritivas simples pueden ser absorbidas a través de los vasos sanguíneos y transportadas a los tejidos para ser utilizadas en las funciones celulares.

El proceso digestivo incluye varias etapas: ingestión de los alimentos, desplazamiento, digestión, absorción y egestión.

Los órganos que forman el aparato digestivo humano se dividen en dos grupos, los que forman el tubo digestivo y los órganos o glándulas anexas o auxiliares. El tubo digestivo está formado por la boca, la faringe, el esófago, el estómago, el intestino delgado y el intestino grueso que termina en un orificio abierto al exterior, llamado ano. Los órganos anexas o auxiliares son los dientes, la lengua, las glándulas salivales, el hígado, la vesícula biliar y el páncreas. La lengua y los dientes se encuentran en la boca pero el resto de los órganos auxiliares se encuentran por fuera del tubo digestivo y producen secreciones que se vuelcan en él y contribuyen a la degradación química de los alimentos.

En los humanos la digestión química y mecánica comienza en la boca. La saliva contiene una enzima, la amilasa, que inicia la degradación de los carbohidratos. La digestión mecánica se lleva a cabo a partir de movimientos que contribuyen a macerar y triturar los alimentos durante la masticación junto con la lengua. Los alimentos se transforman en un bolo alimenticio suave y flexible, que puede deglutirse con facilidad.

La faringe es la cavidad de la garganta formada por un conducto musculoso-membranoso en forma de tubo que se continúa con el esófago. La faringe se comunica con la boca, pero también con la nariz, con el oído medio y con la laringe. Al tragar el bolo alimenticio la laringe, se desplaza hacia arriba y queda por debajo de la epiglotis que funciona como una tapa cartilaginosa que impide que el bolo se dirija al aparato respiratorio.

El esófago es un conducto musculoso-membranoso en forma de tubo que se conecta con el estómago. Los músculos circulares que forman las paredes del esófago se contraen de manera rítmica, generando movimientos peristálticos que favorecen el desplazamiento del bolo hacia el estómago.

El estómago es un ensanchamiento del tubo digestivo ubicado en posición oblicua de izquierda a derecha del cuerpo. Se comunica con el esófago a través de un orificio llamado cardias, cuya apertura es regulada por el esfínter cardíaco y se comunica con el intestino delgado, a través de un orificio llamado píloro, controlado por el esfínter pilórico. El estómago es un órgano de paredes gruesas con profundos pliegues que desaparecen a medida que éste se llena. En sus paredes se ubican numerosas glándulas que secretan moco que lo protege y le impide auto-digerirse. Las glándulas del estómago producen también jugo gástrico, que contiene ácido clorhídrico y una sustancia precursora de la pepsina, la principal enzima que degrada las proteínas. El bolo que se mezcla con el jugo gástrico se convierte en quimo. A la digestión de las proteínas en el estómago contribuyen también los movimientos de contracción y batido que realiza la pared muscular.

El intestino delgado tiene en promedio 6 metros de longitud. Se localiza entre el esfínter pilórico y el ileocecal al inicio del intestino grueso. La primera porción del intestino delgado, de 25cm aproximadamente, se llama duodeno, las otras dos partes son el yeyuno y el ileon. En el duodeno desemboca el conducto biliar que lleva bilis producida en el hígado y almacenada en la vesícula biliar y el conducto pancreático que lleva jugo pancreático producido en el páncreas. La bilis emulsiona las grasas, provocando que las gotas de grasa se dispersen en el agua. La acidez del quimo se neutraliza con el jugo pancreático. Las enzimas presentes en el jugo pancreático y las producidas por la pared intestinal completan el proceso de digestión de los alimentos. Las vellosidades intestinales aumentan considerablemente la superficie de las paredes internas del intestino incrementando la absorción de nutrientes y agua en los vasos del sistema sanguíneo y linfático presentes en las microvellosidades. Como resultado del comer y beber ingresan diariamente al tubo digestivo alrededor de 1,5 litros de agua a la que se suman 8,5 litros provenientes de los jugos digestivos. El 95% del agua es absorbida en el intestino delgado.

El intestino grueso está compuesto por cuatro partes: el ciego, el colon, el recto y el ano. Tiene en promedio 1,5m de longitud, pero tiene mayor diámetro que el intestino delgado. En el intestino grueso no se lleva a cabo ningún proceso digestivo. En éste se absorben agua, sales y algunas vitaminas y se almacena el material no digerible, hasta que se elimina por el ano. Gran parte del agua no absorbida por el intestino delgado se absorbe en el intestino grueso. El intestino grueso también funciona como órgano de excreción porque a través de sus paredes envía al hígado, por vía sanguínea, los productos tóxicos que luego son detoxificados por él o eliminados por la orina. La última porción del intestino grueso es el recto. Los desechos digestivos abandonan el cuerpo a través del ano.

---

# Characterization of human digestion models from its representations and analysis of its progress in a group of teachers and supporting academic team

Nora Bahamonde

Instituto de Investigación en Enseñanza de las Ciencias y la Matemática. Universidad Nacional de Río Negro, Argentina  
nbahamonde@hotmail.com

Alma Adrianna Gómez Galindo

Unidad Monterrey – Cinvestav, México  
adriannagomez@yahoo.com

The study of pupil's preconceptions has been one of the most fruitful research areas in science education. This research area has evolved from studying isolated ideas to the reproduction of scientific ideas in school models. Initially, the ideas of students were the focus of the field; then, the field progressed to include ideas of teachers. From the point of view of modeling, natural phenomena can be explained through the construction of school models based on scientific explanations (see Clement, 2000). School models' theory was adopted in this research to explore school models created by a group of preschool and primary school teachers. The sample includes initial and final models -drawings and 3D models- about the human digestive system. The research was carried out through an educational intervention as part of the training activities for the researchers. Studies about the ideas of teachers that consider model development in situated practices of teacher training are scarce in the research literature (see Gutiérrez, 2014), but the field has a consistent background that encourages further exploration. In this paper, through the analysis of representations -drawings and 3D models- generated in a workshop we presented key elements of the human digestive model, which can be transferred to other representations' analysis for classifying and analyzing starting models and identifying the arrival model of workshop participants. The school models were analyzed using two levels: descriptive and interpretative. On the interpretative level, four categories were assigned for the study of the models: continuity, interaction, transformation, and integration. These ideas allowed for a classification of four initial models and one final model. The initial model number IV showed a full adoption of the idea of continuity. Yet, the other initial models presented disorganization and bias regarding the four key ideas mentioned above. The final model presented a full inclusion of the continuity and interaction features, partial changes towards the adoption of the idea of transformation, but the absence of integration. The results suggest that the influence of semiotic support and the four ideas that emerged from the models are helpful to analyze representations and their development during educational interventions.

