

Razonamiento de los estudiantes de preescolar sobre los fenómenos físicos

FERNANDO FLORES-CAMACHO* | LETICIA GALLEGOS-CÁZARES**
ELENA CALDERÓN-CANALES***

En este trabajo se presenta un análisis de cómo establecen inferencias los estudiantes de preescolar para interpretar y comprender fenómenos físicos. Con base en la aproximación epistemológica-inferencial de las representaciones, se determinan las herramientas epistémicas con las cuales establecen los estudiantes sus razonamientos. Las niñas y niños que participaron son estudiantes preescolares de una zona rural, los cuales fueron entrevistados ante situaciones experimentales y de su experiencia cotidiana con el sonido. Los resultados muestran un conjunto de herramientas epistémicas que constituyen un modelo o representación funcional que les permite a niñas y niños llevar a cabo razonamientos coherentes y complejos. Las conclusiones llevan a la conveniencia de que, en los procesos de enseñanza de las ciencias, los estudiantes tengan experiencias con diversas representaciones externas y actividades donde se atiendan de manera específica sus procesos de razonamiento.

This work analyzes how preschoolers establish inferences in order to interpret and understand physical phenomena. Based on an epistemological-inferential approach towards representations, we determine which epistemic tools students use to establish their reasoning. The participating children are rural preschoolers who were interviewed while confronting experimental and daily life sound situations. Our results show a series of epistemic tools constituting a model or functional representation that allows children to engage in coherent and complex reasoning. Our conclusions lead us to convene that science teaching processes should let students experience diverse external representations and activities specifically addressing their reasoning processes.

Palabras clave

Preescolar
Razonamiento
Representaciones
Sonido
Aprendizaje de las ciencias

Keywords

Preschool
Reasoning
Representations
Sound
Learning science

Recepción: 6 de octubre de 2022 | Aceptación: 20 de febrero de 2023

<https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2023.182.61128>

- * Investigador del Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (México). Doctor en Pedagogía. Líneas de investigación: representaciones científicas y aprendizaje; cambio conceptual; didáctica de las ciencias. CE: fernando.flores@icat.unam.mx. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6165-4946>
- ** Investigadora del Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (México). Doctora en Pedagogía. Líneas de investigación: enseñanza de las ciencias y multiculturalidad; teorías de aprendizaje; didáctica de las ciencias. CE: leticia.gallegos@icat.unam.mx. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1485-2867>
- *** Investigadora del Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (México). Doctora en Psicología. Líneas de investigación: aprendizaje en dominios específicos; educación en ciencias en preescolar. CE: elena.calderon@icat.unam.mx. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9493-0046>

We need a better understanding of students reasoning processes in the circumstances we study; we must understand and model students reasoning as it occurs in the interview, we employ to study commonsense science
SHERIN ET AL., 2012: 169¹

Este llamado de Sherin *et al.* (2012) responde al hecho de que la mayoría de las investigaciones sobre las ideas, concepciones y modelos de los estudiantes se limitan a caracterizarlos y relacionarlos con aspectos como la percepción de lo cotidiano, la explicación de la construcción de sus ideas desde el enfoque de la corporeización o “*embodiment*”, y otros aspectos que tienen que ver con el contexto y el análisis de las situaciones de aula. Sin embargo, los procesos de razonamiento que los alumnos desarrollan en situaciones donde se les demanda elaborar explicaciones o predicciones sobre fenómenos naturales han sido poco analizados.

Esta carencia de análisis de los procesos de razonamiento es mucho más grave en el caso de alumnos de menos edad, como los que cursan el nivel preescolar, pues en ese nivel educativo no sólo no han sido analizados con amplitud los procesos de razonamiento, sino tampoco sus ideas, concepciones y representaciones sobre los procesos de las ciencias naturales que perciben e identifican, sobre todo en lo que tienen que ver con los procesos físicos cotidianos, como el sonido, la luz o el movimiento.

LA INVESTIGACIÓN DE LAS CONCEPCIONES DE LOS PREESCOLARES SOBRE LOS PROCESOS FÍSICOS

Los trabajos pioneros acerca de la construcción de nociones físicas en niños y niñas de menor edad fueron los llevados a cabo por Piaget, quien analizó temas como el movimiento,

el tiempo, el sonido y las fuerzas (Piaget, 1975, 1980, 1984; Piaget e Inhelder, 1971), en los que la finalidad era establecer la estructura de los procesos mentales y las etapas en las que estas estructuras se alcanzan y, con ello, determinar cómo comprenden e interaccionan con su entorno físico inmediato. Durante las décadas de los ochenta y noventa del siglo XX, la investigación sobre las ideas científicas de la infancia se desarrolló ampliamente (Hadzigeorgiou, 2002). Ejemplos de ello es lo reportado por Driver *et al.* (1985) y las investigaciones de Carey (1991), en las que también se analizan las ideas de los niños y niñas en temas como la flotación y la densidad, así como otros estudios que se encuentran en uno de los pioneros *Handbooks* sobre enseñanza de las ciencias (Gabel, 1994). En investigaciones más recientes, el foco de atención ha estado en el análisis denominado *embodiment* (Barsalou, 2008; Boncoddó *et al.*, 2010; Glenberg, 2008, 2010; Lozada y Carro, 2016), en el que se analizan las representaciones de los individuos en función de los procesos de percepción y sus implicaciones para construir los esquemas de interacción con el entorno que caracterizan su comportamiento cotidiano ante esos fenómenos.

