



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
Facultad de Educación
Departamento de Enseñanza de las Ciencias y las Artes

**EL SISTEMA DIGESTIVO Y LA DIGESTIÓN: MODELOS EXPLICATIVOS
DE LOS ESTUDIANTES DE CUARTO GRADO DE BÁSICA PRIMARA**

Trabajo de investigación realizado por:

LADY JOHANA CANO MORALES
DANIEL ADRIÁN ZAPATA MIRA

Dirigido por:

YESENIA ANDREA ROJAS DURANGO

Medellín, Junio de 2013



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
Facultad de Educación
Departamento de Enseñanza de las Ciencias y las Artes

**EL SISTEMA DIGESTIVO Y LAS DIGESTIÓN: MODELOS EXPLICATIVOS
DE LOS ESTUDIANTES DE CUARTO GRADO DE BÁSICA PRIMARA**

Trabajo de Investigación realizado por:
LADY JOHANA CANO MORALES
DANIEL ADRIÁN ZAPATA MIRA

**Para optar por el título de Licenciados en Educación Básica con Énfasis
en Ciencias Naturales y Educación Ambiental**

Medellín, Junio de 2013

*“A nuestras familias, acompañantes permanentes
de nuestra formación como docentes”*

AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo nos ha permitido avanzar en nuestro proceso de formación como docentes, es el resultado del acompañamiento continuo de varias personas, por lo que expresamos un sentido de agradecimiento:

A nuestras familias por el apoyo incondicional durante todo el proceso de formación.

A nuestra asesora de investigación Yesenia Andrea Rojas, por su paciencia, disponibilidad, orientación y acompañamiento durante el desarrollo de este trabajo. Quien con sus revisiones reiteradas del mismo, ha aportado innumerables elementos para nuestra formación y labor docente.

A la comunidad educativa del Centro Educativo Rural La Planta, especialmente a las estudiantes que voluntariamente quisieron participar en esta investigación, por brindarnos el espacio para construir juntos tantos aprendizajes en torno a la temática trabajada.

A la secretaría de Educación del municipio de Santa Rosa de Osos, por permitirnos los permisos y espacios para avanzar en el desarrollo de la práctica pedagógica y en esta investigación.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	10
1.....ANTECEDENTES.....	12
1.1 Los modelos y la modelización.....	12
1.2 Los modelos en la didáctica de las ciencias.....	15
1.3 Investigaciones realizadas en torno a la enseñanza y el aprendizaje del proceso de digestión: acercamiento al proceso de modelización.....	17
1.4 Aportes del modelo pedagógico Escuela Nueva a la educación en ciencias.....	21
1.5 Características de los estudiantes de cuarto grado de básica primaria.....	23
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	25
3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
3.1 Objetivo General.....	27
3.2 Objetivos Específicos.....	27
4. MARCO TEÓRICO.....	28
4.1 LOS MODELOS EN LA CIENCIA.....	28
4.1.1 Definición de modelo.....	28
4.1.2 Construcción de los modelos en la ciencia	35
4.2 MODELOS Y MODELIZACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA.....	39
4.2.1 Importancia de la modelización en la enseñanza de la ciencia...	39
4.2.2 Modelización en la ciencia escolar.....	41

4.2.2.1	Construcción de modelos en los profesores.....	41
4.2.2.2	Los modelos de los libros de texto de educación básica primaria 43	
4.2.2.3	Modelización en los estudiantes.....	44
4.3	DIFICULTADES EN EL APRENDIZAJE DE LOS CONCEPTOS CIENTÍFICOS DERIVADAS DE LA CONSTRUCCIÓN DE MODELOS DE LOS DOCENTES, LOS LIBROS DE TEXTO Y LOS ESTUDIANTES.....	46
4.4	ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DEL PROCESO DIGESTIVO. ...	48
4.4.1	Algunos aspectos históricos del modelo de sistema digestivo a partir de la historia de la medicina.....	48
5.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	53
5.1	TIPO DE ESTUDIO.....	53
5.1.1	Características metodológicas de la investigación.....	53
5.2	DESCRIPCIÓN DEL CASO.....	54
5.2.1	Características del Centro Educativo.....	54
5.2.2	Características de los participantes.....	55
5.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	56
6.	RESULTADOS.....	60
6.1	ANÁLISIS DE LAS REPRESENTACIONES GRÁFICAS DE LAS ESTUDIANTES.....	60
6.1.1	Modelo explicativo de Deisy antes de la intervención.....	60
6.1.2	Modelo explicativo de Valentina antes de la intervención.....	62
6.1.3	Modelo explicativo de Deisy después de la intervención.....	65
6.1.4	Modelo explicativo de Valentina después de la intervención.....	67

6.2 ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE LOS TEXTOS ESCRITOS POR LAS ESTUDIANTES.....	69
6.2.1 Conexión, organización y relación entre los órganos del sistema digestivo.....	76
6.2.2 Funcionalidad y estructura de cada órgano.....	78
6.3 DISCUSIONES DE LAS ESTUDIANTES EN TORNO A IDEAS SOBRE EL SISTEMA DIGESTIVO.....	81
7. DISCUSIÓN.....	95
8. CONCLUSIONES.....	100
9. RECOMENDACIONES.....	101
BIBLIOGRAFÍA.....	102
ANEXOS.....	CD
Anexo 1. Unidad didáctica	
Anexo 2. Transcripción de las grabaciones de audio de las discusiones realizadas por las estudiantes	
Anexo 3. Actividades desarrolladas por las estudiantes	

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Características de los modelos científicos, que aparecen recogidas en la obra de Chamizo (2006), citado por Adúriz-Bravo (2012).....	13
Figura 2 Representación utilizada en los libros de texto para educación básica primaria.....	20
Figura 3 Modelo del sistema digestivo para estudiantes de medicina. (Barrett, 2007).....	20
Figura 4 Esquema de la actual concepción de modelo teórico según la visión basada en modelos. Adaptado por Adúriz. Bravo de la propuesta que hace Ron Giere (1992).....	36
Figura 5 Representación grafica del sistema digestivo realizada por Deisy antes de la intervención del docente.....	60
Figura 6 Representación gráfica del sistema digestivo realizada por Valentina antes de la intervención del docente.....	62
Figura 7 Representación gráfica del sistema digestivo realizada por Deisy después de la intervención del docente.....	65
Figura 8 Representación gráfica del sistema digestivo realizada por Valentina después de la intervención del docente.....	67
Figura 9 Relación entre modelos explicativos iniciales de las estudiantes sobre el proceso digestivo y aspectos influyentes en la construcción de los mismos.....	96

Figura 10 Relación entre modelos explicativos y los elementos influyentes en su construcción después de la intervención didáctica.....98

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Cuadro comparativo, concepto de modelo desde la perspectiva de Fourez y Giere.....	31
Tabla 2 Etapas y procesos realizados por los científicos en la construcción de modelos, propuesta de Justi y Gilbert (2002).....	38
Tabla 3 Elementos de las representaciones gráficas antes de la intervención.	64
Tabla 4 Elementos comparativos de las representaciones gráficas después de la intervención.....	69
Tabla 5 Respuesta de Valentina y Deisy a las afirmaciones sobre el sistema digestivo (Actividad N° 2 de las Actividades de exploración de conocimiento)	71
Tabla 6 Apartes de las conversaciones de las estudiantes sobre la temática del sistema digestivo.....	82

INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de alternativas para aproximarnos a la problemática que desea abordar el presente trabajo se recurre al concepto de *modelización didáctica*, este proceso es el resultado de la recontextualización del conocimiento que realiza un profesor cuando selecciona un contenido científico de su campo de producción y lo ubica en el contexto cultural de la escuela, a partir de los saberes que posee sobre la enseñanza.

Como producto de dicho proceso el profesor genera *modelos explicativos*, estos constituyen ayudas que son brindadas a los estudiantes con el fin de permitirles superar los obstáculos que se les presenta en el difícil camino de la conceptualización (Giordan *et al.* 1995).

La comprensión de los modelos explicativos del profesor, así como de las entidades que representan se les dificulta a los estudiantes. En parte esto ocurre porque los profesores desconocen que no existe una relación directa entre los modelos científicos y la vida real; por tanto, las leyes, las teorías y los modelos, no proporcionan una descripción literalmente verdadera y exacta de la realidad. (Giere, 1992)

Al revisar la bibliografía para la presente investigación encontramos algunos estudios en los que se señalan las dificultades de los estudiantes para la comprensión del proceso de digestión y del modelo anatómico (Banet, 1989; Cunha, 2009; Ozgur, 2008; Teixeira, 2000; Carvalho, 2007), lo que llamó

nuestra atención y decidimos mediante la aplicación de una unidad didáctica en un grupo de estudiantes de básica primaria, analizar las relaciones entre los modelos explicativos que estos establecen con este conocimiento antes, durante y después de su aplicación.

Para la construcción de la unidad didáctica se tomaron como referentes a Sanmartí (2000) y Bernal (2006). Se realizaron dos pruebas piloto, una con estudiantes de quinto de básica primaria de un aula regular, I. E Cardenal Aníbal Muñoz Duque del municipio de Santa Rosa de Osos que no trabajaba con la metodología de Escuela Nueva y otra con estudiantes de grado cuarto de básica primaria del Centro Educativo Rural La Planta, lo cual permitió evaluar su funcionalidad y hacer los ajustes pertinentes. La investigación tuvo una duración de 18 meses y se requirió 1 mes para la aplicación de la unidad.

Se hicieron grabaciones de cada una de las sesiones y las discusiones más relevantes se transcribieron para su análisis, además se utilizaron representaciones gráficas y textos escritos por las niñas participantes.

Los resultados indican que es difícil describir con exactitud el modelo explicativo que utilizan las estudiantes para dar cuenta del sistema digestivo y la digestión, por ser los modelos entidades inestables y que evolucionan gradualmente; pero las características de los diferentes modelos y el contexto histórico en que se ha ido construyendo y evolucionando el modelo de sistema digestivo en la ciencia, nos permitieron concluir que existe una relación fuerte entre los modelos iniciales de las estudiantes y el modelo *aislado* y que los modelos después de la intervención han presentado cambios significativos fortaleciendo la relación con el modelo *sistémico*, pero

conservando relaciones mas tenues con los demás modelos, producto de la estabilidad en las concepciones.

Estas relaciones permiten inferir que a las estudiantes se les dificulta construir una división funcional del sistema digestivo, por lo que les es fácil comprender la estructura anatómica pero presentan dificultad en la comprensión de la fisiología del mismo. Estas dificultades pueden estar relacionadas con el proceso de evolución gradual que caracteriza la construcción de los modelos relacionados con los conceptos científicos.

1. ANTECEDENTES

1.1 Los modelos y la modelización.

¿Qué son los modelos científicos?, aún no hay una respuesta clara, sin embargo se ha procurado obtener una definición a partir de la explicación de sus características y naturaleza, con lo cual se han proporcionado recursos para la comprensión de los mismos.

Giere (1988) y Fourez (1994) coinciden en afirmar que los modelos son los medios con los que los científicos "representan" la realidad tanto para sí mismos como para los demás, sostienen que no son representaciones del mundo sino representaciones de nuestro campo de acción posible en el mundo, y por lo tanto son transitorios y contextuales.

Chamizo (2006) citado por Adúriz-Bravo (2012), los define como representaciones de objetos, sistemas, fenómenos o procesos. Sostiene que un modelo siempre es un modelo de algo, y en tanto que es una representación, simplifica lo que representa y pretende entenderse. Al mismo tiempo, establece las características de los modelos que son más comunes y usadas en las investigaciones de epistemólogos, filósofos y didactas de la ciencia (*Ver figura 1*).

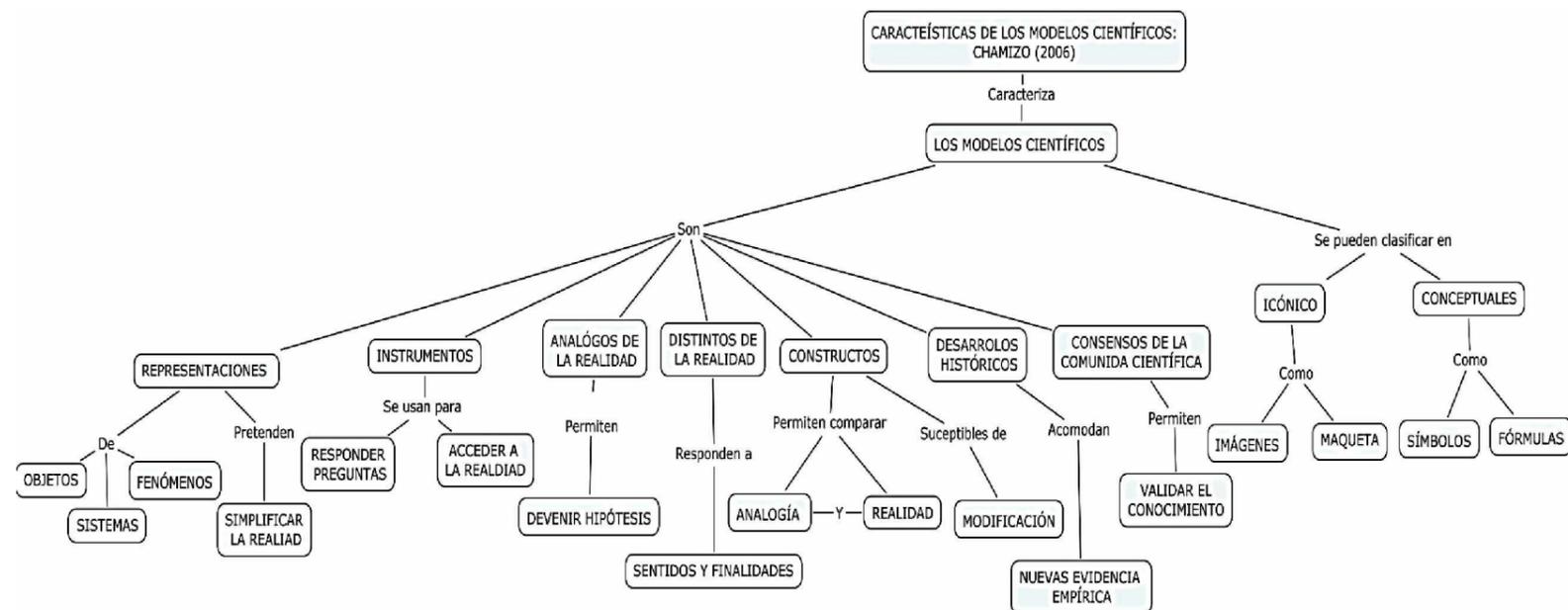


Figura 1 Características de los modelos científicos, que aparecen recogidas en la obra de Chamizo (2006), citado por Adúriz-Bravo (2012)

Rosaría Justi (2006) concibe los modelos como una *“copia de la realidad”*, tal y como lo hacen Giordan y De Vecchi (1995) al referirse a éstos como *“un sistema figurativo que reproduce la realidad bajo una forma esquemática, haciéndola de este modo más comprensible”*.

El concepto de modelo ha sido introducido por epistemólogos y didactas de las ciencias como un término genérico y cargado de polisemia (Chamizo, 2010). No obstante, investigaciones como las de Oh y Oh (2011) citado por Adúriz-Bravo (2012), revelan que es posible identificar algunos consensos en cuanto al significado que se les atribuye y a los propósitos de la modelización.

La modelización es una actividad cognitiva y de orden epistemológico que tiene como objetivos describir, explicar y predecir determinados aspectos del mundo natural a través de la elaboración de modelos, es difícil encontrar el concepto de modelización separado de las características y definición de los modelos, pues si los modelos son representaciones de una parte de la realidad, la modelización es la actividad cognitiva a través de la cual se construyen esas representaciones.

Algunas definiciones de este proceso han sido propuestas por autores como Gilbert, Boulter y Elmer (2000) citados por Justi (2009) para quienes la modelización es uno de los procesos esenciales en la producción, validación y difusión de los conocimientos científicos.

García y Rentería (2011) establecen que cuando los científicos tratan de predecir o explicar el comportamiento de un sistema a través de teorías y modelos, llevan a cabo actividades de modelización.

Los procesos de modelización en el aula son importantes porque permiten que estudiantes y profesores:

- Ordenen y construyan explicaciones de los fenómenos científicos, en lugar de simplemente memorizar hechos y definiciones.
- Definan y revisen los problemas del modelo con el tiempo.
- Busquen información y fuentes de datos, y al relacionarlos con el modelo determinen su calidad.

La modelización es una poderosa actividad que involucra a los estudiantes en el hacer y el pensar acerca de la ciencia (Maia y Justi, 2009 citadas por Khine y Saleh, 2011), proporciona un contexto para que se entienda el propósito de las herramientas que ella utiliza y de esa manera facilita el análisis crítico de los modelos utilizados, la comprensión de los conceptos científicos, y la construcción de argumentos.

