



# Modelización científica escolar para explorar el sistema circulatorio en Educación Infantil

## School scientific modeling to explore the circulatory system in early childhood education

Vanessa de Alba Villaseñor

*Instituto Superior de Investigación y Docencia para el Magisterio, Zapopan, México*  
vanedealbavilla@gmail.com

S. Lizette Ramos de Robles

*Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México*  
lizette.ramos@academicos.udg.mx

**RESUMEN** • Se presenta un estudio cuyo propósito fue analizar, a través de la interacción en el aula, los procesos de modelización científica en un grupo de estudiantes de Educación Infantil durante una secuencia didáctica relacionada con el sistema circulatorio. El marco teórico-metodológico se basó en las acciones de modelización propuestas por Mortimer y Scott (2003). Los resultados dan cuenta de que las acciones más recurrentes son las descripciones empíricas. Por su parte, en la construcción del modelo, los estudiantes fueron incorporando elementos de la estructura, características y funciones que dieron como resultado una visión más compleja del modelo del sistema circulatorio en el cual involucran a órganos de diferentes partes del cuerpo y los relacionan a través del paso de la sangre.

**PALABRAS CLAVE:** Modelización científica; Sistema circulatorio; Educación Infantil; Análisis de la interacción; Educación en ciencias.

**ABSTRACT** • We present the results of a study that aimed to analyze, through interaction in the classroom, the modeling processes in a group of pre-school students during a didactic sequence related to the circulatory system. The theoretical-methodological framework that guided the construction of categories was based on the modeling actions of Mortimer and Scott (2003). The results show that empirical descriptions are the most recurrent actions. On the other hand, in the construction of the model, students managed to introduce more and more elements to the structure, characteristics and functions, which resulted in a more complex view on the circulatory system, involving organs from different parts of the body and relating each of them through blood flow.

**KEYWORDS:** Scientific modeling; Circulatory system; early childhood education; Interaction analysis; Science education.

Recepción: agosto 2018 • Aceptación: abril 2019 • Publicación: marzo 2020

## INTRODUCCIÓN

Implementar procesos de modelización científica para la enseñanza de las ciencias implica hacer creaciones con potencial didáctico que sirvan para pensar en fenómenos, comunicar las ideas en torno a ellos y reelaborarlos las veces que sea necesario (Izquierdo et al., 1999).

La modelización científica escolar ha sido implementada para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias experimentales, principalmente de la química, la física y la biología en los distintos niveles educativos. No obstante, en Educación Infantil (denominada como Preescolar en México) existen pocos trabajos de investigación que permitan comprender los procesos cognitivos que los estudiantes ponen en práctica durante la modelización científica. A nivel internacional encontramos tres estudios que se plantearon como objetivo ilustrar los modelos mentales de los estudiantes de Infantil en torno a temas específicos como el ciclo del día y la noche, sus interpretaciones acerca de la clase de Ciencias en su escuela y la biodiversidad en el desierto; los dos primeros desde una metodología descriptiva (Saçkes, 2015; Oğuzhan, Altan y Ahi, 2013) y el tercero a partir de un estudio fenomenológico (Ahi, 2016); en los tres se utilizaron los dibujos como medio para que los alumnos plasmaran sus ideas.

En los estudios de Ahi (2016) y Sackes (2015) se aborda la comprensión y explicación de fenómenos naturales a partir de entrevistas individuales basadas en los dibujos; por otro lado, Oğuzhan, Altan y Ahi (2013) desarrollaron una situación didáctica que solicitaba a los niños dibujar y describir una escuela de sus sueños que incluyera un área para hacer ciencia. En síntesis, los autores de estos tres estudios determinan que conocer los modelos mentales iniciales de los alumnos respecto a ciertos conceptos permite proyectar el grado de avance al que se puede aspirar en la clase de ciencia.

Otros estudios, que no necesariamente focalizan en la modelización, identifican que los alumnos entre 3 y 6 años tienen la capacidad de desarrollar habilidades y conocimientos derivados de la ciencia si se les permite observar, clasificar, elaborar hipótesis y experimentar desde los sentidos (Doğru y Seiker, 2012; Karaman, 2017; Olcer, 2017). Relacionado con esto, se identifica que brindar oportunidades para tocar, sentir y hacer, estimula la curiosidad de los alumnos los incentiva a generar preguntas y encontrar respuestas (Gómez-Motilla y Ruiz-Gallardo, 2016).

Para el caso de México la investigación en torno a la modelización científica en Educación Infantil representa un campo incipiente en comparación con otros niveles educativos. Prueba de ello es el análisis sobre los productos de investigación en torno a la didáctica de las ciencias desarrollados de 2002 a 2011, en los que, de 392 trabajos, solo diez correspondían al nivel infantil (Gómez et al., 2013). De estos diez, tres utilizan una metodología de modelización en el diseño didáctico, en la cual se plantea un modelo precursor de arriba. Ponen el foco en el estudio del modelo de ser vivo e identifican que los estudiantes logran establecer relaciones entre los elementos que explican un fenómeno natural, de tal manera que pueden enriquecer sus conocimientos y en algunos casos reformular sus concepciones estructurales acerca de los seres vivos (Canedo-Ibarra et al., 2012).

Dentro de este marco y con la finalidad de mejorar la comprensión en torno a la construcción de modelos teóricos escolares, nuestro estudio tuvo como propósito *analizar a través de la interacción en el aula los procesos de modelización científica desarrollados en un grupo de estudiantes de Educación Infantil durante una secuencia didáctica relacionada con el modelo de ser vivo focalizando en el sistema circulatorio*. Las preguntas de investigación planteaban identificar *cuáles son las características que definen los procesos de modelización científica al trabajar con el modelo del sistema circulatorio en Educación Infantil analizadas desde niveles explicativos propuestos por Mortimer y Scott (2003) y qué tipo de modelo del sistema circulatorio llegan a construir los estudiantes*.

## Modelos y modelización científica escolar

Para comprender los procesos de modelización científica escolar es importante clarificar conceptualmente las diferencias entre modelización y modelo científico escolar. El concepto de modelo tiene dos variantes. La primera se refiere a un arquetipo o ejemplo de algo y la segunda a una versión simplificada de algo (Adúriz-Bravo y Izquierdo, 2009). Definir el modelo desde la didáctica de las ciencias es posible desde diversas perspectivas epistemológicas; para este trabajo nos posicionamos en la concepción semántica, la cual destaca el significado de las teorías más que su estructura. El modelo es el medio que permite pensar y hacer ciencia (Adúriz-Bravo y Izquierdo, 2009); facilita además establecer un puente entre la teoría que se intenta comprender y el significado que tiene para los sujetos (Giere, 1988). Por lo tanto, el modelo es una unidad abstracta para realizar predicciones, intervenir desde la experiencia y construir explicaciones sobre un fenómeno.

Por su parte, la modelización en la ciencia escolar es un proceso dinámico de elaboración y reelaboración de explicaciones sobre hechos del mundo (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2001), es construir una representación que se modifica a través de un constante ir y venir del fenómeno a la unidad abstracta. Existen tres relaciones fundamentales en el proceso de modelización: *a*) con el mundo físico, la cual está presente durante las experiencias científicas; *b*) con los participantes a través de la interacción que permite la reelaboración en consenso de explicaciones, y *c*) con el conocimiento científico experto (esta última se logra al establecer un modelo científico de base o referencia) (Acher, Arcà y Sanmartí, 2007).

Una de las principales ventajas que identificamos en la utilización de modelos y la modelización científica escolar consiste en generar la oportunidad para pensar y actuar sobre ciertos hechos esenciales que han sido reconstruidos teóricamente para significar todos aquellos fenómenos del entorno que presentan comportamientos análogos.