En investigaciones recientes se ha analizado la forma en la cual los preescolares desarrollan explicaciones coherentes (lo que no implica que correspondan con las explicaciones científicas) que constituyen elementos estructuradores que son relevantes para una comprensión posterior de la física, como en el trabajo de Larsson (2013) sobre la fricción, el análisis de las acciones que hacen los preescolares cuando juegan con trenes con imanes (Solís, 2017) y un trabajo sobre las representaciones acerca del sonido que construyen los preescolares (Ravanis *et al.*, 2021). En una investigación sobre la construcción de los preescolares en torno a la resistencia del aire y sobre la fusión del hielo, Redfors *et al.* (2022)

¹ “Queremos una mejor comprensión de los procesos de razonamiento de los estudiantes en las circunstancias en la que los estudiamos; debemos comprender y modelar el razonamiento de los alumnos conforme éste ocurre en las entrevistas que empleamos para estudiar la ciencia de sentido común” (traducción libre de los autores).

utilizan, además de la situación experimental, la toma de videos con tabletas y sus posibilidades de movimiento lento (*slowmotion*), así como la construcción de otro tipo de representación estática con objetos (*slowmation*) y muestran cómo, con esos elementos, el alumnado puede reconocer la acción del aire para explicar el movimiento observado de dos pelotas con densidades muy distintas que caen libremente, así como una aproximación del movimiento de “partículas” del agua para explicar el cambio de fase. Otro tipo de estudios son, por ejemplo, sobre la intersubjetividad en los diálogos entre alumnos y profesores en temas de física (Fridberg *et al.*, 2019) y sobre cómo resuelven problemas con una idea, no explícita, del peso de los objetos (Wang *et al.*, 2018) o un análisis sobre las diversas aproximaciones teóricas que orientan distintas formas de enseñar física a los preescolares (Ravanis, 2022). Una revisión sobre las tendencias de investigación sobre las ciencias en el nivel de preescolar se encuentra en Ravanis (2022).

En México, los estudios sobre las ideas previas, la comprensión de conceptos y modelos de los preescolares sobre temas de ciencias naturales y, en especial, de fenómenos físicos, es muy escasa. Algunos estudios representativos sobre fenómenos físicos son los de Gallegos-Cázares *et al.* (2008; 2009) sobre el tema de la luz y los colores. Más recientes son los de Calderón-Canales *et al.* (2019) y Gallegos-Cázares *et al.* (2021) sobre el tema del sonido, así como el de Canedo y Gómez (2022) sobre modelos precursores sobre la flotación. Si bien hay algunos estudios sobre pensamiento crítico para el caso de las ciencias naturales que analizan procesos genéricos con gran diversidad de temas, en ellos no se analizan los modelos y representaciones que niños y niñas construyen para interpretar los fenómenos; por ejemplo, los trabajos de González (2016) y Ramírez (2019) que fomentan el desarrollo de procesos de indagación con actividades sobre electricidad, o bien, trabajos con docentes de preescolar para proporcionar un marco

conceptual en temas de física (Olvera *et al.*, 2018) y trabajos con docentes para el desarrollo de habilidades científicas (Nieto *et al.*, 2021) con la finalidad de que comprendan mejor los procesos naturales.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Como puede notarse, en investigaciones como las señaladas se describen las principales ideas y modelos de los alumnos preescolares sobre procesos físicos, pero aún no se cuenta con los elementos suficientes para conocer cómo construyen esas ideas y modelos, y bajo qué procesos de razonamiento es que llegan a establecerlos o a utilizarlos. Por tanto, conocer esos procesos inferenciales o de razonamiento es relevante para entender cómo los estudiantes comprenden su entorno e interactúan con él, si bien, como se describirá más adelante, dependerá de los elementos contextuales y de demanda epistémica presentes en el momento de hacer las inferencias. Además, es claramente relevante conocer esos procesos de razonamiento para elaborar secuencias didácticas más pertinentes para la enseñanza de las ciencias. Por las razones expuestas, el presente trabajo propone abordar el problema de cómo los estudiantes de nivel preescolar construyen sus herramientas inferenciales (epistémicas) para razonar sobre los procesos de las ciencias naturales, en particular los relativos a la física.

Para analizar los procesos de razonamiento de los preescolares se utilizará el fenómeno físico del sonido, que es uno de los temas que cuenta con algunos antecedentes de investigaciones previas en este nivel educativo (Calderón-Canales *et al.*, 2019; Gallegos-Cázares *et al.*, 2021; Ravanis *et al.*, 2021) y que, debido a su cotidianeidad, resulta ejemplificador de los procesos de razonamiento de los niños.

Las preguntas de investigación que orientan este trabajo son: ¿qué representaciones construyen los preescolares sobre el sonido y qué características tienen?, ¿cómo son sus

procesos de razonamiento a partir de esas representaciones?, ¿cuál es el conjunto o núcleo básico de sus representaciones que les permite establecer inferencias sobre diversos procesos del sonido?, ¿serán representaciones no coherentes que llevan a inferencias parciales o no coherentes?

FUNDAMENTOS

Representaciones y razonamiento

Para interpretar e interactuar con el entorno, los sujetos requieren de establecer o contar con representaciones de ese entorno. Es a través de sus representaciones que los sujetos establecen formas posibles de acción, tanto las que se llevan a efecto o se ejecutan, como aquellas que se establecen como posibilidades o supuestos de acción (Wartofsky, 1979) pues, como establece Hacking (1983) las representaciones son nuestros medios de actuar en el mundo. Esto es, son nuestros elementos básicos de interacción (acciones posibles, interpretaciones e intencionalidades) con el entorno fenoménico.

Es esta función de interpretación-interacción de las representaciones lo que las convierte en construcciones intencionales, es decir, se construyen o interpretan —en el caso de representaciones construidas por otros— con una finalidad específica, en particular la de inferir, a partir de ellas, una explicación o una acción efectiva o posible de un proceso. Esta función inferencial de las representaciones ha sido uno de los temas de análisis que se ha abordado desde la filosofía de la ciencia y que, entre otras, ha dado origen a diversas posiciones epistemológicas sobre las representaciones en la ciencia (Flores-Camacho *et al.*, 2020); entre ellas se encuentra la aproximación inferencial de las representaciones, que aquí se retoma como marco para estructurar y analizar las representaciones y los procesos inferenciales en los preescolares.

La aproximación inferencial de las representaciones iniciada por Suárez (2003; 2004) establece que la función de las representaciones

es la posibilidad de que, con ellas, un sujeto que cuente con los elementos necesarios (conceptuales, experienciales, etc.), pueda usarlas a través de un razonamiento subrogado para hacer inferencias cuyo resultado será aplicable a la fuente u origen fenomenológico de la representación. Entre las características de esta aproximación inferencial está el que las representaciones no tienen ningún requisito de similitud o correspondencia con el objeto o proceso fuente, esto es, no se establece ningún principio de correspondencia necesario, como sí ocurre en las concepciones semántica y estructuralista (Da Costa y French, 2000; Moulines, 2002; Massimi, 2011), sino sólo la posibilidad de hacer inferencias válidas con ellas. Así, la eliminación de cualquier requisito de similitud —de forma o estructura— con la fuente, da pie a que las representaciones puedan ser mal interpretadas por los sujetos y aun así ser funcionales; o ser incluso ficticias y sin embargo seguir cumpliendo con su función inferencial (Suárez, 2004). Estas posibilidades de las representaciones permiten analizar diversas construcciones representacionales más allá de las establecidas por las comunidades científicas, como es el caso de los sujetos que están en procesos de aprendizaje de las ciencias, o bien, analizar episodios en la historia de la ciencia, como lo muestran algunos estudios (Knuuttila y Votilainen, 2003; Knuuttila, 2011; Knuuttila y Boon, 2011).