1.2 Los modelos en la didáctica de las ciencias

La línea de investigación sobre modelos y modelización en ciencias,

busca comprender cómo estudiantes y profesores utilizan, construyen y se apropian de los modelos científicos. Hasta ahora se han realizado algunos trabajos que dan cuenta de la potencialidad que tiene esta línea de investigación, entre los cuales se pueden citar:

- La modelización en la enseñanza, (Giordan, 1995)
- Modelizar en Biología: una aplicación del modelo didáctico analógico (Garófalo, et al, 2005)
- La enseñanza de la ciencia basada en la elaboración de modelos (Justi, 2006)

- Hacia una didáctica de las ciencias experimentales basada en modelos (Adúriz-Bravo, 2010)
- La modelización de experimentos como estrategia didáctica para resolver problemas (García y Rentería, 2011)
- Modelo didáctico analógico. Marco teórico y ejemplos (Adúriz-Bravo, *et al*, 2005)
- Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias (Chamizo, 2010)
- Algunas características clave de los modelos científicos relevantes para la educación química (Adúriz-Bravo, 2012)

Estos confirman el marcado interés por realizar investigaciones en torno a lo que sucede en el aula y la manera como se pueden tratar ciertas problemáticas que dependen directamente de los procesos de modelización en la enseñanza de la ciencia.

En la enseñanza de los conceptos científicos se requiere que el maestro reconstruya una imagen didáctica adecuada de estos, comprenda su naturaleza y los recontextualice para que los estudiantes los reconstruyan para sí (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001).

Sin embargo la tarea de reconstruir los modelos científicos en modelos didácticos no consiste en simplificar los modelos teóricos como podría suponerse. Frente a esta condición se sustenta la importancia e interés que se ha manifestado en la línea de investigación de modelos y modelización en la enseñanza de la ciencia; pues a partir de procesos sistemáticos de investigación en el aula, el docente encuentra las maneras más prósperas conceptualmente para abordar los conceptos científicos, y los estudiantes reconstruir estas maneras de ver la ciencia, su naturaleza y la aplicación de la misma a la solución de los problemas cotidianos.

1.3 Investigaciones realizadas en torno a la enseñanza y el aprendizaje del proceso de digestión: acercamiento al proceso de modelización.

En conjunto las investigaciones realizadas alrededor de la enseñanza del proceso de digestión humana han estado dirigidas principalmente a considerar las concepciones de los estudiantes acerca de la misma y encontrar posibles cambios conceptuales por medio de la instrucción.

Banet y Nuñez (1989) han abordado algunos aspectos relacionados con el aprendizaje del proceso fisiológico de la digestión en diferentes niveles educativos, encontrando que su enseñanza debe replantearse ya que se observa la persistencia de ciertos “errores” relacionados con las funciones fisiológicas que cumple cada órgano que compone el sistema digestivo y la relación que hay entre los mismos.

Cubero,(1996) realiza una aproximación a las concepciones que tiene los niños y las niñas a cerca de la digestión humana; en la cual le da especial importancia a la historia personal que tiene cada uno de los estudiantes, a las representaciones que tienen sobre su cuerpo y las creencias culturales, entre las que se encuentran:

- Los niños consideran el estómago como el motor del aparato digestivo y desconocen el proceso que realiza el organismo para digerir el alimento.
- Es común que los estudiantes conozcan o mencionen los órganos del sistema digestivo que son cercanos a sus experiencias, aquellos que les producen sensaciones.

- Las concepciones de los estudiantes sobre el sistema digestivo, los órganos que lo conforman y la organización de los mismos, está relacionada con los hechos de la cultura, los medios de comunicación y las personas con las que conviven.

Por su parte Teixeira, (2000) ha concluido que los estudiantes de la escuela primaria construyen tres trayectorias de los alimentos a través del interior del cuerpo:

- Todos los alimentos ingeridos quedan por completo en el cuerpo
- Todos los alimentos ingeridos posteriormente dejan el cuerpo y
- Una parte de lo que es ingerido permanece en el cuerpo mientras que el resto sale.

Ayudando a identificar algunos modelos que poseen los estudiantes sobre el proceso digestivo, Carvalho, *et al* (2004) defienden que muchas de las concepciones que los estudiantes más pequeños tienen acerca del sistema digestivo están relacionadas con sus experiencias diarias, los obstáculos epistemológicos y los obstáculos didácticos. En otra publicación, Carvalho, *et al* (2007) analiza desde el contexto histórico (1920- 2005) el papel de las imágenes que presentan los libros de texto en el aprendizaje de los conceptos científicos, en el caso de las representaciones gráficas sobre el sistema digestivo, concluye que:

- Generalmente no se observa que el sistema digestivo posea vínculos con otros sistemas del cuerpo humano.
- Las imágenes analizadas representan el tracto digestivo, pero constituyen una gran confusión después del estómago para evidenciar en ellas la conexión entre intestinos y glándulas anexas.

- Las imágenes pueden tener mayor influencia en el aprendizaje de conceptos científicos que un texto, pero a la vez pueden representar obstáculos didácticos para la comprensión de los conceptos científicos.

Para nuestro trabajo los estudiantes participantes usualmente utilizan como libro de texto el módulo de Escuela Nueva, el cual representa el modelo gráfico del sistema digestivo de una manera en la que no es posible identificar las conexiones entre los órganos que lo conforma ni tampoco la división funcional en esfínteres (*ver figura 2*). Al compararlo con un libro de texto utilizado para la enseñanza de la medicina (Barrett, 2007) encontramos una diferencia importante ya que en este se representa el modelo de sistema digestivo (*ver figura 3*) de tal manera que resulte clara la conexión existente entre los diferentes órganos que lo conforman y la división del tubo digestivo por esfínteres y válvulas. Más adelante nos detendremos en el análisis de la incidencia que pueden tener las representaciones gráficas de los libros de texto en el aprendizaje del sistema digestivo.

Siguiendo con nuestra exploración bibliográfica encontramos a Cunha (2009) quien concluye que la construcción de analogías es una herramienta útil para la comprensión de los procesos de digestión, así mismo plantea que la promoción de la creatividad e imaginación en los estudiantes ayuda para que puedan entenderlo mejor.

Estas investigaciones y el acercamiento que realizan en torno a la actividad de maestros y estudiantes al trabajar el proceso de digestión en el aula nos animan a profundizar en su estudio desde la perspectiva que plantea la línea de investigación en modelos y modelización.

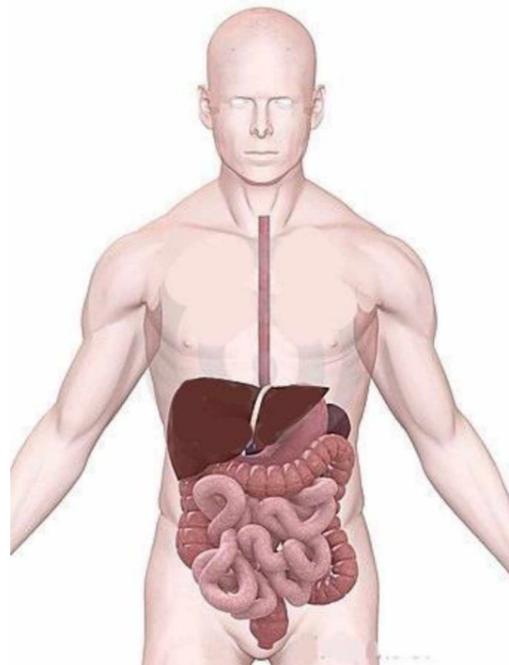


Figura 3 Representación utilizada en los libros de texto para educación básica primaria.

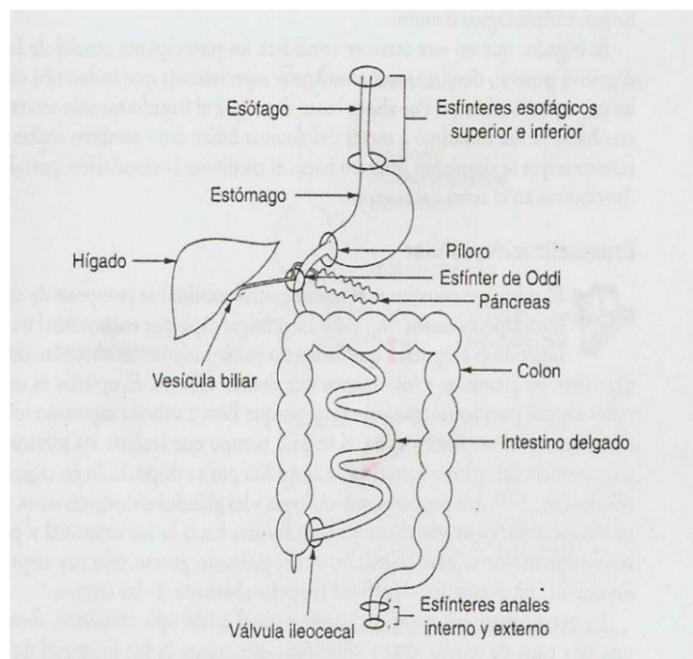


Figura 4 Modelo del sistema digestivo para estudiantes de medicina. (Barrett, 2007)

1.4 Aportes del modelo pedagógico Escuela Nueva a la educación en ciencias

Es importante tener presente el contexto histórico en el que nace el modelo pedagógico Escuela Nueva en Colombia. Un grupo de pedagogos en los años 70 comienza a inquietarse por el ausentismo estudiantil que presentan las escuelas campesinas y la imposibilidad de mantener en ellas un maestro por cada grado de enseñanza, la deserción escolar se debe principalmente a las actividades agrícolas y pecuarias realizadas por los estudiantes.

Se piensa entonces en el modelo pedagógico Escuela Nueva donde existe un maestro multinivel, quien con la ayuda de metodologías activas de aprendizaje autónomo y flexible, atiende los procesos de enseñanza para los cinco grados de educación básica primaria y el nivel de precolar semiescolarizado, recientemente incorporado.

Se utilizan módulos o guías de trabajo que buscan propiciar el aprendizaje autónomo y colaborativo del estudiante, el profesor se torna en un orientador y acompañante de dicho proceso, así las cosas el proceso de modelización didáctica no se le facilita y se torna difícil la reflexión pedagógica.

Para el caso de la enseñanza de las ciencias naturales los contenidos están preparados en las unidades o módulos de acuerdo a los criterios de agentes externos sin tener en cuenta las características propias del contexto y la historia y la epistemología de los conceptos.

El módulo de ciencias naturales y educación ambiental¹ del grado cuarto, está dividido en 8 unidades temáticas, cada una conformada por cuatro guías o talleres en los que se abordan grupos de conceptos relacionados; cada guía posee una serie de logros que se espera el estudiante alcance al finalizarla y su estructura organizativa sigue un proceso metodológico dividido en tres momentos fundamentales: actividades básicas o introductorias, actividades prácticas o de presentación del tema y actividades de aplicación o finalización.

En algunas de las actividades se sugiere al estudiante el trabajo con la ayuda del profesor o la profesora, sin embargo la mayor parte del módulo requiere el trabajo autónomo y la discusión grupal.

Es importante señalar que la finalización de cada unidad esta acompañada por un taller en el cual los estudiantes deben evaluar sus logros y que abarca los conceptos más importantes trabajados en la unidad.

Desde un punto de vista general el módulo de ciencias naturales propone a los estudiantes el desarrollo de: gráficos, mapas de conceptos, maquetas, experiencias de laboratorio, salidas de campo, discusiones grupales, consultas en la biblioteca y trabajos con la familia; con el fin de que el estudiante reconstruya los conceptos científicos.

En el caso del contenido referido al proceso de la digestión en los humanos, el módulo parte de la observación de la representación gráfica del sistema digestivo, propone la ubicación de algunos órganos específicos y la definición posterior de sus funciones; como actividad evaluativa presenta una lotería de

¹ Este modulo fue editado por ultima vez en el ano 2007, por la FUNDACION ESCUELA NUEVA VOLVAMOS A LA GENTE; en bogotá Colombia.

relación entre el dibujo de algunos órganos indicados y su correspondiente función.

Consideramos que se omiten aspectos importantes para la adecuada comprensión del modelo científico como: la relación entre los órganos que componen el sistema, la duración de los procesos digestivos, la relación del mismo con otros sistemas, entre otros ampliamente abordados en la literatura.

1.5 Características de los estudiantes de cuarto grado de básica primaria.

Es difícil encontrar dentro de las investigaciones existentes, en torno al proceso de modelización en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales, características específicas que describan los límites, cualidades y condiciones de esta actividad en estudiantes de niveles como la básica primaria y mucho menos de cuarto grado. Sin embargo gracias al proceso de interrelación con el grupo de estudiantes de este grado, a través de la práctica pedagógica en el Centro Educativo Rural La Planta Municipio de Sata Rosa de Osos (Antioquia), se hace posible la identificación de ciertos aspectos y la relación de éstos con la línea de investigación.

Así, a través de la observación participante², en el aula de clase se han identificando algunas características en los estudiantes, entre las que cabe destacar:

² La observación participante es una estrategia para llegar profundamente a la comprensión y explicación de la realidad por la cual el investigador participa en la situación que quiere

- El desarrollo del proceso de conceptualización en la Ciencias Naturales, obedece a los contenidos temáticos establecidos en el módulo de Escuela Nueva y a su diseño metodológico. Acompañado con algunos proyectos específicos como la huerta escolar.
- Desarrollan las unidades temáticas a través de la orientación del docente, la metodología de trabajo en equipo, la discusión de algunos problemas puntuales, los aportes teóricos ofrecidos por los libros de texto, para este caso, el módulo de Ciencias Naturales y otros encontrados en la biblioteca.
- Presentan gran interés por el desarrollo de gráficos y redes conceptuales que permitan sintetizar la información de los textos que presenta el módulo de trabajo, las cuales están diseñadas previamente en las guías, correspondiendo a éstos, la acción de completación, bien sea con conceptos u otros gráficos.
- Se ven identificados con el trabajo autónomo, el cual sugiere en muchos casos la transcripción de textos, representaciones gráficas y conclusiones, que no siempre suponen la comprensión de lo que representan, pues en algunos casos se enfrentan a talleres evaluativos con gráficos, mapas de conceptos similares, siendo incapaces de abordarlos de la forma como fueron desarrollados en la guía.
- Utilizan el cuaderno de notas como una herramienta importante para el registro de los procesos que se desarrollan en el aula, orientados principalmente por la metodología propuesta en los módulos de ciencias naturales.

observar, es decir, penetra en la experiencia de los otros, dentro de un grupo o institución (Galeano, 2004: 35)

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las investigaciones realizadas alrededor de los procesos de modelización en la enseñanza de las ciencias han ocupado un gran número de publicaciones, esto debido a que el concepto de modelo es uno de los pilares metateóricos sobre los que se edifican las ciencias naturales (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001).

La actividad de modelizar se evidencia en todos los niveles donde se trate de representar la realidad a través de modelos; así los científicos elaboran *modelos teóricos*; los docentes elaboran *modelos didácticos* y los estudiantes *modelos explicativos*; estas tres clases de actividad difieren en grados de generalidad y complejidad, pero se asemejan en cuanto intentan acercarse lo más posible a la realidad tal y como ésta es (Fourez, 1998).

En esta investigación, en concreto, se parte del interés por explorar los modelos explicativos que usan dos estudiantes de básica primaria del Centro Educativo Rural La Planta, del Municipio de Santa Rosa de Osos (Antioquia) para dar cuenta del proceso de digestión en los seres humanos, así como de los cambios que se producen con la puesta en marcha de una unidad didáctica.

Pretendemos identificar ¿Qué características tienen los modelos explicativos de las estudiantes y los elementos didácticos que inciden en su construcción y reconstrucción?

El análisis de los modelos explicativos que poseen los estudiantes sobre el proceso de digestión ayudará a identificar aspectos que pueden constituirse

en dificultades para su aprendizaje y en consecuencia proporcionará herramientas valiosas para el diseño y la planeación curricular de estrategias para su enseñanza.

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Objetivo General

Identificar los modelos explicativos expresados por las estudiantes de cuarto grado del CER la Planta sobre el sistema digestivo y el proceso de digestión a partir de la aplicación de una unidad didáctica que ofrece alternativas a los módulos o guías de aprendizaje de Escuela Nueva.