En nuestro caso, focalizamos una secuencia didáctica hacia la construcción del modelo del sistema circulatorio desde el marco del modelo de ser vivo.

## El caso del modelo de ser vivo y del sistema circulatorio

Comprender la vida, sus procesos, características, interacciones y funcionamiento es una tarea primordial para las comunidades científicas y para la ciencia escolar. De acuerdo con Arcá (2001), es necesario razonar de determinadas maneras y mirar el mundo con una óptica particular, ya que para afrontar desde el punto de vista cognoscitivo la dimensión biológica se debe pensar la vida como un fenómeno complejo y dominar estructuras de conceptos que expliquen dicha complejidad.

Bajo esta visión, consideramos pertinente la propuesta de Espinet y Pujol (2004), que afirman que un ser vivo puede «ser» y en consecuencia «vivir» en función de las posibilidades que le ofrece el ambiente y su propia información genética. Su modelo representa al ser vivo como un sistema abierto que intercambia materia, energía e información con el ambiente que le rodea y cuyos procesos básicos son nutrición, relación y reproducción. Asimismo, está compuesto por un medio interno que se caracteriza por su estructura, sus interacciones y sus cambios.

Dicho modelo ha sido estudiado a través de modelos más pequeños que lo integran. En nuestro caso, el del sistema circulatorio del cuerpo humano. Tomamos como referencia el propuesto por Gutiérrez (2015) (figura 1), que contempla la estructura, las funciones y las enfermedades relacionadas, cada uno con sus componentes. Nuestro estudio solo considera lo referente a estructura y función, excluyendo las enfermedades.



Fig. 1. Modelo científico de sistema circulatorio del cuerpo humano basado en Gutiérrez (2015).

Este modelo y sus componentes nos permitieron analizar las interacciones desarrolladas por los estudiantes en el aula. Cabe señalar que no nos limitamos solo a lo que el modelo contempla, sino que también consideramos elementos que surgieron dentro del discurso de los estudiantes. Pensamos que la modelización científica es más didáctica en la medida en que construye espacios conversacionales en torno a un fenómeno o un modelo a partir de las ideas previas de los estudiantes y de las experiencias vividas durante la secuencia didáctica. En consecuencia, el papel del lenguaje en la modelización es fundamental.

### El lenguaje en la modelización científica

El análisis de los vínculos entre el lenguaje y la modelización científica ha sido objeto de investigación desde hace varias décadas y las visiones epistemológicas desde las cuales se abordan se han transformado. De acuerdo con Espinet et al. (2012), en las últimas décadas el lenguaje ha sido interpretado desde tres visiones diferentes: *a*) como un medio o canal para transmitir información; *b*) como un sistema interpretativo (teoría y acción) para dar sentido a la experiencia, y *c*) como interacción dentro de las comunidades de práctica. Esta tercera y más reciente visión se basa en la idea de que el lenguaje es un fenómeno interactivo socialmente situado. En consecuencia, tanto los aprendizajes de la vida cotidiana como el desarrollo de habilidades cognitivas superiores (como el aprendizaje de las ciencias) se logran a través del uso del lenguaje dentro de la participación en actividades organizadas social y culturalmente, lo que permite desarrollar un lenguaje específico que tiene sentido en un contexto determinado (Wenger, 1998).

La modelización científica desde la mirada sociocultural considera el lenguaje como un proceso de interacción social que contribuye al desarrollo del pensamiento científico, y dicho proceso involucra el uso de vocabulario común y comprensible por los estudiantes durante la clase de ciencias con elementos del fenómeno que se observa, hasta transitar mediante el lenguaje científico por el mundo de las teorías. Esta perspectiva orientó nuestro trabajo de investigación.

## METODOLOGÍA

### Contexto

La investigación se desarrolló en un grupo de educación infantil con 21 estudiantes de entre 5 y 6 años, 12 niños y 9 niñas del ciclo escolar 2015-2016, para llevar a cabo la secuencia didáctica. Una de las autoras de este artículo, que realizaba sus estudios doctorales, diseñó y guio las actividades con la colaboración de la profesora del grupo.

### Descripción de la secuencia

El diseño de la secuencia tuvo en cuenta, por un lado, el Programa de Educación Preescolar (SEP, 2012), que establece como objetivo el desarrollo del pensamiento reflexivo a través de prácticas de experimentación y un acompañamiento didáctico basado en preguntas y, por otro, el modelo científico del sistema circulatorio del cuerpo humano (figura 1). La secuencia didáctica se realizó durante catorce jornadas; en el sistema educativo mexicano una jornada son tres horas. En la tabla 1 se muestra la secuencia de temas abordados, su distribución en jornadas y el propósito general de cada tema.

Tabla 1.  
Secuencia didáctica sobre el modelo ser vivo focalizado en el sistema circulatorio

<i>Tema</i>	<i>Objetivo</i>	<i>N.º de jornadas</i>	<i>Hallazgos</i>
El cuerpo por fuera y por dentro	Describir características y comparar el cuerpo humano con el de animales después de examinarlos.	4 (12 h)	Durante los diálogos los alumnos dieron cuenta del desarrollo de la capacidad de observación al identificar 128 elementos, realizar 28 descripciones y elaborar 19 explicaciones.
Experiencias con la sangre	Expresar con ideas propias cómo ocurren fenómenos con la sangre. Observar con los sentidos.	4 (12 h)	Utilizando recursos gráficos los alumnos realizaron 28 descripciones, nombrando tanto elementos presentes en sus producciones como otros que no aparecían, 4 explicaciones y 6 comparaciones que dieron cuenta de sus observaciones.
¿Dónde están las venas?	Identificar similitudes y diferencias entre venas de animales y nervaduras de plantas.	2 (6 h)	Se identificaron 20 analogías entre las ideas que verbalizaron los alumnos, 28 descripciones, 5 comparaciones entre elementos y 25 explicaciones a partir de razonamientos propios durante discusiones entre pares.
¿Cómo es que funciona el corazón?	Elaborar explicaciones sobre procesos que vinculan las venas, la sangre y el corazón.	2 (6 h)	Los alumnos elaboraron 23 explicaciones, 3 descripciones y 2 analogías, con las cuales lograron establecer una relación entre órganos para explicar el proceso de circulación sanguínea durante la experiencia sensorial.
Termorregulación	Comunicar resultados sobre la función de la sangre para regular la temperatura de los órganos.	2 (6 h)	Los alumnos reelaboraron las ideas iniciales haciendo uso de 20 descripciones, 5 comparaciones y 17 explicaciones, y construyeron 2 relaciones entre órganos para exponer cómo se produce la circulación sanguínea y la termorregulación.

Para este artículo solo se presentará un análisis de los modelos teóricos consensuados por los alumnos durante las actividades que corresponden a los temas *¿Dónde están las venas?* y *¿Cómo es que funciona el corazón?* Dichas actividades se realizaron a lo largo de cuatro jornadas en las que se incluyó la

observación de nervaduras de plantas como el apio y la lechuga a simple vista y con apoyo de herramientas como lupas. También observaron las venas y arterias de corazones de pollo, con la intención de realizar comparaciones con las plantas. Además, los estudiantes escucharon su corazón con un estetoscopio y construyeron explicaciones sobre cómo es que la sangre llega a los órganos del cuerpo. Al final de cada jornada los alumnos elaboraban registros para plasmar sus ideas por medio de dibujos que interpretaban en equipo.