En esta aproximación epistemológica, la función inferencial de las representaciones es totalmente dependiente del sujeto, en particular, de los elementos con los que éste cuente para llevar a cabo ese proceso de razonamiento subrogado, y para el que previamente debe establecer la intencionalidad de la representación y un proceso interpretativo-denotativo de la misma. Esta dependencia de elementos previos del sujeto para interpretar e inferir a partir de las representaciones permite analizar, por ejemplo, las diferencias que un experto y un novato tienen en el uso de conceptos científicos para elaborar razonamientos con ellos.

La interpretación implica reconocer los elementos que dan significado y que permiten establecer la relación entre los elementos de la representación con los correspondientes del objeto o proceso representado, de manera que toda relación o razonamiento establecido con los elementos de la representación pueden ser aplicados al objeto o proceso que es representado (Contessa, 2007).

Para que estos procesos de razonamiento con las representaciones puedan llevarse a cabo, éstas deben ser explicitadas en alguna forma y medio. Esto implica que tienen una característica signo-material que impone constricciones específicas para cada forma y/o formato de representación (Knuutila, 2005). Una ecuación, por ejemplo, es una representación en algún medio (papel o electrónico) que se utiliza para obtener cierto tipo de inferencias, así como una representación gráfica de esa ecuación proporciona otros elementos (visuales) que favorecen otro tipo de inferencias. Esta diferencia en las inferencias debida a las constricciones de la característica signo-material de las representaciones se ve claramente ejemplificada en los resultados diferentes que presentan Schoultz *et al.* (2001) y Vosniadou y Brewer (1994) sobre las representaciones que elaboran los niños sobre la forma de la Tierra cuando se les cuestiona con objetos (globo terráqueo), a diferencia de cuando se les cuestiona por medio de dibujos.

Para llegar a la interpretación y acción sobre los procesos fenomenológicos que se quieren comprender, como apuntan Knuutila y Boon (2011), se requiere poder coordinar las inferencias llevadas a cabo a partir de las representaciones contra lo representado, esto es, establecer un medio de coordinación de las inferencias hechas a partir de una representación específica con el sistema real; o dicho en otros términos, lo inferido debe tener una correspondencia con el proceso del que la representación da cuenta. Por ejemplo, si la inferencia lleva a establecer el valor numérico de una variable, como el resultado de una ecuación o

interpolación en una gráfica, se cuenta con una forma de medir en el proceso real que pueda corresponder con lo inferido. Este proceso es lo que garantiza, al sujeto que lo que ha inferido, acceder a una aseveración observable o medible en el proceso real, es decir que este proceso de coordinación se materializa, usualmente, en las mediciones y registro de observaciones.

Todas estas características implícitas en las representaciones (intencionalidad, interpretación, razonamiento subrogado, expresión signo-material y formas de coordinación) es lo que le da el carácter de herramienta o artefacto epistémico a las representaciones (Knuutila y Voutilainen, 2003; Knuutila, 2011; Knuutila y Boon, 2011).

MARCO ANALÍTICO

Las representaciones como herramientas epistémicas

Si bien, toda representación puede considerarse una herramienta epistémica, en el sentido descrito, no es sino a partir de los elementos cognitivos de los sujetos que éstos pueden establecer inferencias válidas y/o coherentes con esas herramientas, por lo que, si no hay o no son suficientes esos elementos en un sujeto, la representación no será útil, permanecerá ajena o incomprensible o será interpretada parcialmente y le llevará a inferencias no adecuadas o no coherentes. Cuando lo que se pretende es la representación y el establecimiento de inferencias para predecir resultados o explicar procesos o sucesos de las ciencias naturales en las que usualmente se requiere de diversas representaciones y sus relaciones, los sujetos deben establecer con ellas un conjunto de estas herramientas epistémicas que posibiliten elaborar inferencias y explicaciones a la variedad de situaciones en las que esos procesos naturales se presentan.

Por ejemplo, cuando los niños y niñas infieren que el día y la noche ocurren porque la Luna tapa al Sol y viceversa (inferencias incorrectas, pero coherentes en términos de

sus elementos de representación), esta inferencia ha sido elaborada bajo un conjunto de representaciones que constituyen el núcleo de sus herramientas epistémicas y que, en este caso, se caracterizan como un modelo que se conforma con los siguientes elementos o herramientas: 1) la Tierra es plana; 2) el cielo está arriba de la Tierra (bóveda celeste); 3) la Luna puede tapar al Sol; 4) el Sol puede tapar a la Luna. Con esas cuatro representaciones los niños establecen un conjunto de inferencias como: es de día porque al Sol no lo tapa nada;

es de noche cuando al Sol lo tapa la Luna (en otros casos los niños consideran que son las nubes las que tapan al Sol para que se haga de noche); y es de día cuando a la Luna la tapa el Sol (Gallegos-Cázares *et al.*, 2022).

Para determinar este conjunto de herramientas epistémicas es necesario analizar si las representaciones que hacen explícitas los prescolares cumplen con las características que se han descrito para las representaciones y si tienen la potencialidad de llevarlos a hacer inferencias, como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Factores de las representaciones y la forma de determinarlos Ejemplificado con ideas de los niños y niñas sobre el día y la noche

Factores a determinar de las representaciones	Proceso de determinación
Intencionalidad	Preguntas y respuestas están alineadas Ejemplo: pregunta: “¿cuándo es de día?” Respuesta: “cuando se ve el Sol”
Interpretación	Expresiones directas de un proceso de percepción Ejemplo: “es de día porque puedo ver las cosas”
Expresión signo-material	Expresiones en forma de dibujos, objetos, etc. Ejemplo: dibujo de un paisaje soleado para mostrar cuando es de día
Representación	Integración de los elementos Ejemplo: “el Sol y la Luna se ubican y desplazan en el cielo”
Inferencia	Explicaciones o predicciones Ejemplo: “la noche ocurre cuando la Luna tapa al Sol”
Regla de coordinación	Formas de corroboración Ejemplo: “es de noche porque está oscuro, el Sol no está”

Nota: la ejemplificación se hizo a partir de ideas de los/as niños/as descritas en Gallegos-Cázares *et al.* (2022).