3.2 Objetivos Específicos

- Comparar las representaciones utilizadas para la enseñanza del sistema digestivo en el módulo de Escuela Nueva de ciencias naturales para el grado cuarto con una de las representaciones que se emplea para su enseñanza en la medicina lo que posibilite la evaluación de la influencia que cada una de ellas tiene en la construcción de los modelos explicativos en las estudiantes.
- Describir las diferencias significativas en los modelos explicativos de las estudiantes participantes de la investigación antes y después de la aplicación de una unidad didáctica, estructurada según el ciclo constructivista de aprendizaje de Neus Sanmartí y la estrategia pedagógica de estudio de caso de Bernal.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 LOS MODELOS EN LA CIENCIA

4.1.1 Definición de modelo

Entorno a la definición de modelo en la ciencia, encontramos diferentes posturas, pero con sentidos comunes subyacentes, ya que en general los modelos son representaciones de algo que está en nuestra mente o en la realidad exterior, en nuestro diario vivir, incluso en la teoría misma. Sin embargo la pluralidad de estas definiciones permite abarcar el concepto desde varias perspectivas, identificar cómo funcionan los modelos en la ciencia y establecer características convergentes que den claridad sobre la naturaleza de la ciencia representada y qué visión de modelo utilizar en cada caso. De este modo presentamos a continuación algunas definiciones, clasificación y uso de los modelos en la ciencia, realizados por epistemólogos y didactas de la ciencia.

Los modelos teóricos estarán entonces direccionados por la actividad realizada por los científicos, quienes tratan de comprender lo que sucede en la realidad y representarla a través de modelos teóricos, dando estructura a la ciencia. Por tanto la naturaleza de la misma puede ser analizada como construcción a partir de las representaciones que realizan los científicos,

pero estas representaciones son difíciles de comprender por sus grados de abstracción y generalidad.

En este sentido para Fourez (1998) los modelos científicos son representaciones de la realidad y, las teorías, las leyes y las hipótesis se pueden considerar modelos que difieren en grados de generalidad, además considera que los modelos no proporcionan una representación total del mundo, sino que constituyen la representación específica del campo de acción del científico en el mundo, lo que proporciona a los modelos un carácter contextual y social, dejando entrever que los modelos son descubiertos por los científicos, quienes le imprimen su identificación y rasgos dependiendo del momento histórico y social en que se descubren.

Entonces para Fourez los modelos científicos pueden ser tratados de la misma manera que las leyes y las teorías y como tales son representaciones transitorias del mundo, que los científicos encuentran prácticas, interesantes y útiles en determinado momento, en este sentido, los modelos teóricos cumplen las mismas funciones que otros modelos, con una fin único y es aproximarse de la forma más cercana posible a lo que es la realidad.

Entre tanto para Giere (1988) los científicos representan la realidad tanto para sí mismos como para los demás a través de modelos, pero estos últimos no constituyen una representación que se corresponda directamente con la realidad. Para él el modelo teórico se relaciona con los elementos simbólicos que lo componen y con lo que llama "*similaridad*" del mundo que modeliza, paralelo a los llamados "parecidos de familia" de Wittgenstein (1988)

Pero tal vez por el contexto histórico y posturas epistemológicas Fourez y Giere presentan algunas diferencias, las cuales se relacionan en el *cuadro 1*;

teniendo en común aspectos referidos a la representación, característica de los diferentes tipos de modelos.

Un aspecto que consideramos interesante en los elementos propuestos por Fourez, es que quien realiza las representaciones o modelos le imprime en su esencia un significado propio, lo que hace que no siempre quien ve o trata de utilizar el modelo sea capaz de identificar esos elementos característicos y por lo tanto hacer uso del mismo. Así podría recurrirse a una actividad de la ciencia como consenso entre científicos para determinar cuáles características de los modelos creados han de permanecer y cuáles deben suprimirse.

Tabla 1 Cuadro comparativo, concepto de modelo desde la perspectiva de Fourez y Giere

Características de los modelos según Gerard Fourez (1998)	Características de los modelos según Ronald Giere (1988)
En la práctica podemos considerar que leyes y teorías son modelos, es decir, representaciones que encontramos interesantes.	Las teorías están constituidas por dos elementos: (1) la población de modelos, y (2) diversas hipótesis que vinculan esos modelos con sistemas de la realidad. La teoría científica resulta no ser una entidad definida. No hay condiciones necesarias y suficientes que determinen qué modelos o qué hipótesis son parte de la teoría.
Todas las representaciones que nos hacemos del mundo se pueden llamar teorías, leyes o modelos.	Los modelos teóricos son el medio con el que los científicos representan el mundo, tanto para sí mismos como para los demás. Estos modelos son de carácter abstracto e ideal.
Los modelos científicos se pueden ver no como una representación del mundo, sino como una representación de nuestro campo de acción posible en el mundo.	Las representaciones que construyen los científicos no pueden ser de naturaleza tan radicalmente diferente de las empleadas por cualquier persona.
Lo importante para un modelo teórico es acercarse lo más posible a la realidad tal y como ésta es. Las	Las leyes, las teorías y los modelos, no proporcionan una descripción literalmente verdadera y exacta de

representaciones "verdaderas" deberían tender asintóticamente hacia la verdad.	la realidad.
Los sistemas teóricos aparecen como interpretaciones que organizan nuestra percepción del mundo. Son creaciones del espíritu humano, como las visiones poéticas, artísticas, estéticas, etc.	En la construcción de teorías los modelos deben poseer "un parecido de familia". Los juicios colectivos de los científicos determinan si el parecido es suficiente. Éste es un aspecto en que las teorías no sólo se construyen sino que también lo hacen desde el punto de vista social.
Habría realmente "invención" de los modelos teóricos en el sentido de que "descubrirlos" consiste en inventar una manera nueva de ver las cosas que, finalmente, se revela muy fecunda.	La posibilidad de generar todas las familias de modelos a partir de un conjunto simple de axiomas generales no es condición necesaria para ninguna teoría científica.

La comparación entre estas dos visiones, no sólo constituye un marco de diferenciación sino que posibilita la identificación de aspectos comunes que han sido propuestos en la filosofía de la ciencia, como base para la comprensión de lo que son los modelos y que enriquecen nuestra visión sobre la función de los modelos en la ciencia.

Hasta aquí se ha abordado el concepto de modelo en la ciencia como representación, postura que es apoyada por Moreira, et al. (2001) al destacar que la principal función de los modelos es la capacidad que tienen de ser

representaciones del mundo producidas por el pensamiento humano, y Justi (2006) quien considera que a través de los modelos representamos "cosas" tanto tangibles como intangibles, en busca de una cercanía con la realidad haciéndola más comprensible, por tanto el modelo reproduce los principales aspectos visuales o la estructura de la cosa que está siendo modelada, convirtiéndose de este modo en una copia de la realidad.

La convergencia de estas posturas en definir los modelos como representación, nos permite entender que esta es la concepción más usual de modelo metateórico y que sus principales diferencias se concentran en la pluralidad de objetos que se representan y en la manera como lo hacen los científicos.

Como han destacado (Morrison y Morgan, 1999 citado por Justi, 2006:175), al referirse a la palabra representación, la cual

"...no se usa solamente en aquellos casos en los que exista un tipo de exhibición de aspectos visuales de la entidad modelada, sino también como una representación parcial que al mismo tiempo "abstrae de" y "traduce de otra forma" la naturaleza de esa entidad. Situación que da a los modelos una doble representación, lo que se observa y lo que se abstrae de lo observado"

Como lo hemos anotado el modelo como representación en la ciencia ha sido estudiado no solo por epistemólogos sino también por didáctas, en busca de la comprensión de la actividad de los científicos y la naturaleza de la ciencia. Encontrando que principalmente la idea semántica de modelo como representación describe dos visiones fundamentales, (Aduriz-bravo, 2011):

En la primera, el modelo remite a un arquetipo, ejemplo paradigmático o epítome de una clase o conjunto; se refiere a un caso, una concreción o una

instancia representativa de una determinada situación más general o abstracta; evoca la idea de un canon a imitar o de unas reglas de juego a seguir.

En la segunda, remite a una versión estilizada, réplica, esquema o diseño de algo; señala una imitación o simulación de su referente, que sólo captura de manera simplificada algunos elementos centrales, elegidos según una determinada mirada intencionada, y que pasa por alto los detalles a fin de permitir un acercamiento más sencillo al entendimiento y la manipulación de lo que se está modelizando.

La primera visión está relacionada con características axiológicas de los entes representados, en tanto la segunda con características operacionales; se refieren a ejemplo e imitación respectivamente, cuya distinción en la vida cotidiana parece ser simple y acorde a las necesidades. Pero en el caso de los científicos la situación no es parecida, esta distinción entre representaciones constituye un obstáculo, pues es difícil comprender a qué se refieren los científicos cuando utilizan una visión u otra y en algunos casos cuál de las visiones es la utilizada.

Recogiendo los diferentes aportes presentados en este apartado, para el caso de esta investigación conviene utilizar los modelos como una representación que intenta dar cuenta de la realidad, creada por los científicos, como acción fundamental en la construcción de la ciencia. Tales representaciones se materializan a través de leyes, teorías, hipótesis, representaciones gráficas, ecuaciones, enunciados, axiomas y analogías, los cuales se asemejan en cuanto a función representante, pero difieren en grados de generalidad y abstracción. Así la ciencia se puede entender como una construcción humana cuyas bases se edifican con familias de modelos

elaborados por los científicos. Concepción amparada en la nueva filosofía de la ciencia.

4.1.2 Construcción de los modelos en la ciencia

Si bien se puede establecer que los modelos en la ciencia son elaborados por los científicos para representar la realidad, lo que constituye una fuente de análisis de la naturaleza de la ciencia, también es necesario comprender la forma en que los científicos realizan esa actividad y la semejanza existente con otras actividades humanas, pues ya se ha dicho citando a Giere (1998) que las actividades que realizan los científicos no pueden ser de manera tan diferente de las actividades realizadas por el resto de los humanos.

Si los modelos son representaciones de la realidad, uno de los principales medios a través de los cuales los científicos la representan son las teorías, así comprender cómo realizan esta actividad puede encontrarse oculto en la respuesta a las preguntas: ¿que son las teorías? ¿Cómo funcionan? ¿Qué las diferencia de otros modelos?

Para encontrar explicación a los fenómenos, los científicos emplean elementos de la realidad y otros existentes en las teorías, utilizan los modelos existentes como base para la construcción de otros modelos, entonces los modelos científicos sirven de mediación entre las teorías y realidad.

Según Giere (1992), las teorías están conformadas por familias de modelos, los cuales describen algunos parecidos entre sí y con la realidad. Estas son representadas por los científicos a través de diferentes formas de representación, bien sea principios, leyes, ecuaciones, tablas, gráficas o

analogías, lo que argumenta aun más a favor de la relación entre modelos a la hora de enfrentarse a la construcción de uno nuevo; por lo tanto los modelos constituyen un aspecto importante en la formación de los científicos. Esta concepción sobre los modelos teóricos es adaptada por Adúriz-Bravo (2005) como se muestra en la *figura 4*.

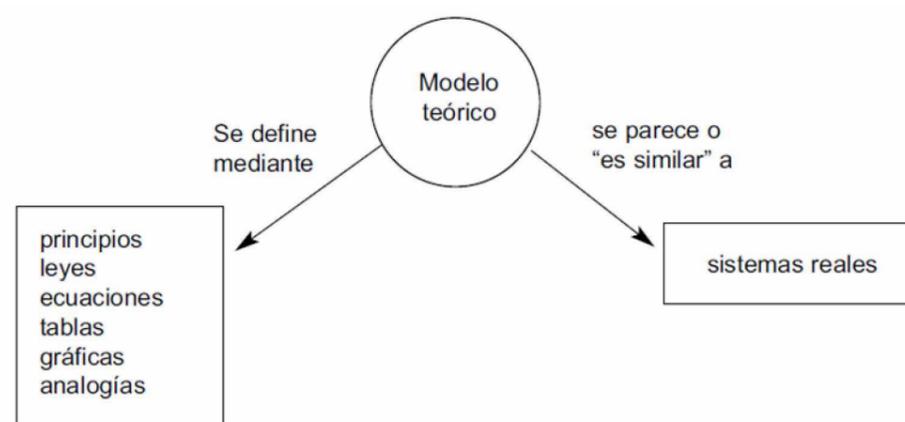


Figura 5 Esquema de la actual concepción de modelo teórico según la visión basada en modelos. Adaptado por Adúriz. Bravo de la propuesta que hace Ron Giere (1992)

A pesar la importancia de modelos en la construcción de la ciencia, en los libros de texto, no se encuentran instrucciones o procesos que describan pasos específicos a través de los cuales los científicos elaboran los modelos teóricos. Al respecto Justi (2006) expresa que la elaboración de modelos corresponde a una destreza tácita, que debe ser aprendida y no enseñada, que está acompañada por la creatividad, poniendo la construcción de los modelos al nivel de las creaciones artísticas.

Sin embargo la filosofía de la ciencia, con el fin de comprender su naturaleza, ha realizado, teniendo en cuenta aportes de didáctas y epistemólogos, acercamientos al respecto, proponiendo definiciones de los modelos teóricos, así como un modelo para la construcción de modelos (Giere, 1992; Justi &

Gilbert, 2002a), los cuales hemos tomado para explicar este proceso de la ciencia.

Las características de los modelos teóricos, presentadas en la *Figura 3*, constituyen un acercamiento a la actividad de los científicos, sin embargo es importante conocer cómo se pasa de la realidad a las representaciones, cuáles son los posibles pasos intermedios y como se dijo antes, qué parecido existe entre estos procesos y otros realizados en actividades humanas como la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia.

Justi & Gilbert (2002) proponen cuatro etapas, a través de las cuales los científicos construyen los modelos, éstas son el resultado del análisis de lo que, filósofos y profesores, dicen sobre cómo el conocimiento científico se desarrolla al igual que del trabajo de los científicos que han contribuido a ese desarrollo. La adaptación de estas etapas se encuentra representada en el *cuadro 2*.

Entre las diferentes etapas se da una relación de correspondencia, es decir el éxito en cada una posibilita el avance hacia la siguiente. Al igual, a través de lo que hemos tratado hasta aquí, cuando los modelos son aceptados entre la comunidad científica en el proceso de socialización, éstos sirven de referencia para iniciar nuevamente el ciclo y pasar a la etapa de divulgación científica.

Tabla 2 Etapas y procesos realizados por los científicos en la construcción de modelos, propuesta de Justi y Gilbert (2002)

Etapa	Procesos
1	<ul style="list-style-type: none"> - Definición de objetivos - Búsqueda de observaciones iniciales (experiencias previas o nuevas con el objeto a modelar). - Selección de aspectos de la realidad que se usarán para describir el objeto a modelar. (analogías o recursos matemáticos) - Elaboración de un modelo mental inicial (Creatividad y razonamiento del individuo)
2	<ul style="list-style-type: none"> - Elección de la forma de representación para el modelo (Concreta, visual, verbal, matemática o computacional).
3	<ul style="list-style-type: none"> - Comprobación del modelo propuesto (experimentos mentales o experiencias prácticas) - Modificaciones del modelos en caso de falla (reincorporación al proceso) - Posible rechazo del modelo por problemas serios (implicar reiniciar en la etapa 1) - Validez del modelo previa comprobación experimental
4	<ul style="list-style-type: none"> - Socialización del modelo teniendo en cuenta el ámbito de validez y limitaciones.

Representar la manera cómo piensan los científicos e incluir algunos elementos de su pensamiento sirve de ayuda para comprender que los modelos en la ciencia poseen un significado diferente a como se conciben en la vida diaria. Al igual que involucran finalidades específicas y representaciones complejas que desde el punto de vista cognitivo representan una actividad potencialmente productiva del pensamiento que es posible llevar a otros espacios como la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia.

4.2 MODELOS Y MODELIZACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA

4.2.1 Importancia de la modelización en la enseñanza de la ciencia

El examen histórico-epistemológico del desarrollo de las ciencias permite concluir que la construcción de modelos o "modelización" por parte de las diferentes comunidades de especialistas ha sido una necesidad preponderante (Gallego, 2004). Por lo que estudiar la manera cómo se construyen los modelos, sus relaciones, dificultades, alcances y más aun la manera cómo es posible aprender a construir los modelos debe constituir una necesidad similar, y de hecho ha ocupado el interés de las propuestas de enseñanza de la ciencia en los últimos años, siguiendo de cerca no solo la actividad de los científicos que construyen los modelos teóricos, sino también de quienes se enfrentan a la comprensión de los mismos, especialmente en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia: profesores y estudiantes.

Hanson (1958) citado por Gallego (2004) establece que la construcción de modelos es algo inherente al proceso de conocimiento; proceso este que se caracteriza por una sucesión de elaboraciones y sustituciones de modelos. Que aparece de una manera especializada en los científicos y que es vista por estos como trivial en estudiantes de educación inicial, pero que en ambos casos se muestra fecunda como actividad cognitiva para acercarse al conocimiento. Así el concepto de modelización aparecerá en las actividades de científicos, estudiantes y profesores de ciencias, aunque de manera diferente, con características comunes como actividad cognitiva.