En resumen, la secuencia de modelización que desarrollaron los alumnos de Educación Infantil corresponde a la recuperación de ideas previas, experiencias sensoriales y reelaboración de ideas para construir significados. Gómez (2009) afirma que la experiencia sensorial es el elemento fundamental de la modelización y permite construir oraciones explicativas a los alumnos. Los procesos de modelización realizados por los estudiantes se refieren a las experiencias sensoriales y el pensamiento teórico escolar, entendidos como:

- a) Experiencias sensoriales: conjunto de acciones que acercan al estudiante al fenómeno que se intenta comprender desde sus sentidos.
- b) Pensamiento teórico escolar: pensar mediante modelos para conectar hipótesis con fenómenos mediante procedimientos flexibles, como cuestionar, actuar y explicar.

Para la obtención de datos se utilizaron videgrabaciones, fotografías, registros de observación y dibujos elaborados por los alumnos. Para facilitar el análisis se transcribieron las videgrabaciones y se retomaron los planteamientos del análisis conversacional (Van Dijk, 1985), con la finalidad de identificar fragmentos representativos (viñetas) de la modelización científica y que a su vez dieran cuenta de la evolución de significados colectivos en torno al sistema circulatorio.

De acuerdo con Psathas (1999), el análisis conversacional permite identificar, en una situación interactiva dentro de un escenario sociocultural natural donde se mezclan procesos, en este caso un salón de clases, los elementos referentes a la «organización», es decir, las dinámicas particulares del grupo para realizar las actividades y los elementos que tienen que ver con el «trabajo que se ha de realizar», en nuestro caso la construcción de significados en torno al modelo de ser vivo, poniendo el énfasis en el sistema circulatorio.

Una vez identificados los fragmentos relacionados con procesos de modelización científica y que abordaran aspectos del modelo del sistema circulatorio, estos fueron clasificados en *niveles explicativos*, manteniendo la coherencia de los hechos al seguir la «noción del orden del fenómeno» (Psathas, 1995). De esta manera es posible observar la secuencia y evolución de los significados a través del tiempo.

La noción de niveles explicativos la retomamos del planteamiento de Mortimer y Scott (2003), quienes consideran que durante la modelización científica se pueden identificar cuatro tipos de acciones de distinto poder explicativo: *a)* descripción empírica, *b)* descripción teórica, *c)* explicación y *d)* generalización. Aunado a estos incorporamos el uso de símiles propuesto por Lemke (1990), dado que juegan un papel fundamental en la enseñanza de las ciencias. Este conjunto de niveles nos permitió clasificar los procesos de modelización. La tabla 2 concentra los niveles explicativos y su definición.



Tabla 2.  
Niveles explicativos basados en Mortimer y Scott (2003) y Lemke (1990)

<i>Nivel explicativo</i>	<i>Definición.</i>
Descripción empírica	Referente a las características del fenómeno que pueden apreciarse desde los sentidos.
Descripción teórica	Características observables del fenómeno en términos de entidades, es decir, caracterizaciones hipotéticas o abstractas.
Explicación	Establecer relaciones causales sobre el fenómeno usando un modelo.
Generalización	No se limita a un fenómeno, sino que plantea una propiedad o clase de fenómenos que pueden tener como base las descripciones empíricas o teóricas.
Símil	Establecer relación de equivalencia metafórica entre un término poco conocido y uno más conocido.

Bajo estos planteamientos clasificamos las interacciones desarrolladas durante las cuatro jornadas de trabajo. Adicionalmente, para cada uno de los niveles explicativos describimos las acciones que desarrollaron los estudiantes en la construcción del modelo y registramos su frecuencia, así como su nivel de complejidad de menor a mayor. Ramos y Espinet (2013) establecen como acciones de modelización con menor complejidad la identificación y descripción de elementos; por el contrario, la elaboración de hipótesis y la búsqueda de explicaciones y semejanzas entre resultados las consideran con mayor complejidad. Como ejemplo, presentamos las descripciones empíricas identificadas en el tema *¿Dónde están las venas?*, en el cual las acciones de modelización de los estudiantes se distribuyeron como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3.  
Ejemplo de registro de acciones de modelización científica

<i>Nivel de complejidad</i>	<i>Acciones de modelización científica caracterizadas como: descripciones empíricas</i>	<i>Frecuencia</i>
Menor ↓ Mayor	Identificación de elementos de estructura	4
	Describir características y propiedades de las entidades	6
	Describir procesos del fenómeno	2
	Formular hipótesis	1
	Contraargumentar hipótesis con razonamientos personales	2

De igual manera, presentamos algunas viñetas representativas como ejemplos de cada uno de los niveles explicativos y sus acciones de modelización.

Si bien estos niveles explicativos focalizan su atención en el discurso de los estudiantes, este no puede desvincularse del discurso del profesor, en el cual identificamos que el tipo de preguntas realizadas resultó determinante para el desarrollo de la modelización científica. El poder didáctico de las preguntas ha sido demostrado en investigaciones como la de Mazas et al. (2018), quienes plantean que, a través de preguntas guía, es posible construir modelos científicos con niños de 3 años referentes a fenómenos que les generan interés. Por su parte, Cruz, García y Criado (2017) descubrieron que es posible desarrollar destrezas de observación, comprobación experimental y comunicación de resultados a través del proceso pregunta-predicción-comprobación desde el enfoque de indagación.

En este mismo sentido, Aliberas, Gutiérrez e Izquierdo (2017) señalan que, en un diálogo didáctico, el hecho de dirigir las preguntas del entrevistador (profesor) a aclarar las ambigüedades que perciba en el modelo mental del alumno, y que le impiden reproducirlo y ejecutarlo adecuadamente en su

mente, hace que el estudiante avance en la modelización sin que el profesor le proporcione de manera directa la nueva información.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con respecto al tema *¿Dónde están las venas?*, se rescataron nueve fragmentos de interacción en donde los estudiantes (todos mencionados con nombres ficticios) hablan sobre procesos de circulación y descripciones de sangre y venas en el cuerpo humano. De estos nueve fragmentos, dos desarrollan descripciones empíricas, solo uno cuenta con elementos de descripción teórica, otros cinco combinan descripciones empíricas y símil y el último contiene una explicación.

### Descripción empírica

Con respecto a este nivel explicativo se encontraron dos diálogos en este tema; uno de ellos se presenta en la siguiente viñeta:

- 108. Carla (00:12:37): Es que las venas van a estar así gorditas.
- 109. Maestra: ¿Las venas van a ser gorditas? ¿Habrán venas flaquititas o todas serán gorditas? ¿O cómo?
- 110. Carla: No, sí; si tuviéramos los huesos adentro de las venas serían gorditas.
- 111. Maestra: Ah. ¿Escucharon lo que dijo Carla? ¿No? Más fuerte, para que te escuchen.
- 112. Carla: Que si estuvieran los huesos dentro de las venas, serían más gorditas las venas.
- 113. Maestra: Si los huesos estuvieran dentro de las venas, las venas serían gorditas.
- 114. César: Sí, pero no están.
- 115. Maestra: Pero no están. ¿Entonces, cómo le llega la sangre?
- 116. César (00:13:21): Los huesos están separados.

Este ejemplo corresponde a una descripción empírica debido a que los alumnos hacen mención de características del fenómeno referidas a entidades que pueden apreciarse desde los sentidos. Para este momento los alumnos ya habían observado nervaduras de plantas y venas de pollo y, a partir de ello y de lo que imaginaban de su cuerpo, se les pidió que presentaran características de las venas. Los alumnos mencionaron ideas referentes al grosor (entidad y propiedades de esta) y relación con otros elementos del cuerpo como los huesos.

Estas descripciones fueron precedidas por intervenciones de la maestra, entre ellas algunas oraciones donde repite las ideas de los alumnos, como afirmaciones para el resto del grupo (líneas 112 y 113), así como también preguntas, la mayoría abiertas y relacionadas con las características físicas de las venas. Las acciones de modelización evidenciadas en estos diálogos se presentan en la tabla 4.