Fuente: elaboración propia.

Con los elementos descritos en el Cuadro 1 se constituye un proceso analítico-metodológico para determinar, tanto las representaciones de los sujetos, como de sus inferencias, por lo que esta caracterización permitirá definir el conjunto de representaciones que constituyen las herramientas epistémicas con las cuales infieren y explican fenómenos de una temática, como se ejemplificará con el caso del sonido en esta investigación.

Posterior a la identificación de las representaciones que funcionan como herramientas epistémicas es necesario establecer el conjunto de éstas que, en coordinación, puedan

constituir un conjunto o modelo coherente. Este conjunto debe establecerse con las explicaciones e inferencias que hacen niños y niñas, lo que se puede determinar a partir de entrevistas en las que ellos plantean los procesos en situaciones que exigen una explicación, como es el caso de situaciones experimentales, como se describirá a continuación.

MÉTODO

Participantes

Consistió en una muestra no probabilística por conveniencia. Participaron 6 niños y 12

niñas de una escuela preescolar, con edades entre los cuatro y cinco años. El preescolar está ubicado en una zona rural en la Sierra Norte de Puebla. Todos los alumnos tomaban juntos la clase con la misma maestra y llevaron a cabo las mismas actividades.

Materiales y entrevistas

Se aplicó una entrevista semi-estructurada dividida en tres tópicos sobre el sonido: cómo se produce, cómo se percibe y cómo se propaga. Las entrevistas se aplicaron individualmente y tuvieron una duración máxima de 30 minutos. Las entrevistas se videograbaron. La profesora estuvo presente, sin intervenir, durante la entrevista. Para cada entrevista se tuvo el consentimiento informado del participante, los padres, profesora y directora de la escuela.

En la entrevista se llevaron a cabo situaciones hipotéticas y experimentales. Las situaciones hipotéticas son generalizaciones de acciones que los/a niños/as conocen, como lo que hacen cuando quieren llamar a un compañero/a que se encuentra lejos (al otro lado del patio de la escuela), entre otras situaciones cotidianas. Las situaciones experimentales consistieron en tres actividades. Una fue la producción de sonido en una marimba con tres teclas, cada tecla de un material diferente (aluminio, madera y hule). Otra actividad fue un teléfono de manguera por el que hablaban y escuchaban. La tercera actividad consistió en un triángulo musical atado a un par de orejeras de material plástico que los preescolares se ponían en las orejas para escuchar el sonido a través de ellas. La Fig. 1 muestra los materiales experimentales.

Figura 1. Ilustración de los materiales y niñas y niños haciendo las actividades



Fuente: elaboración propia.

Procedimiento: de manera individual se presentaba a cada participante las situaciones hipotéticas y los materiales experimentales y se iniciaba el cuestionamiento. En el caso de la marimba se preguntaba si al golpear cada tecla ésta produciría sonido o no y, después de que el alumno ejecutara la acción, se le cuestionaba sobre lo que había observado y su posible explicación. En el caso del teléfono de manguera, el entrevistador se colocaba en un extremo y la niña o niño en el otro; se le pedía que hablara y luego que escuchara y que expresara sus ideas de cómo llegaba el sonido de

un lado a otro y lo que ocurriría si la manguera se doblaba o apachurraba en algún punto. Se llevaban a cabo las acciones correspondientes y nuevamente se preguntaba cómo se podía explicar lo que había ocurrido. En el triángulo se seguía un proceso semejante: se preguntaba cómo llega el sonido hasta el oído y que pasaría al ponerse las orejeras en los oídos. Se llevaba a cabo la acción, la alumna o alumno escuchaba los sonidos y se le preguntaba cómo es que había ocurrido ese proceso.

Un extracto de entrevista que muestra cómo se llevaron a cabo es el siguiente:

E = entrevistador; A = alumno (niño de cinco años).

E: ¿puedes escuchar lo que dice la persona que está al otro lado del teléfono de manguera?

A: sí lo escucho.

E: ¿cómo piensas que el sonido llega hasta ti?

A: el ruido viaja por este pequeño hoyo y llega hasta aquí (señala el orificio de la manguera y hace un ademán indicando la trayectoria del sonido).

E: ¿qué pasa con el sonido de mi voz?, ¿cómo llega hasta donde estás?

A: porque va por aquí (señala a la manguera desde la mitad hasta donde él está).

E: ¿qué pasaría si yo aprieto aquí la manguera y yo te hablo de nuevo? (el entrevistador dobla y aprieta la manguera).

A: ya no escucharía.

E: ya no escucharías ¿por qué?

A: porque está tapando aquí, el sonido se queda atrapado y allí se queda, ya no puedo oírlo.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

A las entrevistas como la ejemplificada en el extracto previo se aplicó la categorización indicada en el Cuadro 1; para ello se reconoció, en primer lugar, la intencionalidad, a partir del alineamiento entre lo que se pregunta y la respuesta de los preescolares lo cual, como es de esperar, no ocurrió en todos los casos (tres estudiantes respondieron no sé en la mayoría de las situaciones). Una vez determinado si hay congruencia o alineamiento, se procedió a identificar los elementos centrales de lo que el alumno está interpretando, esto es, los elementos denotativos que constituyen la representación. Por ejemplo, en el caso del extracto señalado se tiene, en primer lugar, el reconocimiento implícito de que el sonido es percibido por los oídos y las expresiones explícitas que se resumen en que el sonido requiere de un espacio para propagarse, el sonido viaja y el sonido no puede pasar obstáculos. La expresión signo-material consta, para este caso, de la estructura y componentes del teléfono de manguera y sus propiedades,

como poder ser doblada o comprimida, y su constitución de ser un tubo flexible por el que el sonido viaja concebido por el niño como entidad sustancial (impenetrabilidad de los cuerpos). Con esos elementos el alumno construye un modelo, esto es, una representación funcional en la que el sonido es una entidad sustancial que viaja de un lugar a otro si hay espacio libre. Con esa representación, el/la niño/a tiene todos los elementos que le llevan a establecer la inferencia: si el espacio por donde viaja el sonido es interrumpido, entonces ya no puede seguir su camino y se queda atorado en ese lugar. La regla de coordinación, la cual comprueba su inferencia, es que, efectivamente, al aprisionar la manguera ya no escucha la voz del entrevistador (lo percibible). Como podrá notarse de la caracterización de la representación con las categorías descritas de intencionalidad, interpretación, expresión signo material, representación e inferencia, el alumno ha generado representaciones organizadas coherentemente que usa como conjunto de herramientas epistémicas para interpretar e inferir eventos posibles del proceso físico, en este caso, inferir que el sonido no se escuchará bajo la condición de interrupción del conducto en la manguera.