Entonces al igual que en la ciencia, en su enseñanza y aprendizaje, se construyen representaciones que facilitan la comprensión de procesos, de conceptos, fenómenos e incluso de modelos; estas son consideradas modelos de modelos, ya que tienen la capacidad de expresar el complejo pensamiento humano, son herramientas utilizadas para explicar, predecir y describir fenómenos; por tanto nos brindan la posibilidad de transformar el conocimiento complejo, expresado en modelos teóricos, a un nivel de abstracción cognoscible.

Así la modelización en la enseñanza de la ciencia se muestra como una poderosa herramienta para la comprensión de los conceptos científicos, pues los estudiantes al enfrentarse a modelos explicativos, así como al proceso de construcción de sus propios modelos tienen la oportunidad de, al igual que los científicos, elaborar modelos mentales que les permitan explicar, predecir, prever, y solucionar problemas relacionados con los fenómenos científicos; evaluar los modelos propuestos, determinar su validez o cambiarlos por modelos que tengan más cercanía con el objeto real estudiado.

Esta diversidad de actividades en el aula, como los señala Aduriz-Bravo (2011) permiten recrear el saber disciplinar, que debe ser enseñado en tanto

permita la comprensión de los fenómenos naturales. No como un redescubrimiento de las ideas y modelos que han tardado años de investigación sino como una actividad constructiva que posibilite al estudiante apropiarse de ese conocimiento, bajo la formalidad de cada momento en el aula.

4.2.2 Modelización en la ciencia escolar

Para comprender las características principales de la construcción de los modelos en la ciencia escolar, centrándonos en la actividad modelizadora de los estudiantes, quienes ocupan la atención en esta investigación; es importante identificar aspectos de este proceso derivados de los modelos construidos por los profesores, así como los presentados en los libros de texto.

4.2.2.1 Construcción de modelos en los profesores

Los modelos construidos por el profesor ocupan un lugar especial en la enseñanza de la ciencia, esto porque ellos se fundamentan en la concepciones epistemológicas, didácticas y pedagógicas, a partir de lo que el maestro entiende para si mismo de los modelos teóricos.

Así, la enseñanza vista como construcción activa de conocimiento basada en modelos, implica al maestro una actividad de modelización. Pues sin duda alguna, el conocimiento no lineal ni acumulativo, ha de suponer que el profesor analice a partir de la historia de la ciencia, la manera en que han

sido construidos los modelos teóricos, cómo se dio el paso de un modelo con fallas a otro de mayor cercanía a la realidad y poder explicativo, los problemas que resolvió y las soluciones que no fueron satisfactorias y que suscitó en los científicos la construcción del modelo que lo sustituyó. Como afirma Gallego (2004) las diversas relaciones que se pueden establecer con estos elementos dan pie para pensar que las concepciones de los profesores configuran igualmente un modelo.

El profesor necesita proponer el trabajo alrededor de los conceptos científicos de un modo menos abstracto y mucho más comprensible, que permita al estudiante superar algunos obstáculos que se le presentan en el proceso de conceptualización, ayudas didácticas que para nuestro caso están constituidas por los modelos explicativos construidos por los maestros (modelización didáctica).

La modelización lleva sin duda al diseño de experiencias, a la comprobación de resultados, a la comprensión de enunciados y representaciones lingüísticas, algorítmicas, gráficas y modelos teóricos. Según Medina (2010) Cuando una persona intenta comprender un modelo conceptual, toma de él aquellos elementos que considera importantes, lo relaciona si es que es posible con aquello que ya conocen, y genera o no modelos mentales que no necesariamente son similares a los modelos conceptuales presentados.

En tal sentido la actividad modelizadora del docente, en la enseñanza de la ciencia basada en modelos, se torna doble y necesaria, ya que debe construir para sí mismo representaciones de los modelos teóricos, entendiendo la capacidad explicativa de los mismos, y luego construir modelos explicativos que le permitan a otros elaborar sus propios modelos y comprender los fenómenos o conceptos tratados en la ciencia. Este largo camino no busca desdibujar la naturaleza de la ciencia con procesos

simplistas, sino proporcionar el aprendizaje de ésta, de la manera requerida por los procesos cognitivos de los estudiantes y sus propias concepciones de ciencia.

Así Sanmartí e Izquierdo (1999) citadas por Galagovsky, L y Adúriz-Bravo (2001) señalan que el profesor ha de presentar los modelos de manera creíble y convincente, y por ello gran parte de su trabajo puede considerarse "retórico". Ha de mostrar que los modelos ayudan eficazmente a interpretar los fenómenos, gracias a hipótesis que puedan contrastarse experimentalmente; así por ejemplo el profesor puede presentar a los estudiantes el modelo gráfico de sistema digestivo en humanos, cuando considere que este modelo puede contribuir a clarificar el proceso de la digestión.

4.2.2.2 Los modelos de los libros de texto de educación básica primaria

Los libros de texto ocupan sin lugar a dudas un importante papel en los procesos de conceptualización de los estudiantes y más aun en algunos modelos educativos como el de Escuela Nueva, son entonces el medio a través del cual se presentan en muchas situaciones los modelos didácticos, siendo legitimados como oficiales y de carácter científico, se reconocen como validos. Además los libros de texto son una poderosa herramienta que posee implícita la imagen de ciencia, la imagen de estudiante y el papel del docente.

Los modelos en los libros de texto son didactizados por las editoriales, quienes los reconstruyen en base a los modelos teóricos o simplemente los

transcriben organizados en bloques de modelos acompañados de lecturas explicativas y experiencias de comprobación. Por tanto los modelos en los libros de texto pueden ser representaciones similares a los modelos científicos o simplemente acomodaciones del modelo en modelos explicativos. Así la utilización de este tipo de material no se limita a la creencia de que los modelos que aparecen allí son los más adecuados para la conceptualización en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

Se trata según Sanmartí (2007) de que el lenguaje de la ciencia aparezca en la narración científica escrita, es decir en los libros de texto, de una manera tal que enseñe al estudiante a desarrollar habilidades cognitivo-lingüísticas para comprender los conocimientos que aprende y desarrollar la creatividad en el proceso de modelizar la ciencia y hacer evolucionar sus ideas en un proceso que no comienza ni termina con el uso del libro. Pero esta actividad no es posible sin el acompañamiento didáctico, epistemológico y pedagógico del maestro, quien vuelve a tener relevancia en recontextualizar los modelos presentados en los libros de texto de manera que propicien una verdadera actividad de modelización en los estudiantes.

4.2.2.3 Modelización en los estudiantes

Los estudiantes a través de su interacción con el mundo que los rodea crean diferentes explicaciones de los procesos observados, estas explicaciones constituyen modelos iniciales a través de los cuales cada individuo representa la realidad y son llamados modelos mentales.

"Los modelos mentales son análogos estructurales del mundo, son representaciones internas que permiten comprenderlo, dado que

dotan a los individuos de la capacidad de explicar y de predecir. Son correlatos mentales de la realidad (del mundo) ante la imposibilidad de aprehenderla directamente, siendo de ese modo como se le atribuye significado". (Moreira, *et al*, 2001:246)

Por esto el proceso de comunicación entre profesor y estudiante se produce en la relación existente entre los modelos explicativos o conceptuales, a través de los cuales se orienta la enseñanza, y los modelos mentales por medio de los que los estudiantes aprenden. Esta relación no es de carácter sencillo ni unidireccional, implica que el maestro se acerque de manera previa a los modelos de los estudiantes, recreando de este modo en el aula una dinámica de construcción de nuevos modelos a partir de modelos existentes en la estructura cognitiva de quien aprende. Y al igual que en la ciencia estableciendo relación entre modelos existentes.

La actividad cognitiva de creación de modelos por parte de los estudiantes requiere que identifique las características de su modelo y elija la mejor forma para representarlo, establezca hipótesis y las sometan a comparación bajo las condiciones de su modelo, realice ajustes y lo compare con otros modelos como el del profesor, lo que le permita reformular o cambiar el propio, identifique los alcances y limitaciones del modelo en el momento de explicar y comprender los conceptos científicos y finalmente que se apropie del aprendizaje de los conceptos a partir de la construcción del modelo mejor adaptado, es decir modelos que sean comprensibles para los estudiantes pero que estén en relación directa con los conceptos científicos.

4.3 DIFICULTADES EN EL APRENDIZAJE DE LOS CONCEPTOS CIENTÍFICOS DERIVADAS DE LA CONSTRUCCIÓN DE MODELOS DE LOS DOCENTES, LOS LIBROS DE TEXTO Y LOS ESTUDIANTES

La comprensión y construcción de modelos en los estudiantes no es una actividad simple y al igual que en el caso de los científicos, nos describe una receta o un conjunto de pasos que conduzcan a modelos directos. Como actividad del pensamiento, la modelización en los estudiantes es un proceso complejo que parte de las relaciones entre diferentes modelos, para este caso, los modelos explicativos del profesor, los presentados en los libros de texto, los existentes en la estructura cognitiva y los mismos modelos teóricos.

Descrita la importancia de la modelización en la ciencia, y gracias al trabajo de epistemólogos, filósofos, didactas y profesores de ciencias, se han identificado algunas dificultades específicas derivadas de cada actividad modelizadora y que se deben tener en cuenta a la hora de abordar los modelos y la modelización en el contexto escolar.

Según Galagovsky (2001) la comunicación entre profesorado y alumnado de ciencias naturales encuentra una serie de dificultades, una de las cuales está asociada a la brecha que se produce entre el lenguaje cotidiano (en sus aspectos sintácticos y semánticos) y el lenguaje científico erudito. Esta dificultad se podría relacionar en dos sentidos, primero en el uso del lenguaje utilizado por los profesores de ciencias al referirse a los modelos explicativos tratando de simplificar y hacer comprensible los fenómenos; y otro la asociación conceptual que realiza el estudiante al definir sus modelos con errores conceptuales existentes en su cognición.

En el mismo sentido como lo indica Giordan (1995) las dificultades en la elaboración de modelos pueden estar asociadas con numerosos errores inducidos directamente por los instrumentos propuestos por los profesores, sucede esto con los modelos mal adaptados. Por ejemplo al presentar a los estudiantes gráficos o representaciones e inducir la concepción de que tales situaciones representan copias exactas de la realidad, se le impide al estudiante dimensionar los alcances y restricciones del modelo y comprender de cerca la realidad modelada.

Por otra parte, una de las dificultades en la modelización señalada por Galagovsky (2001) la constituyen las grandes diferencias entre las diversas representaciones idiosincrásicas que construyen los alumnos acerca del mundo natural y las correspondientes representaciones científicas. Por lo que es posible decir que las grandes dificultades en torno a la elaboración de modelos por parte de los estudiantes, involucran aspectos lingüísticos (sintácticos y semánticos) pero también otros asociados a la forma de representación (estructurales).

Estas dificultades no solo podría estar asociadas a la actividad de estudiantes, en ocasiones provienen de los procesos de modelización realizados por los maestros al ver la enseñanza como un proceso mecánico y acumulativo de definiciones obtenidas en los libros de texto.

Finalmente una dificultad no menos importante que las demás se encuentra relacionada con las fuentes bibliográficas utilizadas, pues en algunos libros de texto se presenta la ciencia de manera lineal, sin tener en cuenta la historia a través de la cual se construyeron los modelos teóricos. Por lo que la actividad de modelización se torna como aprendizaje memorístico. Un ejemplo importante está relacionado con la forma en que se presentan

modelos como el sistema digestivo sin tener en cuenta la integración de significados sobre las relaciones biológicas de estructura y función.

4.4 ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DEL PROCESO DIGESTIVO.

4.4.1 Algunos aspectos históricos del modelo de sistema digestivo a partir de la historia de la medicina

La comprensión del funcionamiento del sistema digestivo, al igual que otros sistemas como el respiratorio, tardó varios siglos en presentar ideas claras que describieran de manera lo más cercana posible a la realidad la naturaleza de este fenómeno. Como antecedentes al estudio de los sistemas vivos se encuentran los principios de Aristóteles y Galeno (médico Griego) que fueron tenidos en cuenta como dogmas de fe durante casi 1500 años y aparecen registrados en la historia de la medicina.

Los principios de Galeno se siguieron a ciegas y como preservaban la tradición aristotélica fueron salvaguardados por la religión hasta finales de la Edad Media y entrado el Renacimiento, poniendo en condición de hereje a quienes se atrevieran a contradecirlos, retrasaron el descubrimiento de nuevos principios que permitieran la comprensión de procesos vitales desde la anatomía y la fisiología. (Sánchez, 2007)

Sin embargo en la Edad Media se redefine el interés por comprender la estructura del sistema digestivo, para ello la disección de cadáveres fue fundamental e intrincada, hasta el punto de que algunos médicos de prisioneros de guerra aprovecharon la oportunidad para realizarlas a escondidas y así comprender mejor el funcionamiento de este sistema.

En el siglo XVII cambió para siempre el estudio de la vida, después de haber confiado durante siglos en la autoridad de escritores de la antigüedad como Aristóteles y Galeno, los naturalistas europeos comenzaron a mirar a los seres vivos por sí mismos. Los anatomistas descubrieron nuevos órganos en el cuerpo humano, y también descubrieron que órganos, aun familiares, no funcionaban de la manera que habían dicho Aristóteles y Galeno. Por tanto dice Sánchez (2007):

"El principio según el cual, la muerte es percibida con horror o con resignada indiferencia, es vencido por el renacido deseo de la vida y del placer. El sentimiento por el que se consideraba sacrilego ocuparse de cadáveres y estos eran tenidos por impuros y abominables; cede lugar a un pensamiento nuevo y antiguo a un tiempo, el de que solo con el estudio directo e inmediato del cuerpo humano se puede reconocer la perfecta belleza, que nadie puede ser artista, sin estudiar el cuerpo humano y por tanto, no es digno de representarlo, quién no le haya dedicado atención férvida y diligente". (Sánchez, 2007: 86)

Puesto en jaque los principios de Galeno, entre los años 1506 y 1510 Leonardo da Vinci hace caso de este nuevo principio, en su afán por perfeccionar sus dibujos sobre el cuerpo humano, realizó disecciones de cerdos y posteriormente dibujó sus aparatos digestivo y respiratorio. Cuando comenzó a dibujar el digestivo en el ser humano le asignó primero dos estómagos, lo cual rectificó más tarde al comenzar a diseccionar seres humanos. Describir y dibujar ambos aparatos le llevó cerca de 40 años y su resultado fue una colección de 779 dibujos de los que se conservan unos 600. (Sánchez, 2007).

Sin embargo el trabajo de da Vinci aunque importante para la comprensión de la organización del cuerpo humano no representó una base para la época y la mayoría de sus obras no se publicaron sino hasta después de su muerte

e incluso se extraviaron. Tal vez por ser considerado da Vinci un artista y no un anatomista sus trabajos no representaron una influencia directa sobre el avance de la medicina aunque aparecen como bases en la historia de esta última.

Lo que sí es verdad es que el Renacimiento representó la época en la que el cuerpo humano comenzó a explorarse en detalle y a ser descrito minuciosamente. De este modo Andrés Vesalio (médico de Bruselas) cambió la anatomía para siempre e inauguró una nueva era de la medicina. Para sus demostraciones prácticas de anatomía Vesalio rompió con la tradición y él mismo hacía sus disecciones, en lugar de confiárselas a un cirujano; en el curso del año siguiente el juez de la corte criminal de Padua empezó a enviarle a Vesalio los cadáveres de los ajusticiados, con lo que progresó rápidamente en sus estudios anatómicos, dándose cuenta de que la anatomía humana de Galeno estaba realmente basada en animales y además contenía numerosos errores. (Sánchez, 2007).

En cuanto al sistema digestivo se refiere, Vesalio describe bien el peritoneo y el estómago, pero desconoce otras estructuras como el páncreas, además habla por vez primera de la estructura interna del hígado.

Hasta aquí en la historia de la medicina se describe un sistema digestivo del que se conocen sus partes, pero no se identifica claramente la participación detallada de cada uno de ellos en los procesos de digestión, lo que constituye otra parte de la historia y que mezclará aspectos de la física y la química.

Uno de los problemas más difundidos entre los fisiólogos del siglo XVII era el mecanismo que permitía la digestión de los alimentos. Básicamente, se discutía si la digestión era un proceso mecánico o químico. Para quienes querían encontrar explicaciones mecánicas a todos los fenómenos del

cuerpo humano, la trituración de los alimentos era el proceso más importante de la digestión. Para los que pensaban que los fenómenos químicos prevalecían, debía existir "algo" que digiriera los alimentos.