Tabla 4.  
Acciones y frecuencias de modelización científica relacionadas con descripciones empíricas

<i>Nivel de complejidad</i>	<i>Acciones de modelización científica caracterizadas como: descripciones empíricas</i>	<i>Frecuencia</i>
Menor ↓↓ Mayor	Identificación de elementos de estructura	4
	Describir características y propiedades de las entidades	6
	Describir procesos del fenómeno	2
	Formular hipótesis	1
	Contraargumentar hipótesis con razonamientos personales	2



## Descripción teórica

La descripción teórica se hizo presente al analizar la circulación de la sangre y tratar de explicar dicho proceso:

2. Carla (00:06:49): La sangre circula por las venas.
3. Maestra: La sangre circula por las venas, pero ¿cómo?
4. Rodrigo: A través.
5. Maestra: A ver, ¿cómo?
6. Rodrigo: A través.
7. Maestra: ¿A través de qué?
8. Camilo: De las venas.
9. Maestra: De las venas. Pero ¿quién me explica cómo circula la sangre?, ¿qué es circular?
10. José Pablo (00:07:36): Que vaya por todo el cuerpo.

En este ejemplo puede apreciarse la intervención de la maestra a partir de preguntas abiertas y orientadas a la descripción de ideas; ella cuestiona saberes en torno al proceso que vincula la sangre con las venas para que se dé la circulación. Se observan tres acciones de modelización científica: la identificación de venas como elemento de estructura, dos descripciones de procesos al mencionar que la circulación se produce «a través» de las venas y una construcción de significado que se considera para este trabajo como una descripción teórica al elaborar la definición de *circular*. Las acciones de modelización científica que se relacionan con la descripción teórica se presentan en la tabla 5.

Tabla 5.

Acciones y frecuencias de modelización científica relacionadas con descripciones teóricas

<i>Nivel de complejidad</i>	<i>Acciones de modelización científica caracterizadas como: descripción teórica</i>	<i>Frecuencia</i>
Menor	Identificación de elementos de estructura	1
↓	Describir procesos del fenómeno	2
Mayor	Construir significados a partir de las características observables del fenómeno	1

## Descripción empírica basada en símil

Se encontró una combinación de niveles explicativos donde realizaban descripciones empíricas apoyadas de símiles; esta combinación se ejemplifica en la siguiente viñeta:

18. César (00:07:42): Porque las venas parece que son un columpio.
19. Maestra. Las venas son como un columpio, y entonces, ¿se pueden resbalar?, como dice Carla.
20. Jesús: Sí.
21. Maestra: ¿Las venas serán como un columpio?
22. Camilo: Entonces va a ser resbaladilla.
23. Maestra: Y ¿las venas serán una resbaladilla?
24. Carla (00:08:21): O un tobogán.

Los diálogos de este tipo corresponden a descripciones empíricas porque presentan características del fenómeno que pueden apreciarse desde los sentidos y además usan símiles, entendidos como la relación de equivalencia metafórica entre un término poco conocido y otro más conocido (columpio, resbaladilla, tobogán). En la viñeta se pueden observar tres preguntas de la maestra sobre las

características de las venas y la asociación que hacen de ellas con elementos que les son familiares; las caracterizaciones de los alumnos son construidas con analogías. Cabe señalar que las analogías utilizadas por los estudiantes en este primer momento refieren un movimiento descendente.

En los fragmentos que registran descripciones de este tipo se observan diecinueve preguntas, la mayoría abiertas, de las cuales diecisiete son formuladas por la maestra y dos más por los alumnos como apoyo para que un compañero explique su idea.

Las cuatro acciones de modelización que realizan los alumnos en estos diálogos consisten en la identificación de la sangre y las venas como elementos de estructura, tres descripciones de características en las que usan el símil, comparando las venas con un columpio, un tobogán, una resbaladilla y una escalera, esta última cuando se discutía la idea de cómo sube la sangre, es decir, se presentó un segundo momento para explicar el proceso de circulación sanguínea, donde incluyeron ideas sobre el movimiento ascendente. Consideramos que estas descripciones empíricas son ejemplo de uno de los tres momentos de la modelización mencionados por Acher, Arcà y Sanmartí (2007), las *experiencias con el mundo físico*, en las cuales los estudiantes remiten a símiles de entidades concretas que se relacionan con su vida cotidiana.

Durante la modelización los alumnos describieron cuatro procesos. El primero se refiere a que la sangre se mueve por todo el cuerpo; el segundo, que baja «resbalándose» a través de las venas, y los dos últimos corresponden a la acción de subir: una idea es que lo hace escalando y la otra que mediante los huesos. Finalmente presentan dos hipótesis: una es que si la sangre deja de moverse dentro del cuerpo podemos morir, y la otra es que hay un tipo de vena especial que usa la sangre para subir, «la vena azul». Las acciones de modelización con respecto a esta combinación de niveles explicativos se muestran en la tabla 6.

Tabla 6.  
Acciones y frecuencias de modelización científica relacionadas con descripciones empíricas en las que se utiliza el símil

<i>Nivel de complejidad</i>	<i>Acciones de modelización científica caracterizadas como: descripciones empíricas + símil</i>	<i>Frecuencia</i>
Menor	Identificación de elementos de estructura	2
↓	Describir características y propiedades de las entidades	3
	Describir procesos del fenómeno	4
Mayor	Formular hipótesis	2

## Explicaciones

El último nivel explicativo del tema *¿Dónde están las venas?* se refiere a las explicaciones entendidas como el establecimiento de relaciones causales sobre el fenómeno, y un ejemplo se presenta en la siguiente viñeta:

- 127. César (00:13:14): La sangre se va arrastrando hacia arriba.
- 128. Maestra: La sangre se va arrastrando. Dice César que la sangre se va arrastrando hacia arriba.
- 129. Carla: Se va agarrando, como en una escalera.
- 130. Jesús: No tiene manos.
- 131. Maestra: Dice Jesús que no se puede arrastrar porque no tiene manos. Entonces ¿cómo se arrastra?
- 132. Jesús (00:13:48): Como un gusano.

En esta viñeta se puede comprobar que los alumnos, a través de analogías, presentan sus ideas sobre el proceso de circulación sanguínea acerca de cómo sube la sangre, y puede apreciarse una discusión entre ellos. La maestra realiza dos intervenciones con la intención de rescatar ideas de proceso y algunas afirmaciones de las explicaciones de los niños.

Las acciones de modelización, en este caso, constan de la identificación de la sangre como elemento de estructura, una descripción de cómo se impulsa la sangre para subir y tres caracterizaciones del proceso que sigue la sangre para subir, dos acerca de que se «arrastra»; en el primero no se especifica cómo y en el segundo la comparan con un gusano refiriéndose a la acción de escalar. Las acciones de modelización de este diálogo se presentan en la tabla 7.

Tabla 7.  
Acciones y frecuencias de modelización científica relacionadas con explicaciones

Nivel de complejidad	Acciones de modelización científica caracterizadas como: explicaciones	Frecuencia
Menor	Identificación de elementos de estructura	1
↓ ↓	Describir características y propiedades de las entidades	1
Mayor	Describir procesos del fenómeno	3

Producto del análisis de los datos encontrados en el tema *¿Dónde están las venas?*, y en referencia al modelo científico del sistema circulatorio del cuerpo humano basado en Gutiérrez (2015) (figura 1), se conformó un modelo teórico escolar en construcción a partir de los significados consensuados de los nueve fragmentos, que quedó como se muestra en la siguiente figura.