Así, para el caso descrito, es posible identificar un conjunto de herramientas epistémicas que le permiten al niño construirse una representación del proceso de transmisión del sonido en el teléfono de manguera y llevar a cabo una inferencia coherente. Estas herramientas epistémicas son: (H1) el sonido es una entidad (sustancial) que es percibida por el oído y (H2) el sonido es una entidad que requiere espacio para viajar. Herramientas epistémicas son las premisas necesarias y suficientes para establecer la inferencia elaborada por el niño entrevistado.

Este proceso de análisis de las representaciones e inferencias que se realiza al aplicar la categorización de las representaciones de la Tabla 1 a todas las entrevistas, dio como resultado un conjunto de herramientas epistémicas de los preescolares con las que razonan en tor-

Cuadro 2. Representaciones sobre el sonido de los estudiantes de preescolar que funcionan como herramientas epistémicas

Herramientas epistémicas	
H1	El sonido es una sustancia o entidad que puede ser percibida con los oídos
H2	El sonido es una entidad o sustancia que requiere de espacio para viajar
H3	El sonido es producido para una acción (por ejemplo, golpear) sobre objetos
H4	El sonido se produce y trasmite de manera diferente en materiales distintos
H5	Para que un sonido perdure, la acción que lo produce debe repetirse

Fuente: elaboración propia.

no a la producción, percepción y propagación del sonido. Estas representaciones, que funcionan como el conjunto base de herramientas epistémicas, se muestran en el Cuadro 2.

Con este conjunto de herramientas epistémicas, las niñas y niños preescolares entrevistados hicieron diversas inferencias para explicar los procesos hipotéticos y las actividades experienciales sobre el sonido que se les presentaron en la entrevista; y a partir de dichas inferencias se reconstruyeron sus representaciones de producción, percepción y propagación del sonido en distintas situaciones y contextos. Por ejemplo, en el caso más complejo sobre cómo se percibe el sonido en el triángulo con las orejeras se encuentran razonamientos complejos como el siguiente. En la entrevista se le presentó a una niña de cinco años el triángulo con las orejeras y se le preguntó:

E: si te pones las orejeras y yo toco el triángulo, ¿podrás oír su sonido?

A: no, porque los oídos están tapados, pero si los destapas y tocas, entonces sí puedo oírlo.

En este caso el razonamiento r1 está basado en H1, por lo que la inferencia es: si tapo los oídos no podré oír el sonido.

Cuando se pide a la niña que se tape los oídos con las orejeras y se toca el triángulo, ella se sorprende de que escucha el sonido (escucha un sonido con frecuencias más graves, pero ella no lo refiere):

E: ¿qué ha pasado?, ¿puedes escuchar el sonido?

A: puedo escuchar, el sonido viaja por aquí (señala las cuerdas que sostienen el triángulo a las orejeras).

E: ¿pero, por qué puedes oír si tienes las orejeras puestas?

A: debe haber hoyos (señalando a las orejeras).

Este razonamiento tiene diversos componentes y puede sintetizarse como r2: H4 (el sonido es producido y transmitido por diferentes materiales) – inferencia – el sonido viaja a través de las cuerdas; H1 (el sonido puede ser percibido por los oídos) y H2 (el sonido requiere de espacio para viajar) – inferencia – escucho el sonido porque debe haber espacios (hoyos) en las orejeras.

Este razonamiento es interesante, pues la niña atribuye propiedades al objeto que no son perceptibles para ella, pues las orejeras son de plástico y no son porosas; ella sobre-impone condiciones al proceso que no puede corroborar con su única regla de coordinación, que es escuchar o no los sonidos. Por otro lado, ilustra de manera clara cómo las constricciones signo-materiales que participan en el proceso de construcción representacional contribuyen a construir razonamientos más complejos. Todo ello lleva a considerar que las actividades experimentales para los preescolares con diversos tipos de materiales y procesos son relevantes para su desarrollo cognitivo y conceptual-representacional.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que los niños y niñas preescolares pueden llevar a cabo razonamientos más o menos sofisticados dependiendo de los elementos, situaciones y contextos que se les presenten para interpretar y explicarse lo que observan de los procesos naturales, lo que concuerda con lo propuesto por diversos autores (Kuhn, 2011; Mayer *et al.*, 2014; Meindertsma *et al.*, 2014; Zimmerman, 2007). Estos autores han mostrado que las condiciones en las que se cuestiona y los elementos que se presentan a niños y niñas para establecer razonamientos condicionan el nivel de complejidad que ellos y ellas pueden lograr.

En concordancia con investigaciones previas sobre el razonamiento de los preescolares, en este trabajo se ha mostrado que esos razonamientos son posibles porque ellos y ellas construyen un marco representacional en el que puede ubicarse un conjunto de representaciones que constituyen un conjunto necesario y suficiente de herramientas epistémicas.

Esto significa, desde luego, que más allá del razonamiento específico más o menos sofisticado, ese marco representacional implica modelos coherentes que los preescolares construyen para interpretar los fenómenos naturales que les son cotidianos. Marco representacional y modelos que, en muchos casos, se corresponden con lo que alumnos de mayor edad (8 a 15 años) han construido sobre el sonido (Piaget, 1973; Mazens y Lautrey, 2003; Sözen y Bolat, 2011).