En 1752, un físico francés, René Antoine Ferchault de Réaumur hizo tragar a un halcón unos cilindros metálicos que estaban cubiertos en ambos extremos con una tela, también metálica, y que contenían carne en su interior. Réaumur esperó a que el halcón regurgitara los cilindros y pudo comprobar su hipótesis: la carne estaba parcialmente disuelta. Esto indicaba que no había sido afectada por un proceso mecánico pues los cilindros estaban intactos. En otro experimento, hizo tragar al halcón una pequeña esponja y así, al ser regurgitada, obtuvo jugos gástricos. Con estos jugos pudo disolver la carne. Estos resultados no descartaban sin embargo que los músculos ejercieran un tipo de acción mecánica. En ambas posturas, la de la prevalencia de los procesos químicos y la de los procesos mecánicos, se consideraba que la digestión ocurría solo en el estómago, idea que prevalece en el sentido común, producto de la observación superficial del fenómeno digestivo y las sensaciones comúnmente experimentadas.

Al parecer la evidencia de proceso mecánico en el organismo, ha sugerido nominaciones que lo comparan con una máquina, lo que puede argüir el nombre de aparato digestivo.

"La nueva generación de naturalistas del siglo XVII se imaginaba que los seres vivos eran máquinas. Como las máquinas hechas por el hombre, un animal estaba formado por muchas partes diferentes — músculos, ojos, huesos, órganos, etc.—, todas las cuales tenían funciones vitales para mantener vivo al animal. Los naturalistas vieron que podían aplicar a los seres vivos los mismos métodos científicos de la física que utilizaban para inventar máquinas" (Sánchez, 2007:91)

De otro lado esta idea compite con la idea de fábrica manifestada por Vesalio en su libro "*De Humani Corporis Fábrica*" comparando el cuerpo humano con un edificio. Esta idea puede sugerir el interés por relacionar las partes del cuerpo de manera funcional con objetos y estructuras físicas lo que posibilitara su comprensión.

A partir del renacimiento se realizan las representaciones mas aproximadas del sistema digestivo y se inicia el análisis del proceso de digestión. En principio se identifica el tubo digestivo, sin relacionar en él glándulas anexas, esfínteres y otros órganos complejos que participan en la digestión cómo las válvulas intestinales.

Presentar algunos de los contextos históricos en los que se construyen y se reconstruyen las ideas sobre el sistema digestivo nos posibilita un acercamiento a la manera cómo cambian y evolucionan los modelos relacionados con el proceso de digestión.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 TIPO DE ESTUDIO

Esta investigación se encuentra bajo la perspectiva de investigación exploratoria, que según Jiménez (2005) se entiende como la búsqueda de datos, hechos o situaciones relacionados a un caso de estudio en particular, por medio de la exploración. De este modo se pretende identificar los aspectos relacionados con el proceso de modelización que realizan los estudiantes de cuarto grado de básica primaria del CER La Planta, sobre el sistema digestivo y la digestión en humanos.

Se inscribe dentro de la investigación cualitativa, porque pretende indagar acerca de fenómeno educativo, abordado desde las realidades sociales subjetivas e intersubjetivas como los objetos legítimos de conocimiento científico, en el proceso de modelización en la enseñanza de las ciencias. Este abordaje se realiza a partir del contexto real de los sujetos investigados.

5.1.1 Características metodológicas de la investigación

La investigación se basa en el enfoque metodológico de estudio de caso, el cual según Robson, (1997) citado por Jiménez, (2005) se define como el conocimiento detallado e intensivo, desarrollado de un caso específico y particular y en su contexto original, y cuyo objetivo principal, es explorar

tratando de encontrar impresiones sobre lo que está sucediendo en la situación. Así mismo Stake (1998) afirma que el estudio de casos es el estudio de la particularidad, no de la generalización, y de la complejidad de un caso singular, para llegar a comprender su actividad, por tanto el caso es algo específico y complejo en funcionamiento.

La delimitación del caso de estudio, corresponde a la clasificación presentada por Stake (1998), como estudio *intrínseco de casos: donde* el caso está definido y el interés se centra en el caso en particular para comprender los aspectos y temas relacionados con el mismo, en resumen la investigación está interesada exclusivamente en el caso.

5.2 DESCRIPCIÓN DEL CASO

5.2.1 Características del Centro Educativo

El proceso de investigación se desarrolla con 2 estudiantes del grado cuarto de básica primaria, en el área fundamental de formación Ciencias Naturales y Educación Ambiental, en el Centro Educativo Rural La Planta, el cual se encuentra ubicado en la zona rural al suroeste del municipio de Santa Rosa de Osos Antioquia, a 5 Kilómetros de la cabecera municipal, en la vereda La Planta.

El Centro Educativo presta el servicio de educación en el nivel de preescolar y el ciclo de básica primaria, de primero a quinto, a estudiantes en edad escolar bajo el modelo de educación flexible Escuela Nueva.

Contextualmente está integrado por familias nucleares completas en condiciones socioeconómicas medio-altas, basadas en actividades de ganadería, porcicultura y agricultura. Muestran compromiso con la educación de los niños y niñas; la identificación de estas características facilita el desarrollo de procesos de enseñanza y procesos de aprendizaje acordes a las necesidades del medio y los principios institucionales.

En términos generales, la población estudiantil del Centro es altamente fluctuante, motivo por el cual ha sido cerrado en varias ocasiones, sin embargo ha mostrado una densidad estudiantil constante a partir de los últimos tres años, garantizando su permanencia en el tiempo.

5.2.2 Características de los participantes

En la investigación participan de manera voluntaria dos estudiantes que en adelante serán llamadas por los nombres ficticios de *Valentina* y *Deisy* para preservar su identidad; tienen 10 y 9 años respectivamente, son estudiantes de cuarto grado de básica primaria y se les ha propuesto participar en este proceso atendiendo a que son estudiantes cuyas familias se consideran estables dentro de la comunidad, han realizado sus estudios anteriores en el nivel de preescolar y los grados de primero, segundo y tercero en este Centro Educativo, por lo que además tienen familiaridad con el modelo educativo y las metodologías trabajadas.

Valentina es una estudiante organizada, tanto en su presentación personal como en el desarrollo de las actividades escolares, ha mostrado habilidades para el trabajo en equipo y muestra interés en situaciones de aprendizaje relacionadas con el área de Ciencias Naturales. La organización en sus

cuadernos de notas, el trabajo colaborativo con los compañeros, el acompañamiento de sus padres en el proceso de formación así como el cumplimiento de tareas asignadas, hacen que en cada periodo obtenga unos excelentes resultados académicos. Se destaca en el desarrollo de actividades prácticas aunque su participación en preguntas puntuales se ve afectada por ser un poco tímida y el temor a hablar en público.

Deisy es una estudiante activa, que se destaca por su participación en el aula con excelentes aportes para el grupo, es organizada y le gusta el desarrollo de actividades prácticas a través de las cuales pueda aprender cosas nuevas. Es alegre y su comportamiento en el aula es excelente. Le favorece el trabajo en equipo en el cual establece criterios para la discusión y la confrontación de ideas.

5.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Durante cuatro semanas se llevó a cabo la aplicación de la unidad didáctica: "*A dónde viaja el alimento que consumimos*". Esta unidad se desarrolló en cuatro momentos que describimos a continuación:

Exploración de conocimientos, donde se buscó identificar qué sabían los estudiantes sobre el sistema digestivo a través del diligenciamiento de una rejilla de doble entrada con afirmaciones sobre los órganos que conforman el sistema digestivo, en la que los estudiantes debieron valorar su posición de acuerdo o en desacuerdo y justificar su elección y además se propuso a las estudiantes la elaboración de la gráfica del sistema digestivo.

Introducción de nuevos conocimientos, en el cual se realizó la intervención del profesor con actividades de conceptualización de los conceptos relacionados con el sistema digestivo y la digestión en humanos. (Discusión grupal, video sobre la anatomía y fisiología del sistema digestivo, interacción en vínculos web, textos base y consulta bibliográfica).

Actividades de síntesis, en las que se propuso a las estudiantes realizar nuevamente la gráfica del sistema digestivo, ubicando en allí las partes que lo constituyen, además el desarrollo de una historieta donde se identificaran los órganos que conforman el sistema digestivo y sus principales funciones.

Actividades de aplicación, a través de las cuales las estudiantes desarrollaron el análisis de casos relacionados con los procesos que realiza el sistema digestivo, teniendo en cuenta su anatomía funcional.

Actividades de evaluación, donde se construyó con las estudiantes el juego "electrodigestión", el cual permitió realizar discusión grupal sobre los conceptos, anatomía y fisiología del sistema digestivo tratados en la unidad didáctica.

La aplicación de la unidad didáctica, correspondió a una programación extracurricular, en cuanto la temática de digestión en humanos ya había sido estudiada por las estudiantes bajo la metodología propuesta en el modulo de Escuela Nueva, durante el periodo académico inmediatamente anterior a esta aplicación.

Para la recolección de información fueron utilizadas las actividades de *exploración de conocimientos*, las *Actividades de síntesis*, la actividad N° 1 de las *Actividades de aplicación* de la unidad didáctica (*ver anexo 1*) y adicionalmente audio grabaciones de apartes de la discusión grupal e

intervención de las estudiantes durante el desarrollo de todas las actividades de la *unidad didáctica*.

Con las actividades, N° 2 de *Exploración de conocimientos*, la N° 2 de *Actividades de síntesis* y la N°1 de *Actividades de aplicación*, se realizó análisis de contenido de los textos escritos por los estudiantes. Es importante anotar que la actividad N° 2 de exploración (rejilla), se aplicó antes y después de la intervención con el fin de analizar comparativamente las concepciones de las estudiantes en torno al sistema digestivo en humanos.

Con la actividad N° 1 de Exploración y la N° 1 de síntesis, se realizó análisis gráfico, en el que se compararon las representaciones del sistema digestivo antes y después de la intervención del docente, estableciendo criterios alrededor de la comprensión, que las estudiantes han realizado, del proceso digestivo. Además se utilizó la representación gráfica del sistema digestivo, realizada a partir del análisis de caso hipotético N° 1. Para este análisis fue importante tener en cuenta que durante la intervención del profesor se puso en contacto a los estudiantes con la representación gráfica que usualmente aparece en los textos de enseñanza de la ciencia en escuela primaria y después con la que aparece en libros de medicina, cuyas diferencias han sido señaladas más arriba.

Se realizaron grabaciones de audio de los procesos de discusión grupal bajo ideas orientadoras durante las diferentes actividades desarrolladas en la aplicación de la unidad didáctica y con estas grabaciones se realizó análisis conversacional (Galeano, 2004). De las grabaciones se tomaron los apartes en los que las estudiantes realizaron intervenciones relacionadas con la estructura y funcionamiento del sistema digestivo, con el fin de analizar y describir aspectos generales de los modelos explicativos que las estudiantes poseen sobre el proceso digestivo, como el uso de analogías.

Para el análisis de la información se tuvo en cuenta:

Modelos explicativos, donde se estableció si las ideas de los estudiantes atendían a los siguientes modelos sobre el proceso de digestión:

Aislado: en el que se asigna la función digestión a uno o algunos de los órganos del sistema digestivo, sin tener en cuenta la función de otros órganos, su conexión y relación dentro del proceso digestivo.

Funcional: donde se identifican las principales funciones de cada uno de los segmentos funcionales que conforman el sistema digestivo de manera separada y estas funciones no se integran en funciones globales como la digestión, obtención de nutrientes, defensa del cuerpo humano y excreción de desechos.

Holístico o Sistémico: reconoce la función global del proceso de digestión a partir de la división funcional del sistema digestivo en segmentos separados por válvulas y esfínteres, pero tiene dificultad para identificar funciones específicas de algunos de los órganos y la relación de esa función con la función global de digestión.

Cooperativo: identifica e integra la relación entre la estructura y función de los diferentes órganos que conforman el sistema digestivo de manera secuencial, con el proceso de digestión y la función de otros sistemas del cuerpo humano.

Esta clasificación se elaboró a partir de aspectos identificados en la literatura sobre asuntos relacionados con el aprendizaje del proceso de digestión y a la luz de los hechos históricos que dieron lugar a la construcción científica del modelo.

6. RESULTADOS

6.1 ANÁLISIS DE LAS REPRESENTACIONES GRÁFICAS DE LAS ESTUDIANTES

Con el objeto de hacer un análisis comparativo mostramos las *figuras 5, 6, 7* y *8* que corresponden a la representación gráfica del sistema digestivo. Las *figuras 5* y *6* fueron realizadas por las estudiantes antes de la aplicación de las actividades para la introducción de conocimientos, las *figuras 7* y *8* fueron realizadas en las actividades de síntesis después de la intervención del docente.

6.1.1 Modelo explicativo de Deisy antes de la intervención



Figura 6 Representación gráfica del sistema digestivo realizada por Deisy antes de la intervención del docente.

En esta figura Deisy representa el sistema digestivo de una niña ubicando en él la faringe, el esófago y el estómago en forma de balón, el intestino grueso, y subyacente a éste el intestino delgado. En su gráfica no se ve representada la boca y los dientes, además no es evidente la conexión entre órganos después del estómago.

Deisy no representa en su gráfica glándulas anexas al tubo gastrointestinal y tampoco esfínteres terminales del mismo como el ano y no divide el tracto digestivo en segmentos funcionales separados, conectados por válvulas y esfínteres. Sin embargo en la cavidad bucofaríngea, representa un segmento divisorio entre la boca y el esófago el cual puede estar relacionado con la epiglotis o el esfínter esofágico superior.

En tanto no se representan vías de excreción, podemos inferir que la estudiante piensa que todos los alimentos ingeridos quedan por completo en el cuerpo, coincidiendo esta idea con lo encontrado por Teixeira (2000). Otro aspecto importante en el dibujo es el tamaño y forma del estómago, el cual pone de manifiesto su creencia de que el proceso digestivo sucede principalmente dentro de él.

A partir de estas observaciones podemos concluir que la representación inicial de Deisy corresponde a un modelo *aislado*. Al sistema digestivo se le asigna la función de ingestión de alimentos con fines energéticos y vitalistas, desconociendo funciones tan centrales como la excreción.

6.1.2 Modelo explicativo de Valentina antes de la intervención



Figura 7 Representación gráfica del sistema digestivo realizada por Valentina antes de la intervención del docente.

Valentina representa el sistema digestivo de manera similar a Deisy, ubicando en él la boca, la faringe, el esófago, éstos como un tubo largo que se comunica con el estómago dibujado en forma de balón y finalmente el intestino grueso rodeándolo.

En su gráfica no se ven representados los dientes ni el intestino delgado y no es evidente la conexión entre órganos después del estómago, el cual no guarda conexión con el intestino representado. Al igual que Deisy, Valentina no representa en su gráfica glándulas anexas al tubo gastrointestinal y tampoco esfínteres divisorios y terminales del mismo como el ano. Esta representación gráfica dialoga con la idea de que algunas imágenes que representan el sistema digestivo constituyen una gran confusión después del

estómago, y que es difícil para los estudiantes evidenciar la conexión entre intestinos y glándulas anexas (Carvalho *et al*, 2007).

Valentina al igual que Deisy en su representación inicial tiene un modelo del sistema digestivo *cerrado o aislado*, en donde lo que entra por la boca se mantiene completamente en el cuerpo, además la forma del estómago como balón prominente, permite inferir que la función de la digestión es asignada principalmente a este órgano, situación que es corroborada al no existir la conexión con otros órganos del sistema digestivo como el intestino grueso.

Dentro de las funciones del sistema digestivo, la gráfica de Valentina excluye la excreción de desechos y la conexión de este sistema con otros sistemas del cuerpo humano como el circulatorio, se manifiesta el desconocimiento de la absorción de nutrientes en el intestino delgado hacia la sangre.

Valentina no dibuja el esófago como un tubo compuesto por músculo liso y traza pequeños segmentos que se asemejan más a representaciones gráficas de la tráquea con anillos cartilagosos. La confusión puede presentarse porque en el módulo de Escuela Nueva, el sistema respiratorio y digestivo, se trabajan en la misma unidad temática lo que dificulta establecer las diferencias entre la tráquea y el esófago.

Tabla 3 Elementos de las representaciones gráficas antes de la intervención.

Deisy	Valentina
Modelo aislado del sistema digestivo	Modelo aislado del sistema digestivo
No es evidente la conexión entre órganos después del estómago	No es evidente la conexión entre órganos después del estómago
Representa algunas válvulas en la cavidad bucofaríngea	No representa el intestino delgado
	Confunde el esófago con la tráquea.