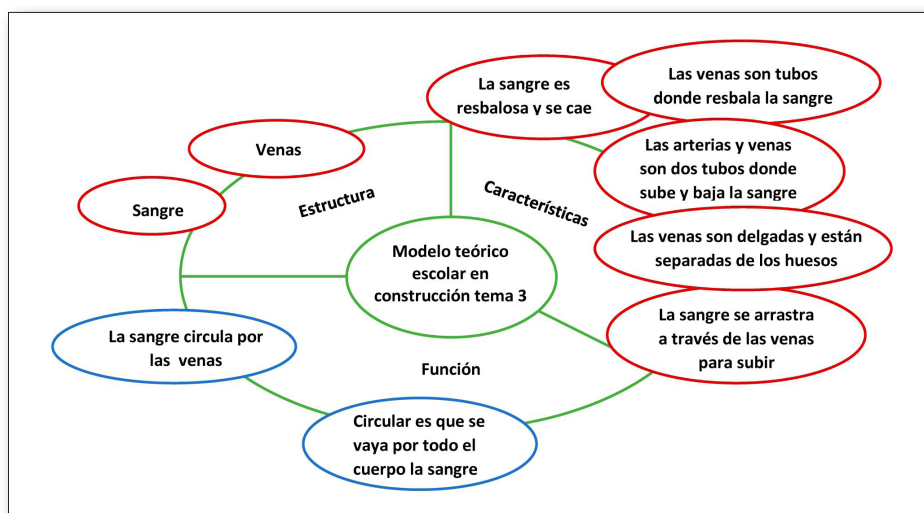


Fig. 2. Modelo teórico escolar construido durante el tema *¿Dónde están las venas?*

En cuanto al tema *¿Cómo es que funciona el corazón?*, se cuenta con doce fragmentos en los que los alumnos construyen significados referentes a las funciones del corazón y las venas. En cuatro se aprecian elementos de descripción empírica, tres combinan el nivel explicativo de descripción empírica usando el símil y otros cinco abordan explicaciones. La viñeta que aparece a continuación ejemplifica elementos relacionados con descripciones empíricas, en este caso los alumnos presentan sus representaciones gráficas construidas en equipo sobre órganos que intervienen en la circulación y que están conectados.

55. Maestra (00:04:49): Habla sobre tu trabajo.
56. Nadia: El cerebro.
57. Maestra. Ajá. ¿Qué más? Cuéntame.
58. Nadia: La carne y la sangre.
59. Maestra. Muy bien. A ver, Rodrigo, cuéntame.
60. Rodrigo: Este es el corazón.
61. Maestra: Ajá.
62. Rodrigo: Y los músculos.
63. Maestra: Vaya, tiene hasta músculos, perfecto.
64. Rodrigo: Y las rayas.
65. Maestra: Y esas rayas, ¿qué son?
66. Rodrigo: Las venas.
67. Maestra: Venas, muy bien. Álvaro, explícame tu trabajo.
68. Rodrigo: Ah, y el cerebro.
69. Maestra: ¿Dónde está?
70. Álvaro: Aquí está el cerebro.
71. Rodrigo: Aquí.
72. Maestra: Ok, ¿qué más?
73. Rodrigo (00:06:12): El ombligo.

En la siguiente figura (3) se puede identificar la representación gráfica de los alumnos con la que realizan las descripciones de la viñeta anterior. Vemos en ella el corazón y los músculos conectados por líneas que de acuerdo con su descripción simbolizan las venas.



Fig. 3. Representación gráfica de los órganos internos conectados por venas.

En los diálogos relacionados con descripciones empíricas como el anterior, se registran once preguntas cerradas de la maestra para rescatar elementos que participan en el proceso de circulación. Entre las respuestas de los alumnos se mencionan órganos internos y externos en conexión.

Las acciones de modelización encontradas en estos cuatro diálogos incluyen la identificación de once elementos de estructura que, de acuerdo con los estudiantes, intervienen en la circulación. Son: corazón, caja torácica, venas, estómago, intestinos, pulmones, arterias, cerebro, sangre, músculos y ombligo. También contienen dos descripciones de características, una relacionada con el hecho de que

el cerebro está conectado al intestino y al estómago por medio de venas, y otra que se refiere a que órganos internos como corazón y cerebro están conectados a partes externas como el ombligo. La última acción se refiere a la descripción de un proceso: que el corazón es el motor que mueve la sangre y la manda a todo el cuerpo. La frecuencia de acciones de modelización en las descripciones empíricas del tema *¿Cómo es que funciona el corazón?* se presenta en la tabla 8.

Tabla 8.  
Acciones y frecuencias de modelización científica relacionadas con descripciones empíricas

<i>Nivel de complejidad</i>	<i>Acciones de modelización científica caracterizadas como: descripciones empíricas</i>	<i>Frecuencia</i>
Menor	Identificación de elementos de estructura	11
↓ ↓	Describir características y propiedades de las entidades	2
Mayor	Describir procesos del fenómeno	1

En este tema nuevamente se encontraron niveles explicativos en combinación, descripciones empíricas y símil. Prueba de ello es la siguiente viñeta:

33. Camilo (00:17:34): El corazón, porque el corazón es como una bomba de agua que hace así (mueve sus manos desde su pecho hacia adelante y atrás varias veces): pum, pum, pum.
34. Maestra: Ah, vale. ¿Escuchasteis la idea de Camilo?
35. Rodrigo: Dice que el corazón hace: pum, pum, pum.
36. Maestra: Y dijiste que es como una bomba, ¿verdad?
37. Rodrigo: Grande.
38. Maestra: De agua.
39. Camilo: Es así (simula que coge algo grande).
40. Maestra: Ajá.
41. Camilo: Y se mueve.
42. Maestra: Ajá.
43. Camilo (00:18:17): Y va circulando la sangre.

Se encontraron tres diálogos de este tipo que involucraban tres acciones de modelización; la primera consiste en la identificación de cuatro elementos de estructura: corazón, cerebro, intestino delgado y estómago (se localizaron tres descripciones de características relacionadas con que el corazón es como una bomba de agua). También mencionaron que el corazón es grande y se mueve y compararon las venas con cables de robot. En cuanto a la descripción de procesos, se abordó solo uno, referente a que el corazón, al moverse como una bomba, provoca que la sangre circule por todo el cuerpo. En estas acciones los estudiantes describen entidades y procesos inherentes a estas, como el papel del corazón en la circulación de la sangre. Consideramos que son la pauta en la construcción de lo que Acher, Arcà y Sanmartí (2007) denominan establecimiento del modelo científico de base o referencia. La frecuencia de acciones de modelización a través de descripciones empíricas usando un símil se presenta en la tabla 9.

Tabla 9.  
Acciones y frecuencias de modelización científica relacionadas con descripciones empíricas en las que se usa un símil

<i>Nivel de complejidad</i>	<i>Acciones de modelización científica caracterizadas como: descripción empírica + símil</i>	<i>Frecuencia</i>
Menor	Identificación de elementos de estructura	4
↓ ↓	Describir características y propiedades de las entidades	3
Mayor	Describir procesos del fenómeno	1

El último nivel explicativo encontrado en los datos revisados consiste en explicaciones, y un ejemplo se presenta en la siguiente viñeta. Se trata de la construcción colectiva de un argumento basado en procesos de actividad e inactividad en el cuerpo y sus efectos en órganos internos.

15. Rodrigo (00:01:14): Que cuando nosotros, cuando nosotros estamos brincando el corazón tiene que descansar.
16. Maestra: ¿Y qué hace el corazón para descansar?
17. Rodrigo: Se duerme.
18. Maestra: Se duerme, y cuando ustedes...
19. Camilo: El corazón duerme cuando nosotros nos dormimos.
20. Maestra. Cuando dices que el corazón se duerme, ¿qué es lo que realmente hace el corazón?
21. Cesar: El corazón tiene que dormir.
22. Rodrigo: Pues yo creo que cuando nosotros cerramos los ojos, porque tenemos sueño, el corazón se duerme también.
23. Maestra: Pero cuando dices que se duerme el corazón, ¿qué es lo que hace el corazón? ¿Se sigue moviendo o no se sigue moviendo?
24. Rodrigo (00:01:59): No se sigue moviendo porque nosotros estamos dormidos. El corazón no se sigue moviendo.