Con lo anterior, se da respuesta a las preguntas de investigación ¿qué representaciones construyen los preescolares sobre del sonido y qué características tienen? Y ¿cómo son sus procesos de razonamiento a partir de esas representaciones?, ¿es posible determinar un conjunto o núcleo básico de sus representaciones sobre el cual establecen inferencias sobre diversos procesos del sonido? Con respecto a la primera pregunta, se satisface con las

representaciones sobre el sonido que se muestran en el Cuadro 2; y con relación a la segunda, es ese conjunto de herramientas epistémicas necesario y suficiente para dar respuesta.

La pregunta de investigación ¿son representaciones no conexas que llevan a inferencias parciales o no coherentes?, queda claramente satisfecha al determinar que los preescolares construyen sistemas compuestos de herramientas epistémicas que les permiten establecer inferencias coherentes.

Por otro lado, puede notarse que las diversas expresiones signo-materiales que implican el uso de objetos y situaciones experimentales contribuyen a la construcción de esas herramientas, por lo que es importante que las actividades escolares en las ciencias naturales impliquen que niñas y niños tengan a disposición diversas formas de representación de los procesos naturales que se pretenden enseñar en este nivel educativo.

Las representaciones diversas (dibujos, escenificaciones, modelos físicos, etc.) y, en particular, las actividades en las que ellos/as puedan establecer sus propias reglas de coordinación (observación y constatación de lo inferido) les proporcionan elementos necesarios para reestructurar sus razonamientos y buscar mejores explicaciones que se ajusten, de manera más coherente, a sus herramientas epistémicas; esto es lo que se mostró en la actividad del triángulo con orejeras en el cual la niña entrevistada, al no cumplirse su regla de coordinación esperada (no oír el sonido con las orejeras puestas en los oídos), reinterpreta los elementos signo-materiales (el dispositivo experimental) y reelabora su razonamiento con sus herramientas epistémicas hasta obtener la mejor explicación posible. Esto es, elabora una explicación coherente con sus herramientas para razonar sobre el sonido, que en este caso consistió en atribuir elementos no observables al material de las orejeras para no perder la coherencia de su razonamiento. Aunque ese razonamiento no corresponda a la explicación correcta, implica una

estructura inferencial que, con nuevos elementos representacionales, hará posible que establezca nuevas inferencias más cercanas a lo esperado desde el punto de vista de la física.

Como podrá apreciarse, el razonamiento de la niña es una clara muestra de las posibilidades inferenciales de los preescolares que usualmente se pasa por alto o se considera no posible en niños de esas edades; de ahí que en trabajos que se refieren a la enseñanza de las ciencias naturales y propuestas de actividades escolares para ese nivel educativo sólo se enfocan en la repetición de la acción sin proporcionar elementos, tiempo y situaciones para la elaboración de explicaciones. En general, los alumnos preescolares tienen pocas oportunidades de participar en actividades en las que puedan realizar acciones vinculadas con fenómenos naturales (Brenneman *et al.*, 2009; Gallegos-Cázares *et al.*, 2007; Gallegos-Cázares *et al.*, 2008, 2009; Greenfield *et al.*, 2009).

Por todo lo anterior, las actividades experimentales y las posibilidades de constatación y reestructuración del razonamiento implica que los preescolares —y desde luego estudiantes de otros niveles educativos— podrán desarrollar formas de razonamiento más completas y sofisticadas que serán de gran importancia para el desarrollo de sus representaciones y aprendizaje de las ciencias naturales.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES EN PREESCOLAR

Con base en el modelo inferencial de las representaciones (Suárez, 2004) y en su consideración como herramientas epistémicas (Knuutila, 2005; 2011), en este trabajo se propone una nueva forma, que tiene origen en la filosofía de la ciencia, para analizar la construcción y procesos de razonamiento de niñas y niños que puede aplicarse no sólo al conocimiento científico y a alumnos de niveles superiores, sino también a los de preescolar. Este proceso pone claramente de manifiesto que los niños

pequeños, ante situaciones de su entorno como el caso del sonido, y con elementos representacionales y de acción (materiales y actividades experimentales) desarrollan un conjunto de herramientas epistémicas que les permiten interpretar y realizar inferencias para encontrar explicaciones a sus observables.

La complejidad del razonamiento de los preescolares está ligada, como se observa en los fragmentos de los diálogos con la niña y el niño, a los elementos signo-materiales que esas actividades implican. Así, algunas situaciones llevan a inferencias directas, como el caso de que para percibir el sonido éste debe llegar a los oídos; mientras que otras, cuando lo inferido no es observado, es decir, la regla de coordinación no se confirma, el razonamiento es más complejo, pues interviene un ensamblaje entre sus herramientas epistémicas y se introducen elementos abstractos no observables sobre los objetos para que se cumpla lo inferido, aunque no pueda ser corroborado. En estos casos se introducen supuestos sobre las características del proceso y sus condiciones, lo que constituye un elemento de estructuración lógica que, si bien no constituye una explicación correcta del proceso físico, es muy importante para el desarrollo de sus procesos de análisis y comprensión de los procesos físicos, de otros campos de las ciencias naturales y más aún de su entorno cotidiano.

Lo anterior es una muestra de que los niños y niñas de este nivel educativo pueden construir conceptualizaciones de los procesos naturales mucho más coherentes y desarrollar razonamientos más complejos de lo que se ha supuesto y de lo que se encuentra en los desarrollos curriculares sobre las ciencias naturales.

En la enseñanza de las ciencias naturales en preescolar, que de por sí ya adolece de contemplar pocos temas y horas de clase, la mayoría de las actividades se limitan a acciones de observación y registro (usualmente por medio de dibujos de los alumnos) con algunas explicaciones escuetas por parte de los docentes y, si bien los registros por medio de dibujos

(que es una forma de representación externa) son importantes, no proporcionan más que una de las formas de representación que los alumnos pueden construir pero, sobre todo, no contribuyen a que estructuren un marco representacional que funja como un conjunto de herramientas epistémicas que les permita llevar a cabo inferencias bajo un razonamiento subrogado.

Por todo lo anterior, es muy importante que en las escuelas preescolares (y también primarias) se lleven a cabo actividades experimentales en las que los alumnos enfrenten situaciones a explicar o resolver, que se cuestionen sus inferencias y se proporcionen los espacios en los que observe si se cumplen o no sus expectativas; así como establecer condiciones para la reelaboración de sus razonamientos, más allá de intervenciones con

actividades experimentales expresamente diseñadas para ese nivel (Fridberg *et al.*, 2019; Nieto *et al.*, 2021) que se enfocan en acciones, si bien intencionadas hacia el desarrollo de habilidades, pero que no apoyan de manera explícita y guiada la construcción de marcos representacionales en los alumnos.