6.1.3 Modelo explicativo de Deisy después de la intervención

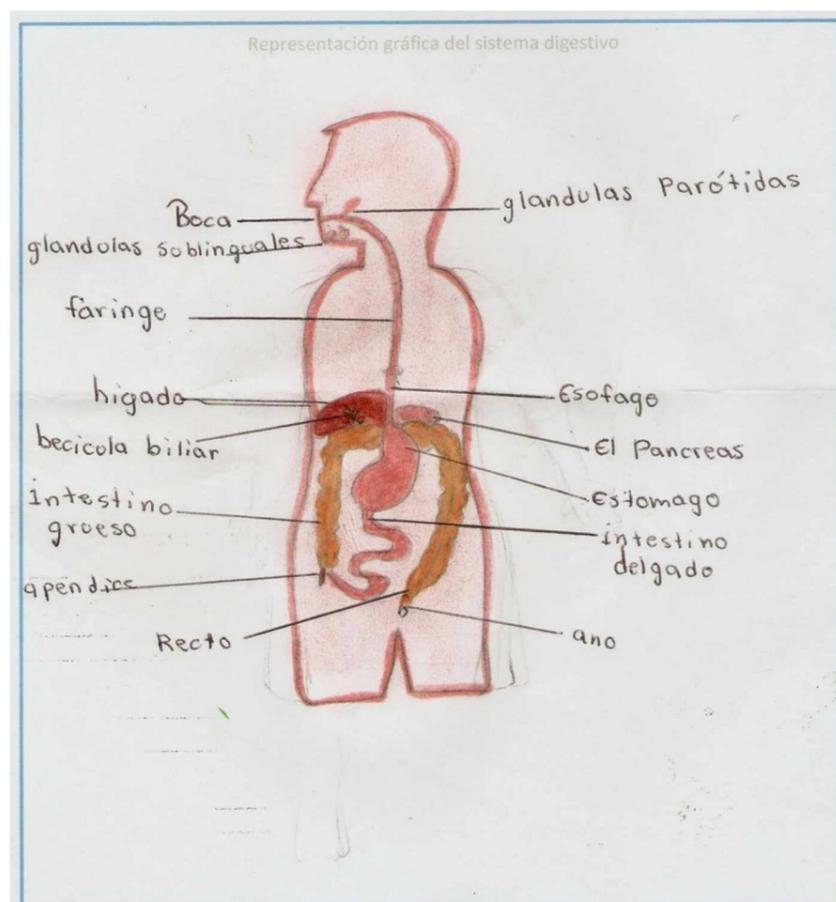


Figura 8 Representación gráfica del sistema digestivo realizada por Deisy después de la intervención del docente.

Incluye nuevos órganos en su representación como el apéndice y algunas glándulas anexas (las glándulas salivales, el páncreas y el hígado con la vesícula biliar)

Representa sólo dos esfínteres en todo el sistema, en primer lugar el esfínter esofágico inferior o próximo al estómago el cual no señala ni nombra pero sí dibuja y el ano en la porción final del tubo digestivo.

A diferencia de la gráfica inicial deja ver que existe una conexión entre los órganos del sistema digestivo, y su representación da cuenta de un sistema digestivo como un tubo que se prolonga desde la boca hasta el ano (Barrett, 2007).

Las proporciones con las que se representan algunos órganos como el estómago han cambiado con respecto a la gráfica inicial, el estómago se muestra aquí en forma de bolsa y se ve además su curvatura mayor y curvatura menor que le proporcionan la forma de un frijol o nuez.

De otro lado, en la gráfica es posible evidenciar lo que ocurre después del estómago, situación que no sucedía en la gráfica inicial, pues es clara la conexión entre el estómago y el intestino delgado y luego entre éste y el colon ascendente. El intestino delgado es representando sin guardar proporciones a escala de la longitud del mismo dentro del organismo; Deisy omite por completo este asunto y le da importancia en su gráfica a las conexiones más que a la proporcionalidad métrica. Por tanto esta representación guarda estrecha relación con el modelo gráfico de sistema digestivo que aparece en el libro de texto de medicina utilizado para la introducción de nuevos conocimientos durante la unidad didáctica.

Encontramos que la idea de digestión de Deisy ha cambiado, pasó de ser un proceso realizado principalmente en el estómago y con fines vitalistas a ser un proceso asumido por porciones funcionales del tubo digestivo que se integran de manera cooperativa en un sistema en el que se representa la boca como inicio y el ano como esfínter terminal y de salida. Su modelo explicativo evolucionó hacia un *modelo holístico o sistémico*, y en cierto grado posee características del modelo *cooperativo*.

Sin embargo aunque esta gráfica integra más elementos constituyentes del sistema digestivo, al igual que en la gráfica inicial, no se ve representada la

boca, los dientes y la lengua, tampoco la faringe y órganos bucofaríngeos como la glotis. Del mismo modo se omiten algunos esfínteres y válvulas como el esofágico superior, el píloro, la válvula ileocecal y el esfínter anal interno. En cuanto a las glándulas anexas que se ven representadas en esta gráfica, no es clara todavía la conexión entre éstas y la porción del intestino delgado (duodeno), donde vierten sus secreciones para participar en el proceso de digestión.

6.1.4 Modelo explicativo de Valentina después de la intervención

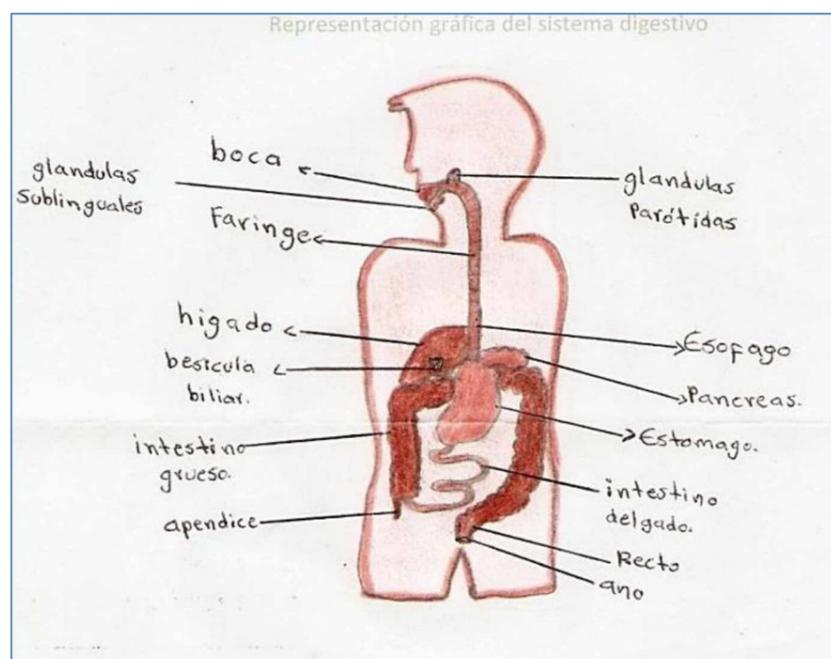


Figura 9 Representación gráfica del sistema digestivo realizada por Valentina después de la intervención del docente.

El sistema digestivo representado por Valentina es más estructurado, su conocimiento en cuanto a las glándulas y otros órganos que participan en el proceso de digestión ha presentado algunos cambios significativos, en la nueva gráfica se ven representadas la boca, la lengua (aunque no se nombra), las glándulas salivales sublinguales y parótidas, el hígado y dentro de éste la vesícula biliar, el páncreas, el estómago, el intestino delgado, apéndice, el intestino grueso, el recto y el ano.

De manera similar a Deisy en su gráfica se evidencia una conexión entre órganos, especialmente entre el estómago, el intestino delgado y el intestino grueso, los cuales nuevamente ha sido representados guardando relación con el modelo propuesto desde la medicina y no con el que comúnmente se encuentra en los libros de texto de enseñanza primaria. No se ve representados los dientes aunque la boca está representada en forma de Y, Esta característica se mantiene presente en las dos representaciones realizadas por Valentina, de la misma manera que la división del esófago en segmentos.

En la gráfica, parece ser que la conexión entre las glándulas que realizan secreciones a la luz del intestino delgado, como es el caso de la vesícula biliar y el páncreas se diera con el estómago y no con el duodeno y diferencia de Deisy, Valentina no ubica esfínteres y válvulas que dividan y conecten el sistema digestivo en segmentos funcionales.

Esta gráfica establece relación con la idea de que todos los alimentos ingeridos posteriormente dejan el cuerpo (Teixeira, 2000) ya que el proceso de digestión se ve representado en un sistema *abierto*, esto en cuanto a entrada de alimentos a través de la boca y salida de desechos de la digestión a través del ano.

En el caso de Valentina la idea de digestión también presenta cambios significativos, pues la grafica deja ver que el proceso es realizado conjuntamente por órganos que cumplen funciones cooperativas, lo que se corresponde con un *modelo holístico y cooperativo* de sistema digestivo.

Tabla 4 Elementos comparativos de las representaciones gráficas después de la intervención.

Deisy	Valentina
Modelo holístico y con aspectos del sistema cooperativo	Modelo holístico y con aspectos del sistema cooperativo
Se representa la conexión entre órganos después del estómago	Se representa la conexión entre órganos después del estómago
Representa la mayoría de las válvulas y esfínteres.	Representa sólo algunas válvulas
Dibuja la boca como un tubo	Dibuja la boca en forma de Y
Dibuja el intestino delgado privilegiando la conexión con otros órganos y no su proporcionalidad	Dibuja el intestino delgado privilegiando la conexión con otros órganos y no su proporcionalidad
	Confunde el esófago con la tráquea.

6.2 ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE LOS TEXTOS ESCRITOS POR LAS ESTUDIANTES

En la *tabla 5*, se presentan las ideas de las estudiantes en torno a 8 afirmaciones relacionadas con el funcionamiento del sistema digestivo antes y después de la intervención didáctica. Las ideas iniciales de las estudiantes mostraron conocimientos mínimos en torno al funcionamiento del sistema

digestivo y para la justificación de las afirmaciones presentaron argumentos basados en:

- Experiencias de la vida cotidiana (ver justificaciones de la afirmación 1, 4, 6, 7 y 8), lo que coincide con lo señalado con Carvalho, *et al* (2004).
- La información del texto previo al desarrollo de la actividad (ideas iniciales justificando afirmación 2 y 3)
- Interpretaciones de la afirmación sin referirse a la estructura y función de los órganos del sistema digestivo (ideas iniciales justificando afirmación 2), lo que coincide con lo señalado por Banet y Nuñez (1989) al referirse a la persistencia de ciertos errores relacionados con las funciones fisiológicas de los órganos del sistema digestivo.

Las ideas y los argumentos de las dos estudiantes son diferentes por lo que es importante analizarlas de manera diferencial y establecer comparaciones entre las concepciones.

Tabla 5 Respuesta de Valentina y Deisy a las afirmaciones sobre el sistema digestivo (Actividad N° 2 de las Actividades de exploración de conocimiento)

Afirmación	Respuesta inicial	Respuesta final
<p>1. Comer en exceso llena todo el sistema digestivo y por esta razón se siente sensación de llenura y malestar.</p>	<p>Deisy: "De acuerdo, porque comer en exceso forma indigestión"</p>	<p>Deisy: "En desacuerdo, mi justificación principalmente, que al comer en exceso, no se llenan todos los órganos, sólo se debe llenar el estómago"</p>
	<p>Valentina: "De acuerdo, porque cuando uno come demasiado le da un dolor"</p>	<p>Valentina: "Yo estoy en desacuerdo, porque cuando uno come en exceso no llena todos los órganos, sólo se puede llenar el estómago"</p>
<p>2. Alicia no quiso utilizar la saliva para humedecer los alimentos que consumió y por tanto éstos llegaron secos al estómago, lo que produjo fuertes dolores.</p>	<p>Deisy: "Estoy de acuerdo porque puede ser una razón por la cual enfermó Alicia"</p>	<p>Deisy: "Estoy en desacuerdo porque hay muchas más razones para que tengamos malestar en el estómago"</p>
	<p>Valentina: "Yo estoy de acuerdo con eso porque esta puede ser una razón por la que Alicia enfermó"</p>	<p>Valentina: "En desacuerdo, porque así Alicia no haya querido humedecer los alimentos, de todas maneras se humedecían"</p>

<p>3. Los alimentos que Alicia consumió no pasaron por el esófago, sino que a través de la tráquea fueron a los pulmones. Allí el aire empujaba el alimento hacia las paredes de los pulmones, lo que le ocasionaba dolor a Alicia.</p>	<p>Deisy: "Estoy en desacuerdo porque la Epiglotis le impidió a Alicia que se fuera para los pulmones"</p>	<p>Deisy: "Estoy en desacuerdo porque así no es el orden de los órganos del sistema digestivo, no está ubicado de esa manera y la tráquea impide que los alimentos se vayan a los pulmones"</p>
	<p>Valentina: "Estoy en desacuerdo porque en el texto la Epiglotis no dejó que Alicia fuera a los pulmones"</p>	<p>Valentina: "En desacuerdo, porque para eso está la Epiglotis que no permiten que se vayan a los pulmones"</p>
<p>4. En ocasiones el cardias permanece cerrado y los alimentos pasan directamente del esófago al intestino grueso. Esto pudo ser lo ocurrido en el caso de Alicia.</p>	<p>Deisy: "Estoy de acuerdo porque puede ser una razón de la enfermedad de Alicia"</p>	<p>Deisy: "Estoy en desacuerdo porque los alimentos pasan primero al esófago y después al estómago, para hacer su proceso normal"</p>
	<p>Valentina: "Yo estoy de acuerdo porque puede que el Cardias esté en ocasiones cerrado"</p>	<p>Valentina: "En desacuerdo, porque los alimentos nos pasan del esófago hasta el intestino grueso, porque el alimento tiene que ser triturado en el estómago, luego absorbe los nutrientes en el"</p>

		intestino delgado, luego si pasa al intestino grueso donde pasa lo que sobra, los desechos y células muertas, para luego pasar al ano donde ya se hace la defecación”
5. Los alimentos consumidos en días anteriores, se devuelven a terminar el proceso de digestión en el estómago y esto puede ocasionar sensación de llenura	Deisy: "No estoy de acuerdo porque los alimentos ingeridos en días anteriores ya los hemos expulsado de nuestro sistema”	Deisy: “Estoy en desacuerdo porque el píloro impide que los alimentos vuelvan al estómago, porque si comemos más de la capacidad del estómago causaría sensación de llenura”
	Valentina: "Yo no estoy de acuerdo porque puede que si se devuelva pero no creo que ocasione llenura”	Valentina: "En desacuerdo, porque los alimentos se devolvería para el estómago si no estuviera el Cardias o el Píloro”
6. La capacidad del estómago es limitada, por lo tanto es posible comer solamente una cantidad determinada de alimento, de lo	Deisy: "Estoy de acuerdo porque sentimos llenura y devolvemos la comida en algunos casos”	Deisy: ""Estoy de acuerdo porque el estómago es como una bolsa que sólo le caben los alimentos necesarios”

contrario se pude sentir pesadez o llenura.	Valentina: "Yo estoy de acuerdo porque cuando uno está lleno, uno come sólo un poco"	Valentina: "Yo estoy de acuerdo porque si se come mucho se puede sentir pesadez o llenura"
7. Si se come demasiado, todo el alimento no cabe en el estómago y parte del mismo es guardado en el intestino grueso, que tiene más espacio, hasta que se desocupe un poco el estómago y se pueda continuar con el proceso.	Deisy: "Yo estoy de acuerdo porque a veces comemos mucho y se puede guardar y después volver al estómago y continuar el proceso"	Deisy: "Estoy en desacuerdo porque la válvula ileocecal impide que los alimentos vuelvan al estómago"
	Valentina: "Yo estoy de acuerdo porque uno pude esperar un poco mientras baja la llenura"	Valentina; "En desacuerdo, porque uno puede comer y no tiene que parar mientras baja un poco la llenura, porque el estómago es elástico entonces se infla"
8. La solución definitiva para Alicia es que vaya al baño y a través de su ano evacuó un poco de los alimentos que acaba de consumir	Deisy: "Estoy de acuerdo porque cuando defecamos expulsamos alimento que no nos sirve"	Deisy: "Estoy de acuerdo porque cuando vamos al baño, evacuamos y nos sentimos mejor"

para dejar de sentir llenura y dolor
en su estómago.

Valentina: "Yo estoy de acuerdo porque puede que con ir al baño se le quite ese llenura"
Valentina: "De acuerdo, porque puede que con ir al baño se le quite esta malestar"

6.2.1 Conexión, organización y relación entre los órganos del sistema digestivo

Frente a las afirmaciones relacionadas con la *conexión, la organización y relación entre los órganos del sistema digestivo* las ideas iniciales de las estudiantes revelan que el sistema digestivo no presenta una división en órganos funcionales separados por válvulas y esfínteres, y por lo tanto el proceso de la digestión se realiza en cualquier órgano y en cualquier orden y la función de cada órgano no establece relación con los demás o si lo hace es de forma desordenada, no secuencial, este es el caso de las ideas iniciales frente a la afirmación 5.