En este caso se puede apreciar la idea consensuada por los alumnos de que el corazón necesita reposo, al igual que el cuerpo, y que, al hacerlo, deja de moverse. También puede verse que la maestra, en sus cuatro intervenciones, cuestiona el proceso de descanso del corazón, buscando caracterizaciones más precisas. Este proceso de modelización, donde la explicación se va realizando de manera conjunta, coincide con el planteamiento de Acher, Arcà y Sanmartí (2007), quienes comentan que una de las formas de modelización se da entre los participantes a través de la interacción, que permite la reelaboración en consenso de explicaciones.

Diálogos de explicación como el anterior se presentaron en cinco ocasiones, y en ellos se cuenta con veinte preguntas de la maestra, la mayoría abiertas para rescatar argumentos de los alumnos sobre las acciones del corazón en momentos de actividad e inactividad corporal, o también acerca de cómo sucede la circulación sanguínea, así como algunas preguntas cerradas para mencionar órganos que participan en ambos procesos.

Las acciones de modelización presentes en estos diálogos analizados son la identificación de la sangre, el corazón, las venas, el estómago y los pulmones como elementos de estructura. Para ello realizaron cuatro descripciones de características referentes a que la sangre es delgada, el corazón es como una bomba de agua, las venas son como cables por los que avanza la sangre y, la última, en torno a que el estómago es como un motor que mueve la sangre. Describieron también dos procesos acerca de la actividad del corazón cuando el cuerpo está en reposo y sobre la circulación sanguínea incluyendo los órganos que intervienen. Durante estas explicaciones se formularon dos hipótesis. La primera es que

el estómago es como un motor por el que entra la sangre, la manda al corazón y luego a los pulmones, y la segunda tiene que ver con la inactividad del corazón en los momentos de reposo del cuerpo. Esta última solo fue cuestionada por la maestra y aceptada por la mayoría como verdadera. La primera hipótesis fue contraargumentada por los compañeros, en el sentido de que el órgano que impulsa la sangre por todo el cuerpo es el corazón y no el estómago, ya que funciona como una bomba de agua. La frecuencia de acciones de modelización científica con respecto a explicaciones aparece en la tabla 10.

Tabla 10.  
Acciones y frecuencia de modelización científica relacionadas con explicaciones

Nivel de complejidad	Acciones de modelización científica caracterizadas como: explicaciones	Frecuencia
Menor	Identificación de elementos de estructura	5
	Describir características y propiedades de las entidades	4
↓ Mayor	Describir procesos del fenómeno	2
	Formular hipótesis	2
	Contraargumentar hipótesis con razonamientos personales	1

Tras el análisis de los datos encontrados en el tema *¿Cómo es que funciona el corazón?*, y en comparación con el modelo científico de sistema circulatorio (Gutiérrez, 2015) (figura 1), se elaboraron dos modelos teóricos escolares en construcción a partir de los significados consensuados, los cuales pertenecen a cada una de las jornadas de trabajo realizadas y que se presentan en las figuras 4 y 5.

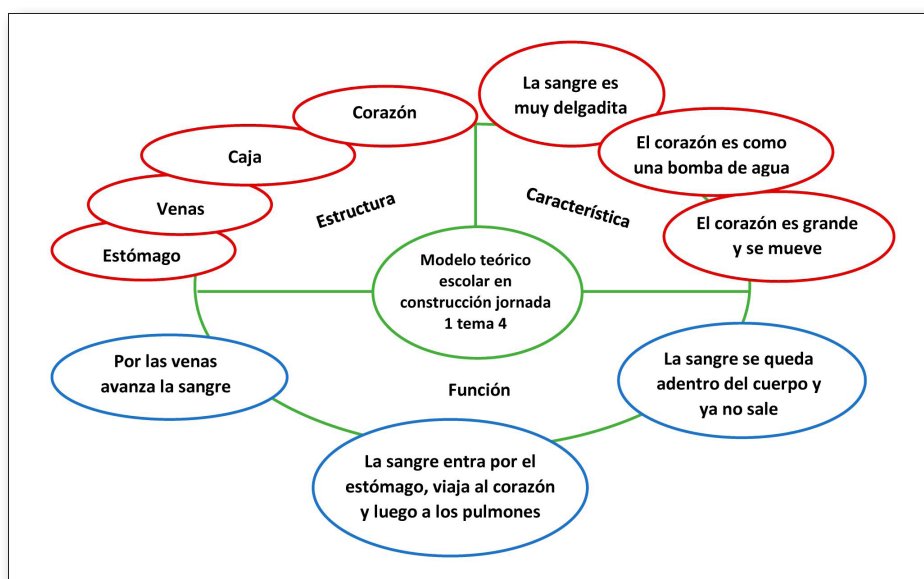


Fig. 4. Modelo teórico escolar parcial construido durante la primera jornada de trabajo del tema *¿Cómo es que funciona el corazón?*



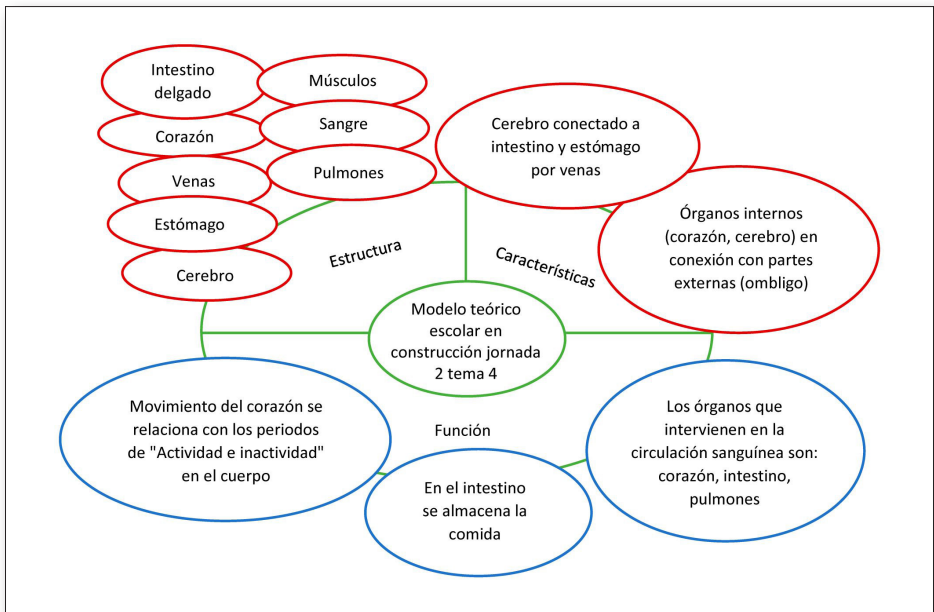


Fig. 5. Modelo teórico escolar parcial construido durante la segunda jornada de trabajo del tema *¿Cómo es que funciona el corazón?*

Un compendio final de los procesos de modelización científica, tomando como ejes los niveles explicativos de Mortimer y Scott (2003) y Lemke (1990), se encuentra en la tabla 11, donde se pueden apreciar el tema, las acciones de modelización, los niveles explicativos y la frecuencia.

Las descripciones empíricas (DE) son las que, en ambos temas, concentran mayor cantidad de acciones de modelización (15 y 14) asociadas a la identificación de elementos de estructura y a características y propiedades. Acciones relacionadas con la percepción y los sentidos. Para el caso del tema *¿Cómo es que funciona el corazón?* destaca que las explicaciones (Ex) obtuvieron una frecuencia elevada (14), aspecto que da cuenta de una mayor complejidad en la construcción del modelo, dado que pasaron de las descripciones a la búsqueda de causas, así que en este tema surgen hipótesis y contraargumentos.