Los resultados de este trabajo conllevan a que en las escuelas preescolares se establezcan procesos didácticos de inmersión con los estudiantes, por lo que las actividades deben ser temáticas, estructuradas o semiestructuradas y no aisladas, en las que no sólo observen fenómenos de temas diversos en cada ocasión, o experimentos aislados, por más llamativos que éstos puedan ser, pero que no dan lugar al desarrollo de sistemas o marcos representacionales en los niños y niñas, necesarios para que desarrollen procesos inferenciales.

REFERENCIAS

- BARSALOU, Lawrence (2008), "Grounded Cognition", *Annual Review of Psychology*, vol. 59, pp. 617- 645.
- BONCODDO, Rebecca, James Dixon y Elizabeth Kelley (2010), "The Emergence of a Novel Representation from Action: Evidence from preschoolers", *Developmental Science*, vol. 13, núm. 2, pp. 370-377.
- BRENNEMAN, Kimberly, Judi Stevenson-Boyd y Ellen Frede (2009), *Early Mathematics and Science: Preschool policy and practice*, New Brunswick, National Institute for Early Education Research, Preschool Policy Brief, núm. 19.
- CALDERÓN-Canales, Elena, Leticia Gallegos-Cázares y Fernando Flores-Camacho (2019), "Sound Representations in Preschool Students / Las representaciones del sonido en estudiantes de educación preescolar", *Journal of the Study of Education and Development*, vol. 42, núm. 4, pp. 952-999. DOI: <https://doi.org/10.1080/02103702.2019.1650463>
- CANEDO, Sabrina P. y Alma A. Gómez (2022), "Social Interaction in the Construction of a Floating and Sinking Precursor Model during Preschool Education", en Jean-Marie Boilevin, Alice Delserieys y Konstantinos Ravanis (eds.), *Precursor Models for Teaching and Learning Science During Early Childhood*, Dordrecht, Springer, pp. 53-73.
- CAREY, Susan (1991), "Knowledge Acquisition: Enrichment or conceptual change?", en Susan Carey y Rochel Gelman (eds.), *The Epigenesis of Mind: Essays on biology and cognition*, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates Publishers, pp. 257-292.
- CONTESSA, Gabriele (2007), "Scientific Representation, Interpretation and Surrogate Reasoning", *Philosophy of Science*, vol. 74, núm. 1, pp. 48-68.
- DA COSTA, Newton y Steven French (2000), "Models, Theories and Structures: Thirty years on", *Philosophy of Science*, vol. 67, pp. s116-s127.
- DRIVER, Rosalind, Edith Guesne y Andrée Tiberghien (1985), *Children's Ideas in Science*, Londres, Open University Press.
- FLORES-Camacho, Fernando, Beatriz García-Rivera, Leticia Gallegos-Cázares y Elena Calderón-Canales (2020), *Representaciones y aprendizaje de las ciencias*, México, UNAM.
- FRIDBERG, Marie, Agneta Jonsson, Andreas Redfors y Sussane Thulin (2019) "Teaching Chemistry and Physics in Preschool: A matter of establishing intersubjectivity", *International Journal of Science Education*, vol. 41, núm. 17, pp. 2542-2556. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1689585>
- GABEL, Dorothy (1994), *Handbook on Research on Science Teaching and Learning*, Nueva York, Macmillan.

- GALLEGOS, Leticia, Elena Calderón, Humberto Albornoz y Fernando Flores (2007), "La enseñanza de las ciencias naturales en el jardín de niños", *Ethos Educativo*, vol. 39, pp. 85-101.
- GALLEGOS-Cázares, Leticia, Fernando Flores-Camacho y Elena Calderón-Canales (2008), "Aprendizaje de las ciencias en preescolar: la construcción de representaciones y explicaciones sobre la luz y las sombras", *Revista Iberoamericana de Educación*, núm. 47, pp. 97-121.
- GALLEGOS-Cázares, Leticia, Fernando Flores-Camacho y Elena Calderón-Canales (2009), "Preschool Science Learning: The construction of representations and explanations about color, shadows, light and images", *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, vol. 3, núm. 1, pp. 49-73.
- GALLEGOS-Cázares, Leticia, Fernando Flores-Camacho y Elena Calderón-Canales (2021), "Preschool Children's Reasoning about Sound from an Inferential-Representational Approach", *Education Sciences*, vol. 11, núm. 4. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci11040180>
- GALLEGOS-Cázares, Leticia, Fernando Flores-Camacho y Elena Calderón-Canales (2022), "Elementary School Children's Explanations of Day and Night. An interpretation based on an inferential approach to representations", *Science & Education*, vol. 31, pp. 35-54. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00230-1>
- GLENBERG, Arthur (2008), "Embodiment for Education", en Paco Calvo y Toni Gomila (eds.), *Handbook of Cognitive Science: An embodiment approach*, Amsterdam, Elsevier Science, pp. 355-372.
- GLENBERG, Arthur (2010), "Embodiment as a Unifying Perspective for Psychology", *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, vol. 1, pp. 586-596. DOI: <https://doi.org/10.1002/wcs.55>
- GONZÁLEZ, Ilse (2016), *Desarrollo del pensamiento crítico en niños de preescolar a través de la realización de actividades de ciencias naturales*, Tesis de Licenciatura en Educación Preescolar, Nuevo León, Universidad de Montemorelos.
- GREENFIELD, Darly, Jaime Jirout, Ximena Domínguez, Ariela Greenberg, Michelle Maier y Janna Fuccillo (2009), "Science in the Preschool Classroom: A programmatic research agenda to improve science readiness", *Early Education & Development*, vol. 20, núm. 2, pp. 238-264.
- HACKING, Ian (1983), *Representing and Intervening: Introductory topics in the philosophy of natural science*, Cambridge, Cambridge University Press.
- HADZIGEORGIOU, Yannis (2002), "A Study of the Development of the Concept of Mechanical Stability in Preschool Children", *Research in Science Education*, vol. 32, pp. 373-391.
- KNUTTILA, Tarja (2005), "Models, Representation, and Mediation", *Philosophy of Science*, vol. 72, núm. 5, pp. 1260-1271. DOI: <https://doi.org/10.1086/508124>
- KNUTTILA, Tarja (2011), "Modeling and Representing: An artifactual approach to model-based representations", *Studies in History and Philosophy of Science*, vol. 42, núm. 2, pp. 262-271. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2010.11.034>
- KNUTTILA, Tarja y Mieke Boon (2011), "How do Models Give Us Knowledge? The case of Carnot's ideal heat engine", *European Journal of Philosophy of Science*, vol. 1, núm. 3, pp. 309-334. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13194-011-0029-3>
- KNUTTILA, Tarja y Atro Voutilainen (2003), "A Parser as an Epistemic Artifact: A material view on models", *Philosophy of Science*, vol. 70, núm. 5, pp. 1484-1495.
- KUHN, Diana (2011), "What is Scientific Thinking and How Does it Develop?", en Usha Goswami (ed.), *Blackwell Handbook of Cognitive Development*, Hoboken, Blackwell Publishing, pp. 371-393.
- LARSSON, Jonna (2013), "Children's Encounters with Friction as Understood as a Phenomenon of Emerging Science and as 'Opportunities for Learning'", *Journal of Research in Childhood Education*, vol. 27, núm. 3, pp. 377-392.
- LOZADA, Mariana y Natalia Carro (2016), "Embodied Action Improves Cognition in Children: Evidence from a study based on Piagetian conservation task", *Frontiers in Psychology*, vol. 7, pp. 1-7. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00393>
- MASSIMI, Michaela (2011), "Structural Realism: A neo-kantian perspective", en Peter Bokulich y Alisa Bolulich (eds.), *Scientific Structuralism*, Dordrecht, Springer, pp. 1-23.
- MAYER, Daniela, Beate Sodian, Susanne Koerber y Knut Schrippert (2014), "Scientific Reasoning in Elementary School Children: Assessment and relations with cognitive abilities", *Learning and Instruction*, vol. 29, pp. 43-55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.07.005>
- MAZENS, Karine y Jacques Lautrey (2003), "Conceptual Change in Physics: Children's naive representations of sound", *Cognitive Development*, vol. 18, núm. 2, pp. 159-176.
- MEINDERTSMA, Heidi, Marjin Van Dijk, Henderien Steenbeek y Paul Van Geert (2014), "Assessment of Preschooler's Scientific Reasoning in Adult-Child Interactions: What is the optimal context?", *Research in Science Education*, vol. 44, núm. 2, pp. 215-237.
- MOULINES, Ulises (2002), "Introduction: Structuralism as a program for modeling theoretical science", *Synthese*, vol. 30, núm. 1, pp. 1-11.