Valentina: ... puede que si se devuelva pero no creo que ocasione llenura

Ante la misma idea, la otra estudiante relaciona la función de la digestión con la entrada y salida de alimentos sin discriminar entre alimento y desechos de la digestión, al igual que lo hace en la justificación inicial ante la afirmación 8.

Deisy: ... los alimentos ingeridos en días anteriores ya los hemos expulsado de nuestro sistema

Sin embargo no ocurre lo mismo en la justificación a la afirmación 7 donde reitera la idea de desorden en el proceso de digestión y su respuesta se asemeja a la de Valentina.

Deisy: ...se puede guardar y después volver al estómago y continuar el proceso.

Pero las ideas finales para dar respuesta a la afirmación 5, han permitido evidenciar un cambio en las concepciones de las estudiantes, relacionando el sistema digestivo con la división anatómica funcional en órganos conectados por esfínteres y válvulas, lo que les posibilita participar de manera cooperativa y organizada en el proceso de la digestión:

Valentina: ...los alimentos se devolverían para el estómago si no estuviera el Cardias o el Píloro

Deisy: ...el píloro impide que los alimentos vuelvan al estómago... la válvula ileocecal impide que los alimentos vuelvan al estómago

En la misma línea frente a la afirmación 4, en las ideas iniciales la justificación de las dos estudiantes se limita a la enfermedad de Alicia narrada en el texto, estando de acuerdo con la afirmación; mientras en las ideas de la respuesta final se reconoce la organización del sistema digestivo en órganos ordenados funcionalmente.

Valentina: ...el alimento tiene que ser triturado en el estómago, luego absorbe los nutrientes en el intestino delgado, luego si pasa al intestino grueso donde pasa lo que sobra, los desechos y células muertas, para luego pasar al ano donde ya se hace la defecación.

En el caso de la afirmación 3, la estudiantes han justificado su elección con información suministrada en el texto, ambas reconocen que la epiglotis impide el paso del bolo alimenticio hacia los pulmones, pero no relacionan el hecho de ir a los pulmones con la organización del sistema digestivo y otros sistemas del cuerpo humano, en tanto que en la justificación final a la misma afirmación permanece la elección de estar en desacuerdo, en el caso de

Deisy la justificación está relacionada con la organización del sistema digestivo, aunque le asigna la función de la epiglotis a la tráquea, mientras en el de Valentina resalta la función de la Epiglotis para impedir que los alimentos se dirijan a los pulmones.

De este modo las estudiantes después de la intervención identifican regularidades y secuencias en el proceso de digestión, las cuales dependen directamente del funcionamiento y estructura de cada órgano y la organización de los mismos en el sistema digestivo.

Deisy: . los alimentos pasan primero al esófago y después al estómago, para hacer su proceso normal.

6.2.2 Funcionalidad y estructura de cada órgano

De otro lado en el proceso de identificación de la *funcionalidad y estructura de cada órgano*, las estudiantes en sus ideas iniciales recurren a argumentos nuevamente relacionados con la información del texto y sus vivencias cotidianas, siéndoles difícil relacionar la estructura de cada órgano con su respectiva función en el proceso de digestión. Ante la afirmación 1, las ideas iniciales no se relacionan con la estructura y la función de reservorio del estómago.

Deisy:.. porque comer en exceso forma indigestión

Valentina: ...porque cuando uno come demasiado le da un dolor.

De manera diferente en la justificación final a esta afirmación, las estudiantes reconocen segmentos del sistema digestivo y funciones importantes como la

de reservorio de alimentos en el estómago, por lo que la respuesta de los dos estudiantes es muy similar y cambian a estar en desacuerdo con esta afirmación.

Valentina:..no llena todos los órganos, sólo se puede llenar el estómago

Deisy:...no se llenan todos los órganos, sólo se debe llenar el estómago.

Así mismo cuando se les plantea que la capacidad del estómago es limitada y que por tanto es posible comer únicamente cierta cantidad de alimento, Deisy en sus ideas finales ha relacionado la estructura del estómago con su función de reservorio de comida y la capacidad de almacenamiento del mismo.

Deisy:...el estómago es como una bolsa que sólo le caben los alimentos necesarios.

En este caso ha recurrido a una analogía entre el estómago y una bolsa, lo que le permite relacionar la estructura con la función del mismo. Sin embargo ante la misma afirmación Valentina no presenta relación directa entre la estructura y función del estómago y en cambio hace uso de su sentido común para justificar que

Valentina: ..si se come mucho se puede sentir pesadez o llenura

Situación que no ocurre en el caso de la justificación a la afirmación 7, donde reconoce en la elasticidad del estómago una propiedad importante relacionada con el almacenamiento de alimento.

Valentina: *.el estómago es elástico entonces se infla*

Aunque el término "infla" se encuentra relacionado con afirmaciones cotidianas asociadas con trastornos en el proceso de digestión "se me inflamó el estómago, algo que cayó mal"

Ante la afirmación 2, Deisy y Valentina dicen estar de acuerdo y su justificación inicial se encuentra relacionada con la enfermedad de Alicia más que con la funcionalidad de órganos involuntarios como las glándulas salivales, mientras en la justificación final ambas cambian a estar en desacuerdo. Valentina reconoce la funcionalidad de las glándulas salivales en respuesta a actos reflejos producto del inicio de la digestión

Valentina: *. así Alicia no haya querido humedecer los alimentos, de todas maneras se humedecían*

Aunque Deisy también dice estar en desacuerdo, no justifica su afirmación con una función específica y parece estar de acuerdo con que Alicia decide no utilizar la saliva para lubricar el bolo alimenticio.

Deisy: *. hay muchas más razones para que tengamos malestar en el estómago.*

Al analizar las ideas de las estudiantes ante las ocho afirmaciones presentadas en la *tabla 3*, es posible identificar que existen ideas muy estables en su estructura cognitiva, principalmente las relacionadas con los trastornos que se presentan en el funcionamiento del sistema digestivo, estas ideas están asociadas además a las experiencias cotidianas y

permanecen aun después de la intervención didáctica. Esto se corresponde con lo propuesto por Banet y Nuñez (1989) al considerar que algunas de las ideas de los estudiantes permanecen y que además estas ideas se relacionan con la persistencia de ciertos "errores" que tienen que ver con las funciones fisiológicas que cumple cada órgano que compone el sistema digestivo y la relación que hay entre los mismos.

Sin embargo la comparación de ideas iniciales con las ideas después de la intervención deja ver que se presentan cambios significativos, relacionados principalmente con la estructura, organización y funcionamiento del sistema digestivo, esto porque en las últimas justificaciones, las estudiantes, hacen mayor referencia a los órganos y a la organización del sistema, para apoyar sus ideas.

6.3 DISCUSIONES DE LAS ESTUDIANTES EN TORNO A IDEAS SOBRE EL SISTEMA DIGESTIVO

Con el objetivo de apoyar las observaciones realizadas a los textos escritos de las estudiantes, se presentan apartes de las discusiones realizadas durante la intervención didáctica (*tabla 6*), esto porque en las discusiones grupales se recogen aspectos importantes para caracterizar los modelos que construyen las estudiantes y se infieren otros relacionados con su interpretación de fenómenos y sucesos concernientes al proceso digestivo, que no son tan visibles en el discurso escrito de las participantes o que simplemente se habrían omitido.

Tabla 6 Apartes de las conversaciones de las estudiantes sobre la temática del sistema digestivo

CLASIFICACIÓN RELACIONADA CON LA TEMÁTICA	IDEA ORIENTADORA	OPINIÓN O IDEA
Órganos del sistema digestivo	Juan necesita saber qué órganos constituyen el sistema digestivo, podrías ayudarlo a encontrar esta respuesta	<p>Valentina: "boca, dientes, las glándulas sublinguales y glándulas salivales, faringe, esófago, cardias, estómago, píloro, el hígado, la vesícula biliar, el páncreas, el intestino delgado, la válvula ileocecal, el intestino grueso, el recto, y los esfínteres anales"</p> <p>Deisy: "boca, dientes, las glándulas sublinguales y glándulas salivales, faringe, esófago, cardias, estómago, píloro, el hígado, la vesícula biliar, el páncreas, el intestino delgado, la válvula ileocecal, el intestino grueso, el recto, y los esfínteres anales"</p>
Funciones de los	Función de la boca	Deisy: "se parece a una licuadora porque ablanda los alimentos, los tritura"

órganos del sistema digestivo	Función de los dientes	Valentina: "que sin los dientes no se puede mascar, no se puede triturar, y entonces tenemos que tener los dientes porque o si no hay que tomar líquidos, la mayoría"
	Función de la lengua	Deisy: la detención de sabores y separar los alimentos
	Qué pasaría si una persona se queda sin hígado	Valentina: "si se ve afectado porque como él es el que degrada las grasas, hay es donde recibe la grasa y eso entonces se vería afectado" Deisy: "Las personas que les falta ese pedacito de hígado no podrían crecer bien porque le estaría faltando un poquito de mineral para que esos alimentos hagan su proceso bien"
	Si se come mucho, por qué los alimentos no vuelven al esófago.	Deisy: "El cardias se abre y se cierra, cuando se cierra es para que los alimentos no se devuelvan hasta la boca"

	Función del páncreas	Deisy: "Enviar el jugo pancreático hacia el intestino delgado para que ese alimento como el intestino delgado no puede con tanta capacidad para que le ayude a degradar los alimentos"
	Importancia del jugo pancreático y la bilis en la digestión	Valentina: "Le ayudan a degradar los alimentos" Deisy: "para que no destruyan el intestino delgado, para que sea delgado y se absorban ahí todos los nutrientes".
	Importancia de la función del ano	Deisy: "si porque sin él no hubiera por donde defecar, estaría sólo el intestino grueso, y el sistema quedaría cerrado"
	Función del intestino delgado	Deisy: "sería donde se absorberían todos los nutrientes que tiene esa comida que son las verduras y las frutas"

Relación entre estructura y función	El esfínter esofágico de Jaime no funciona bien y el bolo alimenticio se devuelve desde el estómago hacia la boca ¿cuál será la principal sensación de Jaime y a que se deberá esa sensación?	Deisy: "que el esófago le duele como las paredes del esófago no tienen la capacidad para recibir el ácido gástrico va quemando las paredes como si fuera reflujo gástrico"
	Función del estómago afectada con recorte del mismo	Deisy: "no porque solo le cortaron un pedacito para que tenga menor capacidad de alimentos para almacenar. Aaaa el almacenamiento tendría menor capacidad para almacenar los alimentos porque ya es una bolsa más pequeña"
	Implicación de que la lengua no realice su función	Deisy: "Si la lengua no empujara los alimentos hacia el esófago, se quedarían en la boca almacenados y no harían su proceso digestivo"

	<p>Porción del intestino grueso en donde se espera encontrar mayor cantidad de desechos sólidos</p>	<p>Deisy: "en el colon descendente porque ya se ha absorbido todo el líquido y ha pasado por el colon ascendente y el colon transcendente entonces ya acá es donde queda el quilo que es los desechos o lo que se almacena ahí es donde queda lo más solido, porque el líquido ya no está"</p>
	<p>Relación entre la amplitud del colon y la función del mismo</p>	<p>Valentina: "porque allá se absorbe el líquido como el agua y. no pro no sé." Deisy: "tiene mayor amplitud porque allí es donde se almacena los desechos, las células muertas, bacterias, el alimento ya degradado".</p>
	<p>Razón por la que el esófago no presenta microvellosidades</p>	<p>Valentina: "porque el esófago no absorbe esos nutrientes, sino que los absorbe el intestino delgado" Deisy: "si se absorbieran en el esófago ya no hubiera más procesos, porque en el esófago apenas está iniciando ese proceso digestivo y ya pasaría el desecho para el estómago.</p>

<p>Función del sistema digestivo</p>	<p>Funciones principales del sistema digestivo</p>	<p>Deisy: "es machacar, absorber el líquido y los nutrientes y ayudar a descomponer esos alimentos"</p> <p>Valentina: "saborear empujar y detectar y apartar los alimentos"</p> <p>Deisy: "Desechar lo que no nos sirve y obtener nutrientes para ser grandes y fuertes y para mantener una buena salud porque si no comeríamos seríamos como un palillito"</p>
<p>Relación del sistema digestivo con otros sistemas</p>	<p>Si la comida ingresara a los pulmones ¿sería posible hacer el proceso de digestión en ellos?</p>	<p>Valentina: "no porque los pulmones es pues para respirar y no para hacer eso de los alimentos"</p>
	<p>¿A dónde irán los nutrientes después de que sean absorbidos en el intestino delgado?</p>	<p>Deisy: "viajan a través de la sangre, al sistema circulatorio"</p> <p>Deisy: "si con el sistema circulatorio, sistema respiratorio, sistema nervioso, y también con el sistema locomotor porque si nosotros no comemos no tendríamos fuerzas para realizar movimiento"</p>

Relación entre los órganos del sistema digestivo	¿El sistema digestivo presentan una relación entre sus órganos o cada uno trabaja independientemente?	Deisy: "tiene una relación porque es en la trayectoria que hacen los alimentos se van ayudando como un equipo y se ayudan para poder cumplir ese proceso que tiene el sistema digestivo y la función"
	Razón por la que se nombra el sistema digestivo como "aparato"	Deisy: "aparato que funciona como es decir un computador o sea trabaja en equipo con la CPU porque si un computador no tiene la CPU no trabaja es como trabajar en equipo unidos en varios programas"
	Razones por las que el intestino grueso está después del intestino delgado	Deisy: "porque él es más amplio y él puede almacenar el quimo y si el intestino grueso fuera primero que el intestino delgado no tuviera la capacidad para almacenar el quimo. No habría absorción de nutrientes"
	Si no son masticados los alimentos, ¿el estómago duraría más o menos tiempo en cumplir su	Deisy: "duraría más porque los tiene que machacar más porque en los dientes no se estaría cumpliendo esa función que es de moler para que al estomago pasen con una mayor consistencia, entonces tendría que durar las 12 horas completas"

función?	Valentina: "porque si no nos puede causar dolor y va así derecho al estomago y se puede demorar así mas tiempo como estaba diciendo Deisy"
¿A dónde viaja el alimento que consumimos?	Deisy: "llegaría a los intestinos pero viajaría por un proceso que se debe hacer, se descompone con el jugo gástrico cuando llega al estómago, pasaría al intestino delgado que es donde se absorbe todos los nutrientes y le ayuda la bilis y el jugo pancreático. va haciendo sus proceso por todo el sistema digestivo, porque cada uno de esos órganos va hacer una función para que llegue ya los desechos hasta el ano y lo defeque"

Como primera observación frente a los apartes del discurso de las estudiantes, es importante tener en cuenta de manera diferencial la participación de las dos estudiantes en las discusiones, pues se podría clasificar como más activa la intervención de Deisy en las mismas, en comparación con la participación de Valentina, quien se ha mostrado más tímida y lo ha hecho en menor medida. Esta situación ha dificultado realizar algunas generalizaciones sobre el caso, en cuanto que en las discusiones no se les pidió a las estudiantes participación obligatoria en cada caso, sino que se propició la intervención espontánea, lo que permitiera también la valoración de aspectos actitudinales que nos podría proporcionar aportes relacionados con la comprensión o no, de algunos aspectos de la temática.

Al analizar las expresiones de las estudiantes donde relacionan los órganos del sistema digestivo, se encuentra que las dos comprenden la estructura organizacional anatómica, nombran estos órganos y guardan la secuencia en la que se encuentran dispuestos desde la boca hasta el ano. A diferencia de las gráficas, en la expresión oral las estudiantes se refieren a esfínteres y válvulas y los relacionan con algunas funciones importantes de las porciones del sistema digestivo, como el hecho de impedir el retroceso del bolo, kilo, quimo o desechos dentro del aparato digestivo, además establecen algunas relaciones lógicas para las funciones principales de este sistema.

Sin embargo, por la secuencia en la que las dos estudiantes han mencionado cada uno de los órganos, se podría inferir que hay allí aspectos memorísticos anatómicos y no comprensivos funcionales, resultado de la aplicación y desarrollo de actividades, relacionadas con la temática, en la unidad didáctica. Esta idea es reafirmada cuando al referirse a las funciones del sistema digestivo, las estudiantes tienden a explicar sólo los procesos

funcionales de algunos órganos, los más comprendidos y tienen dificultad para expresar lo que sucede en otros.