Tabla 11.  
Compendio de acciones de modelización científica por niveles explicativos y temas

Tema	Niveles de complejidad	Acciones de modelización científica	Niveles explicativos				Total
			DE	DT	DE+S	Ex	
¿Dónde están las venas?	Menor ↓	Identificación de elementos de estructura	4	1	2	1	8
		Describir características y propiedades de las entidades	6		3	1	10
		Describir procesos del fenómeno	2	2	4	3	11
	Mayor	Formular hipótesis	1		2		3
		Construir significados a partir de las características observables del fenómeno		1			1
		Contraargumentar hipótesis con razonamientos personales	2				2
Subtotales			15	4	11	5	35
¿Cómo es que funciona el corazón?	Menor ↓	Identificación de elementos de estructura	11		4	5	20
		Describir características y propiedades de las entidades	2		3	4	9
		Describir procesos del fenómeno	1		1	2	4
	Mayor	Formular hipótesis				2	2
		Contraargumentar hipótesis con razonamientos personales				1	1
		Subtotales			14	0	8
TOTAL			29	4	19	19	71

Las descripciones empíricas apoyadas por símiles (DE+S) ocuparon un lugar importante dentro de la construcción del modelo, ya que en ambos temas destaca su presencia, debido a la necesidad que presentaron los estudiantes de comparar lo que analizaban en clase con ejemplos de la vida cotidiana. Esta necesidad podría a su vez compararse con ese ir y venir entre el mundo de las ideas y el mundo real. Los estudiantes usaron símiles como estrategia para construir sus explicaciones, aspecto que ayuda a la profesora a entender cómo los estudiantes construyen su modelo.

En cuanto a los contraargumentos, si bien es evidente que surgen en la interacción entre pares, destaca que las oraciones de este tipo las construyen de forma descriptiva, lo que muestra la idea en desacuerdo, como se aprecia en la segunda viñeta: «Carla: No, sí, si tuviéramos los huesos adentro de las venas serían gorditas».

La descripción teórica (DT) se encontró en menor cantidad, esto es, las caracterizaciones abstractas como la elaboración de definiciones. En este nivel subrayamos el hecho de que no se encontraron diálogos de este tipo en el tema *¿Cómo es que funciona el corazón?*

En cuanto a la evolución en la construcción del modelo podemos identificar que, a partir del abordaje del primer tema, el modelo (figura 2) quedó constituido por la identificación de dos elementos de estructura (venas y sangre); por cinco características asociadas a estos elementos, principalmente que la sangre es resbalosa, cae y se arrastra, y que las venas son tubos, son delgadas y separadas de los huesos; y por una función que es el circular de la sangre por todo el cuerpo. Dicho modelo queda en un nivel descriptivo asociado a los componentes.

En el abordaje del segundo tema, el modelo se enriquece y se complejizan las relaciones y explicaciones en torno a las funciones. Dada la gran cantidad de acciones que surgieron, se construyeron dos modelos para ejemplificar su evolución (figuras 4 y 5). Para el caso de la figura 4 identificamos que

aparecen nuevos elementos de estructura, como son corazón, caja torácica (pulmones) y estómago. Las características se concentran en el corazón, el cual describen como grande y con movimiento; lo comparan con una bomba de agua. Para el caso de las funciones, además de mencionar la circulación, describen cómo se da y los órganos que participan en ella (estómago, corazón y pulmones). Los estudiantes formularon relaciones causa-efecto para explicar desde sus ideas previas la circulación y los órganos que intervienen en ella. Finalmente, en la figura 5 podemos ver el tercer momento, donde aparece un modelo integrado por ocho elementos de estructura, siendo nuevos el intestino delgado, el cerebro y los músculos. Las dos características principales son que el cerebro está conectado al intestino y el estómago por las venas, y que los órganos internos están conectados a su vez al ombligo. Para el caso de las funciones aparecen tres nuevas: el corazón funciona de acuerdo con la actividad o inactividad de la persona, es decir, se detiene al dormir; el intestino almacena la comida, y gracias al corazón, intestino y pulmones, la sangre circula.

En síntesis, las tres etapas descritas en la construcción del modelo dan cuenta de un proceso de modelización que permitió a los estudiantes incorporar cada vez más elementos de estructura, más características y más funciones que, si bien no todas corresponden al modelo teórico escolar, dan cuenta de una visión compleja del sistema circulatorio. El proceso de circulación de la sangre representa un reto para la comprensión, ya que las ideas de los estudiantes se concentraron en explicar el movimiento descendente, pero no el ascendente. Además, prevalece la idea de que el sistema circulatorio, y específicamente el corazón, se detiene cuando el ser humano se duerme; pareciera que el estado de reposo es interpretado como inactividad total.

## CONCLUSIONES

Reconocemos que acercarse a la ciencia desde los sentidos puede resultar la vía más directa cuando se trata de trabajar con alumnos de Educación Infantil. Así también lo comprobaron Gómez-Motilla y Ruiz-Gallardo (2016) al llevar a cabo una «forma activa de enseñanza». En este sentido, las experiencias sensoriales en contacto directo con el fenómeno resultaron de gran ayuda para la construcción de descripciones, tanto empíricas como teóricas. Desde el marco de Mortimer y Scott (2003), identificamos que las descripciones empíricas, así como la unión de estas con símiles, fueron las acciones de modelización más recurrentes (el 67,6 % del total), seguidas de las explicaciones, con el 26,7 %, y las descripciones teóricas, con solo el 5,6 %. Cabe señalar que no se lograron generalizaciones. De manera más específica, las descripciones se enfocaron en la identificación de los elementos de estructura y sus características; los símiles fueron muy utilizados por los estudiantes al narrar experiencias previas que suponían que actuaban de manera semejante al fenómeno estudiado. Por su parte, a través de las explicaciones, los estudiantes intentaron asociar causas y efectos, y a pesar de que no todas correspondían a la explicación teórico-científica del modelo, permitieron la elaboración de argumentos y el uso de evidencias o contraejemplos.

En cuanto al tipo de modelos construidos a partir de la interacción, podemos concluir que los dos primeros (figuras 2 y 4) cuentan con características del modelo sintético, de acuerdo con la clasificación de modelos mentales (Sackes, 2015), es decir, describen elementos y cómo se relacionan estos, y solo el último de los modelos (figura 5) cuenta con una explicación causal, por lo que podría acercarse a la categoría de modelo «científico».

Por otra parte, y retomando las tres relaciones fundamentales en el proceso de modelización planteadas por Acher, Arcà y Sanmartí (2007), identificamos que hubo presencia de las tres: con el mundo físico, entre los participantes y con el conocimiento científico. Reconocemos que la realización de dibujos, siluetas del cuerpo, así como la manipulación de ciertos órganos, fueron elemento fundamentales para detonar la interacción entre los participantes y en consecuencia enriquecer el modelo.