- NIETO, Gabriela, Mario Ramírez y Soraida Zúñiga (2021), "Supporting Preschool Teachers to Teach Physics in Mexico", *Physics Teacher*, vol. 59, núm. 8, pp. 632-634. DOI: <https://doi.org/10.1119/10.0006913>
- OLVERA, Miguel, Leonor Pérez, Arturo Méndez y Humberto Ramírez (2018), "Interacción entre físicos y profesoras de preescolar para desarrollar estándares de ciencia", *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, vol. 9, núm. 17, pp. 1-28. DOI: <https://doi.org/10.23913/ride.v9i17.404>
- PIAGET, Jean (1973), *Las explicaciones causales*, Barcelona, Barral.
- PIAGET, Jean (1975), *La composición de las fuerzas y el problema de los vectores*, Madrid, Morata.
- PIAGET, Jean (1980), *El desarrollo de la noción de tiempo en el niño*, México, Fondo de Cultura Económica.
- PIAGET, Jean (1984), *La representación del mundo en el niño*, Madrid, Morata.
- PIAGET, Jean y Barber Inhelder (1971), *The Child's Conception of Space*, Londres, Routledge and Kegan Paul Ltd.
- RAMÍREZ, Mario (2019), "Physics for Skills Development in Preschool in México", *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1287, pp. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1287/1/012019>
- RAVANIS, Konstantinos (2022), "Research Trends and Development Perspectives in Early Childhood Science Education: An overview", *Education Science*, vol. 12, núm. 7. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci12070456>
- RAVANIS, Konstantinos, George Kaliampos y Panagiotis Pantidos (2021), "Preschool Children Science Mental Representations: The sound in space", *Education Science*, vol. 11, núm. 5. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci11050242>
- REDFORDS, Andreas, Marie Fridberg, Agneta Jonsson y Sussane Thulin (2022), "Early Years Physics Teaching of Abstract Phenomena in Preschool-Supported by Children's Production of Tablet Videos", *Education Sciences*, vol. 12, núm. 7. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci12070427>
- SHERIN, Bruce, Moshe Krakowsky y Victor Lee (2012), "Some Assembly Required: How scientific explanations are constructed during clinical interviews", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 49, núm. 2, pp. 166-198.
- SOLIS, Lynne (2017), *Children's Explorations of Physical Phenomena during Object Play*, Qualifying Paper, Cambridge, Harvard University-Harvard Graduate School of Education.
- SÖZEN, Merve y Mualla Bolat (2011), "Determining the Misconceptions of Primary School Students Related to Sound Transmission through Drawing", *Procedia Social and Behavioral Sciences*, vol. 15, pp. 1060-1066.
- SUÁREZ, Manuel (2003), "Against Similarity and Isomorphism", *International Studies of Philosophy of Science*, vol. 17, núm. 3, pp. 225-244.
- SUÁREZ, Manuel (2004), "An Inferential Conception of Scientific Representations", *Philosophy of Science*, vol. 71, núm. 5, pp. 767-779.
- VOSNIADOU, Susan y William Brower (1994), "Mental Models of the Day/Night Cycle", *Cognitive Science*, vol. 18, núm. 1, pp. 123-185.
- WANG, Zhidan, Rebecca Williamson y Andrew Meltzoff (2018), "Preschool Physics: Using the invisible property of weight in causal reasoning tasks", *Plos One*, vol. 13 núm. 3, e0192054. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192054>
- WARTOFSKY, Max (1979), *Models: Representations and the scientific understanding*, Dordrecht, Springer.
- ZIMMERMAN, Corinne (2007), "The Development of Scientific Thinking Skills in Elementary and Middle School", *Developmental Review*, vol. 27, núm. 2, pp. 172-223.