Utilizan analogías, comparaciones y otros recursos lingüísticos, para dar cuenta del funcionamiento de algunos órganos y describen las funciones de los mismos de un modo insustituible resaltando su importancia dentro del proceso, es el caso de la boca, el estómago, los intestinos y el ano.

Deisy: ... la boca se parece a una licuadora porque ablanda los alimentos, los tritura

Valentina: ..sin los dientes no se puede mascar, no se puede triturar, ... hay que tomar líquidos, la mayoría.

Esta misma situación se presenta en los momentos de las discusiones en los cuales se refieren a la relación existente entre la estructura y función de cada uno de los órganos, son capaces de incluir en sus explicaciones comparaciones con otros objetos y sistemas de la vida cotidiana, es el caso de la lengua, el estómago y el intestino delgado

Deisy: ... [el estómago] tendría menor capacidad para almacenar los alimentos porque ya es una bolsa más pequeña

El mismo aspecto es identificado en las expresiones que corresponden a la relación entre órganos, donde a partir de otros sistemas, las estudiantes han logrado identificar de manera general algunas relaciones cooperativas importantes.

Deisy: . funciona como es decir un computador o sea trabaja en equipo... unidos en varios programas.se ayudan para poder cumplir ese proceso que tiene el sistema digestivo y la función.

Así, relacionando la afectación de una de las funciones de la boca, como el proceso de masticación con la función del estómago y la duración de los procesos gástricos, han establecido que la secuencia funcional de los órganos del sistema digestivo se ve alterada por trastornos en órganos específicos.

Valentina:... no nos puede causar dolor y va así derecho al estómago y se puede demorar así más tiempo.

Deisy: ... duraría más porque los tiene que machacar más porque en los dientes no se estaría cumpliendo esa función que es de moler para que al estómago pasen con una mayor consistencia.

A pesar de esto, tienen dificultad para incluir estos aspectos al dar cuenta de la función de otros órganos como intestino grueso, relacionando su amplitud con la función del mismo.

Valentina: ... porque allá se absorbe el líquido como el agua y... no pro no sé.

Situación que también ocurre en los casos donde no ha sido tan comprendido el funcionamiento de algunos órganos y más aun la participación de los mismos dentro del proceso digestivo, aquí recurren a un discurso inseguro y tautológico. Este es el caso de la comprensión de la funcionalidad del hígado en el proceso digestivo, en lo que no hay claridad si es el hígado el que participa completamente dentro del proceso o alguna parte específica como la vesícula biliar.

Valentina: *. si se ve afectado porque como él es el que degrada las grasas, hay es donde recibe la grasa y eso entonces se vería afectado.*

Deisy: *... las personas que les falta ese pedacito de hígado no podrían crecer bien porque les estaría faltando un poquito de mineral para que esos alimentos hagan su proceso bien.*

Al referirse a las funciones globales del sistema digestivo, Valentina ha tenido dificultad para identificar funciones diferentes a la de degradación del alimento y la absorción de nutrientes, mientras Deisy ha incluido en su participación la excreción de desechos y la defensa del organismo de agentes patógenos o dañinos.

Deisy: *... Desechar lo que no nos sirve y obtener nutrientes para ser grandes y fuertes y para mantener una buena salud porque si no comeríamos seríamos como un palillito*

De otro lado Deisy y Valentina mencionan la relación existente entre el sistema digestivo y otros sistemas del cuerpo humano, estableciendo especial relación con la realización de las actividades diarias, describen que después de que los nutrientes son absorbidos en el intestino delgado, pasan a la sangre a través del sistema circulatorio y posibilitan la "fuerza" (energía) para realizar el movimiento.

Estos hallazgos nos indican que los modelos elaborados por las estudiantes han ido cambiando durante la intervención, existe mejor comprensión y estructuración de las ideas relacionadas con la anatomía y en menor medida la función del sistema digestivo (modelo holístico o sistémico). No obstante

aún falta trabajar en la comprensión de algunos aspectos del modelo científico entre ellos los fenómenos que alteran la digestión y relaciones específicas entre órganos como el hígado, el páncreas y el tracto gastrointestinal.

7. DISCUSIÓN

¿Cuáles son los modelos explicativos que han construido las estudiantes para el proceso digestivo?

A partir del establecimiento de las características más importantes de los modelos que construyen los estudiantes sobre el proceso de digestión y de la descripción detallada de los hallazgos a partir de la intervención, es posible encontrar la coherencia existente entre lo que las estudiantes representan gráficamente, en sus escritos y en el discurso y establecer las principales características de estos modelos para el caso de las estudiantes de cuarto grado, participantes en esta investigación.

Como punto de partida se tiene que las estudiantes antes de la intervención, han relacionado la idea de digestión con una función vitalista, donde el principal órgano que participa en el proceso digestivo es el estómago, no hay relación entre los órganos y funciones del sistema digestivo, lo que ha permitido categorizar ese modelo como *aislado*, cuyo antecedente principal está representado en las ideas del sentido común sobre la digestión y el desarrollo de la temática a partir de la metodología propuesta en el módulo de Escuela Nueva de Ciencias Naturales. Sin embargo existe una creencia débil que se relaciona con la función del estómago como almacén de alimentos ingeridos, aun cuando se desconocen otras funciones del mismo.

De manera general la relación entre estos modelos iniciales se representa en

la *figura 9*. Los óvalos representan los diferentes modelos explicativos que construyen los estudiantes sobre el sistema digestivo, las líneas rectas se refieren al nivel de relación existente entre el proceso digestivo y cada uno de los modelos explicativos. Los recuadros punteados representan los elementos que han influido en la construcción de cada uno de los modelos y las flechas representan el grado de influencia de esos elementos en dicha construcción.

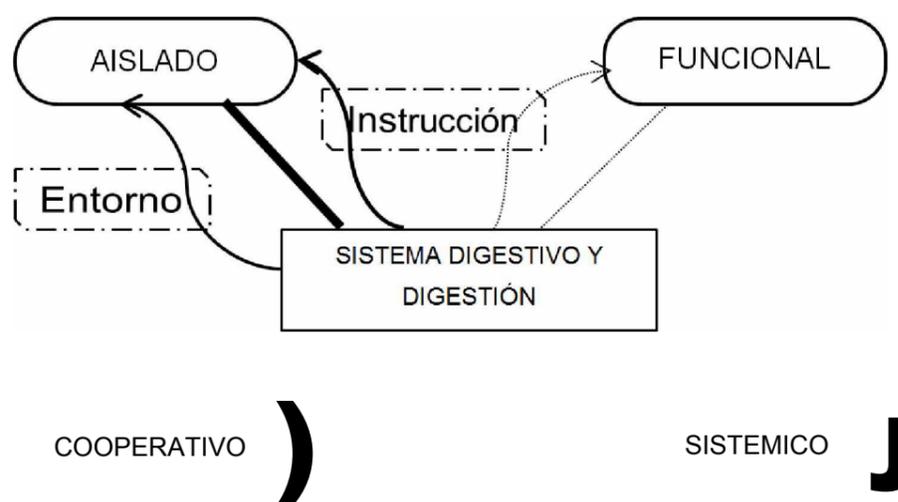


Figura 10 Relación entre modelos explicativos iniciales de las estudiantes sobre el proceso digestivo y aspectos influyentes en la construcción de los mismos.

Los modelos explicativos que inicialmente han construido las estudiantes sobre el proceso de digestión, se relacionan con las descripciones de las concepciones de los estudiantes, realizadas por Cubero, (1996), Teixeira (2000); Banett y Nuñez (1988,1989) y Carbalho, (2004, 2007).

Es importante señalar que los modelos explicativos de las estudiantes sobre el proceso digestivo han mostrado cambios significativos en sus relaciones. Se ha fortalecido la relación entre las concepciones de las estudiantes y el modelo *Sistémico*, esto porque comprenden aspectos generales como la división del tracto digestivo en órganos que cumplen diferentes funciones y que se conectan unos con otros, pero aun se les dificulta establecer la relación entre estas funciones y el proceso de digestión; comprender la conexión entre órganos como el hígado, la vesícula biliar el páncreas y la luz intestinal y las acciones fundamentales que ejercen, a partir de la secreción de sustancias, en la digestión química. Así mismo se les hace difícil establecer la división del sistema digestivo por esfínteres y válvulas y la identificación de la función de estos últimos en la regulación del proceso digestivo.

De la misma manera, los hallazgos indican que las estudiantes tienen claridad sobre el hecho de que los órganos del sistema digestivo se encuentran dispuestos de manera secuencial e interconectados, cumplen sus funciones conjunta y ordenadamente, conectándose a su vez con otros sistemas del cuerpo como el Circulatorio, pero aun tienen dificultad para integrar estas relaciones con la funciones de digestión, obtención de nutrientes, defensa del organismo, y excreción de desechos. Esto indica que existe una relación débil con el modelo *cooperativo*.

Prevalecen ideas estables que no presentan cambios relevantes, estas ideas se relacionan principalmente con la explicación de fenómenos que afectan el funcionamiento del sistema digestivo, por lo que hacen referencia a vivencias de su vida cotidiana para explicarlos.

gradualmente y que presentan cambios en la medida en que los estudiantes encuentran modelos con mayor poder explicativo y que les permiten dar cuenta de una manera más simple, no simplista, de los fenómenos.

Comprender este hecho ha sido el resultado de analizar, desde la historia de la medicina, el proceso histórico a partir del cual se construyó el modelo para dar cuenta del sistema digestivo y la digestión en humanos, encontrado allí un proceso igualmente gradual, lento y que ha incluido algunos aspectos y concepciones como el hecho de considerar el estómago como órgano central de la digestión.

8. CONCLUSIONES

El análisis de los modelos explicativos sobre el sistema digestivo, que construyen los estudiantes de cuarto grado de básica primaria, nos permitió establecer las siguientes conclusiones:

- A las estudiantes se les dificulta construir una división funcional del sistema digestivo, distinguen la distribución anatómica de los órganos que lo conforman, pero se les dificulta reconocer su función fisiológica. Sus representaciones evidencian la comprensión de algunas funciones específicas, pero no la relación de estas funciones como la obtención de nutrientes y la excreción de desechos.
- Es necesario que el maestro durante la planeación didáctica, revise modelos gráficos sobre el sistema digestivo diferentes a los utilizados comúnmente en la enseñanza escolar, pues a partir de la intervención didáctica se encontró que modelos como el propuesto desde el libro de medicina, facilitan la comprensión de los aspectos anatómicos y fisiológicos del sistema digestivo.
- La comprensión del modelo histórico le posibilita al maestro la planeación y el diseño de actividades para la enseñanza menos intuitivas y rutinarias y con un alto poder explicativo, lo que facilita a los estudiantes la comprensión de los modelos científicos.

9. RECOMENDACIONES

Para la enseñanza del modelo de sistema digestivo y para el análisis de los resultados, fue fundamental la contextualización del modelo histórico a partir del cual se construyó este modelo en la medicina, este nos permitió comprender la evolución gradual de dicho modelo. Por lo que recomendamos a otros maestros que realicen un acercamiento a la historia de los conceptos científicos, lo que posibilitará una mejor recontextualización en la enseñanza y el aprendizaje de estos conceptos en el aula de clase.

Es necesaria la revisión de las representaciones gráficas del sistema digestivo, que ofrecen los libros de texto escolares, pues a partir de las literaturas exploradas y la intervención didáctica en el aula, se evidenció que inciden en la comprensión de los fenómenos digestivos que ocurren en los órganos ubicados después del estómago. Esto porque son modelos que guardan proporcionalidad métrica con el cuerpo humano y no permiten claridad en la conexión entre órganos gastrointestinales.

Durante la exploración de los contenidos digitales disponibles para la enseñanza del modelo de sistema digestivo, fue difícil encontrar modelos apropiados que proporcionaran actividades no memorísticas y una adecuada comprensión del proceso digestivo, por lo que queda pendiente a partir de esta investigación el diseño y evolución en el aula de este tipo de contenido interactivo, para explicar el funcionamiento del sistema digestivo.

BIBLIOGRAFÍA

Adúriz-Bravo, Agustín. (2005). Modelo didáctico analógico, Marco teórico y ejemplos. *Enseñanza de las Ciencias. Número extra (VII congreso): 1-6.*

Adúriz-Bravo, Agustín. (2010).Hacia una didáctica de las ciencias experimentales basada en la elaboración de modelos. II Congreso internacional de Didáctiques. 248:1-5.

Adúriz-Bravo, Agustín. (2011). *Concepto de modelo científico: Una mirada epistemológica de su evolución*, en Galagovsky, L. Didáctica de las ciencias naturales: El caso de los modelos científicos, 141-161. Buenos Aires (ISBN: 978-950-892-366-0.)

Aduriz-Bravo, Agustín.(2012) *Algunas características clave de los modelos científicos relevantes para la educación química. Publicado en línea 25/03/2012.*

Banet, E. *et al.*(1988). Ideas de los estudiantes sobre la digestión: aspectos *anatómicos*. *Revista Enseñanza de las Ciencias*. 6 (I): 30-37.

Banet, E. *et al* .(1989). Ideas de los estudiantes sobre la digestión: aspectos fisiológicos. *Revista Enseñanza de las Ciencias*. 7 (I): 35-44.

Barrett, Kim E. (2007) *Fisiología gastrointestinal*. México: McGraw-Hill Interamericana.

Carvalho, G. *et al.* (2004). Portuguese primary School children's conceptions about digestion: identification of learning obstacles. *International Journal of Science Education*. 26(9): 1111-1130.

Carvalho, G. y Silva, Rui. (2007). Historical Analysis of Portuguese Primary School Textbooks (1920-2005) on the Topic of Digestion. *International Journal of Science Education*. 29(2): 173-193.

Chamizo, J Antonio. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 7(1): 26-41

CUBERO, Rosario. (1996). *Concepciones de los alumnos y cambio conceptual. Un estudio longitudinal sobre el conocimiento del proceso digestivo en educación primaria*. Tesis doctoral España, Sevilla Junio.

Cunha Mariana. (2009). Similarities about digestion elaborated by children. European Science Education Research Association 2009 Conference Istanbul, Turkey. 2009.

Fourez, G. (1998). *El método científico: creación y rechazo de modelos. La construcción del conocimiento científico*. Madrid- España: Narcea S.A de ediciones.

Galeano Marín, María Eumelia. (2004). *Estrategias de investigación social cualitativa, El giro de la mirada*. Medellín- Colombia: Lealon.

Gallego Badillo, R. (2004). Un concepto epistemológico de modelo para la didáctica de las ciencias experimentales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 3(3): 301-319.

Galagovsky, L y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico, *Revista Enseñanza de las Ciencias*. 19 (2): 231-242

García, José Joaquín y Rentería, Edilma (2011) La modelización de experimentos como estrategia didáctica para el desarrollo de la capacidad para resolver problemas, *Revista Universitaria UdeA Uni-pluri-versidad* 11(1): 1- 13.

Garófalo, Judith y Galagovsky, Lydia.(2005). Modelizar en biología: una aplicación del modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra, (VII congreso): 1-6.

Giere, R. (1992). *La explicación de la ciencia: Un acercamiento cognoscitivo*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Original en inglés de 1988.

Giordan, André y de Vecchi, Gérard. (1995) *Los orígenes del saber: de las concepciones personales a los conceptos científicos*. Sevilla- España: Diada Editores.

Graga Carvalho, et al (2004), Portuguese primary school children's conceptions about digestion: identification of learning obstacles, *International Journal of Science Education (2004), Volume: 26, Issue: 9, pp: 1111-1130*.

Izquierdo, M & Sanmartí (1999), Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales, *Enseñanza de las Ciencias*, 1999, 17 (1), pp. 45-59

Justi, Rosaria (2006), *Enseñanza basada en la elaboración de modelos*, *Revista Enseñanza de las Ciencias*. 24(2): 174-184.

Justi, Rosaria (2009), Learning how to model in science classroom: key teacher's role in supporting the development of students' modelling skills, *Revista Educación Química*. 20(1):32-40.

Khine, Myint Swe & Saleh, Issa M. (2011). *Models and Modeling Cognitive Tools for Scientific Enquiry*. New York. *Spreinger*.

Medina de R, L .(2010), La modelización en la enseñanza de las ciencias, Memorias, *II congreso Nacional de investigación en educación en ciencias y tecnología, 2010*. ISBN: 978-958-99491-1-5

Moreira M. A, *et al* .(2001). La teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird y sus principios: una aplicación con modelos mentales de célula en estudiantes del curso de orientación universitaria. *Enseñanza de Las Ciencias*. V6(3): 243-268.

Sánchez S, Daniel .(2007). Andrés Vesalio Y Leonardo Da Vinci: dos artistas viendo al hombre durante el renacimiento. *Revista de la Sociedad Venezolana de Historia de la Medicina*. V 56(1-2): 85-94.

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(5): 507-520.