Finalmente, consideramos que este estudio representa una alternativa práctica que demuestra la importancia del desarrollo de actividades de modelización científica en Educación Infantil, como una forma de desarrollar habilidades del pensamiento científico, tales como la observación de fenómenos, la descripción de sus componentes y características y la formulación de algunas explicaciones. Asimismo, reconocemos la necesidad de fortalecer la línea de investigación en torno a la modelización científica con estudiantes de educación infantil.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acher, A., Arcà, M. y Sanmartí, N. (2007). Modeling as a Teaching Learning Process for Understanding Materials: A Case Study in Primary Education. *Science Education*, 91, 398-418. 10.1002/sce.20196
- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 4 (especial), 40-49.
- Ahi, B. (2016). A Study to Determine the Mental Models in Preschool Children's Conceptualization of a Desert Environment. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 8(3), 333-350.
- Aliberas, J., Gutierrez, R. e Izquierdo, M. (2017). Introducción a un método para la conducción y análisis de diálogos didácticos basado en la evaluación de modelos mentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 35(2), 7-28.  
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2028>
- Arcá, M. (2001). Per entendre la vida. *Perspectiva Escolar*, 261, 66-71.
- Canedo-Ibarra S., Castelló-Escandell J., García-Wehrle, P., Gómez- Galindo A. y Morales-Blake A. (2012). Cambio conceptual y construcción de modelos científicos precursores en educación infantil. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 17(54), 691-727.
- Cruz, M., García, A. y Criado, A. M. (2017). Aprendiendo sobre los cambios de estado en educación infantil mediante secuencias de pregunta-predicción-comprobación experimental. *Enseñanza de las Ciencias*, 35(3), 175-193.  
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2336>
- Doğru, M. y Şeker, F. (2012). The Effect of Science Activities on Concept Acquisition of Age 5-6 Children Groups. *Educational Sciences: Theory & Practice*, Special Issue, 3011-3024.
- Espinet, M., Izquierdo, M., Bonil, J. y Ramos, L. (2012). The Role of Language in Modeling the Natural World: Perspectives in Science Education. En B. T. Fraser, *Second International Handbook of Science Education* (pp. 1385-1403). Nueva York: Springer.
- Espinet, M. y Pujol, R. M. (2004). *Construir el model d'esser viu a l'escola Infantil i Primària. Aportacions dels I i II Seminari-Taller d'Educació Científica (3-10 anys)*. Barcelona: Museu de Ciència de la Fundació la Caixa.
- Giere, R. (1988). *Explaining science: A cognitive approach*. Chicago: University of Chicago Press.
- Gómez, A. (2009). *El estudio de los seres vivos en la educación básica: Enseñanza del sistema nervioso desde un enfoque para la evolución de los modelos escolares*. Monterrey: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Gómez G., García, F. A. y García, G. C. M. (2013). Estado de la Investigación en Educación en Ciencias Naturales en el Nivel de Educación Básica, durante la década 2002-2012. En A. Ávila, A. Carrasco, A. Gómez, M. Guerra, G. López-Bonilla y J. Ramírez, *Una década de investigación educativa en conocimientos disciplinares en México. Matemáticas, ciencias naturales, lenguaje y lenguas extranjeras*. México: COMIE-ANUIES.

- Gómez-Motilla, C. y Ruiz-Gallardo, J. (2016). El rincón de la ciencia y la actitud hacia las ciencias en educación infantil. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(3), 643-666. [http://dx.doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2016.v13.i3.10](http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i3.10)
- Gutiérrez, L. (2015). *Modelos y modelización de sistemas del cuerpo humano. Estudio de caso de una maestra de cuarto grado de primaria* (tesis doctoral). Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.
- Izquierdo, M. y Adúriz-Bravo, A. (2001). *Contributions of the cognitive model of science to didactics of science*. Denver: 6th International History, Philosophy and Science Teaching Conference.
- Izquierdo, M., Espinet, M. P., Pujol, R. y Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 79-91.
- Karaman, A. (2017). Eliciting the Views of Prospective Elementary and Preschool Teachers about the Nature of Science. *European Journal of Educational Research*, 7(1), 45-61.
- Lemke, J. (1990). *Talking science: Language, learning and values*. Norwood, New Jersey: Ablex.
- Mazas, B., Gil-Quílez, J., Martínez B., Hervas, A. y Muñoz A. (2018). Los niños y las niñas de infantil piensan, actúan y hablan sobre el comportamiento del aire y del agua. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(1), 163-180. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2320>
- Mortimer, E. y Scott, P. (2003). *Meaning making in secondary science classroom*. Buckingham: Open University Press.
- Oğuzhan A., Altan, M. y Ahi, B. (2013). Mental Models of School for Preschool Children. *European Journal of Educational Research*, 2(2), 97-105.
- Olcer, S. (2017). Science Content Knowledge of 5-6 Year Old Preschool Children. *International Journal Of Environmental & Science Education*, 12(2), 143-175.
- Psathas, G. (1995). «Talk and social structure» and «studies of work». *Human Studies*, 18(2-3), 139-155. <https://doi.org/10.1007/BF01323207>
- Psathas, G. (1999). Studying the Organization in Action: Membership Categorization and Interaction Analysis. *Human Studies*, 22(2/4), 139-162.
- Ramos, L. y Espinet, M. (2013). Una propuesta fundamentada para analizar la interacción de contextos AICLE en la formación inicial del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(3), 27-48.
- Saçkes, M. (2015). Kindergartners' Mental Models of the Day and Night Cycle: Implications for Instructional Practices in Early Childhood Classroom. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 15(4), 997-1006. [10.12738/estp.2015.4.2741](https://doi.org/10.12738/estp.2015.4.2741)
- SEP, Secretaría de Educación Pública (2012). *Programa de Estudios 2011*. México, D. F.: Secretaría de Educación Pública.
- Van Dijk, T. (1985). *Introduction: Discourse Analysis as a new cross-discipline*. *Handbook of Discourse Analysis*. Gran Bretaña: Academic Press Limited.
- Wenger, E. (1998). *Communities of practice: Learning, meaning and identity*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

---

# School scientific modeling to explore the circulatory system in early childhood education

Vanessa de Alba Villaseñor

Instituto Superior de Investigación y Docencia para el Magisterio, Zapopan, México  
vanedealbavilla@gmail.com

S. Lizette Ramos de Robles

Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México  
lizette.ramos@academicos.udg.mx

We present the results of a study which analyzed classroom interactions in the modeling processes of a group of pre-school students during a teaching and learning unit related to the circulatory system. These activities were carried out over four days and sessions of three hours each. An analysis of the circulatory system models designed by students during the unit's activities allowed us to delve into the relationship between the students' placement of veins and their understanding of how the heart works. The question that led this study was designed to provide insights into the modeling processes of students: What are the characteristics of scientific modeling when pre-school students develop a model of the circulatory system?

The theoretical-methodological framework that guided the construction of analytical categories was based on the modelling activities by Mortimer and Scott (2003), which consist of four different levels of explanatory power or filters: *a*) empirical description, *b*) theoretical description, *c*) explanation and *d*) generalization. In addition to these four analytical filters we incorporated the use of similes as proposed by Lemke (1990). We believe that similes can play a fundamental and important role in the teaching of science.

The results show that empirical descriptions of the students are the most frequently used in the modeling activities. What is more, students make use of similes to construct their models of the circulatory system, more specifically as a strategy to construct their explanations and perhaps clarify their ideas about the circulatory models, based on their daily lives. The usage of similes played an important role within the construction of their models. Using their daily lives as a basis for their models, students were able to link their ideas to scientific theories and phenomena.

In the construction of these models, students managed to introduce more and more elements to the structure of the model, as well as characteristics and functions that resulted in a more complex vision of the circulatory system, including organs from different parts of the body and relating them to the circulatory blood flow. The process of blood circulation was a challenge for students to understand. Students' ideas focused on an explanation of the downward movement, not the upward movement of the circulatory system. Additionally, the dominant conception about the circulatory system and the heart is that both the circulatory system and the heart stop when a person falls asleep. Resting is interpreted by students as total inactivity.

We suggest that this study deals with the importance of the development of scientific modeling activities in early childhood education, as this is a way of developing scientific thinking skills, such as the observation of phenomena, the description of its components and characteristics and the formulation of explanations. We also recognize the need to further research on the importance of scientific modeling in early childhood students, since this methodology is expected to enrich the teaching and learning of science.

