



Los múltiples lenguajes implicados en la comprensión del principio de Pascal¹

Multiple Languages Involved in the Understanding of the Pascal's Principle

Luis Carlos Arias Fonseca* 

Valentina Cadavid Alzate** 

Resumen

Tipo de artículo:

Informe de investigación y ensayos inéditos

Doi: 10.17533/udea.unipluri.348233

Cómo citar este artículo:

Arias Fonseca, L. C. y Cadavid Alzate, V. (2022). Los múltiples lenguajes implicados en la comprensión del principio de Pascal. *Uni-Pluriversidad*, 22(1), 1–19. <https://doi.org/10.17533/udea.unipluri.348233>

Esta investigación tuvo como objetivo establecer el aporte de los múltiples lenguajes que emplean los estudiantes durante el aprendizaje del principio de Pascal. Se llevó a cabo a través de la caracterización de diferentes modos semióticos: lenguaje gestual-oral, visual y escrito. Se empleó un enfoque de investigación cualitativa de corte descriptivo y se identificó la función de los diferentes lenguajes a través de un análisis semiótico. El proceso de intervención se realizó a través de una unidad didáctica compuesta por tres momentos: 1) prueba diagnóstica de las ideas previas, 2) situaciones experimentales que demandaban el uso de diferentes modos semióticos y 3) prueba de diagnóstico final. El proceso de análisis de la información y las discusiones se presenta a través de un estudio de caso en profundidad de dos estudiantes. Dentro de los resultados más importantes se encuentra la potente interacción entre el lenguaje gestual-oral, visual y escrito y su contribución a la creación de significados. Además, el uso de recursos palpables y visuales como la maqueta y la incorporación de situaciones comunes al estudiante potencializó en los estudiantes el uso de diferentes modos con el fin de comunicar sus comprensiones frente a la temática. El lenguaje gestual-oral fue el lenguaje que más nos acercó al proceso de aprendizaje de los estudiantes.



Recibido: 2021-11-29 / Aprobado: 2022-10-12

Palabras clave:

multimodalidad, semiótica social, aprendizaje, física

* Docente de la Institución Educativa Bicentenario de la independencia de la república de Colombia. Bucaramanga. E-mail: siul_98@hotmail.com

** Profesora departamento de Educación, Universidad Autónoma de Manizales. E-mail: valentinac@autonoma.edu.co.



Keywords:
*multimodality, social
semiotic, learning,
physics*

Abstract

The purpose of this research was to establish the contribution of the multiple semiotic modes used by students learning the Pascal's Principle. This was done through the characterization of different semiotic modes: gestural-oral, visual, and written language. Following a descriptive qualitative research approach, the function of the different languages was identified through a semiotic analysis. Intervention process was done with a work unit consisting of three main moments: 1) pre-test to investigate previous ideas, 2) experimental activities to observe the use of different semiotic modes, and 3) post-test. The analysis of the information and discussions is presented through an in-depth case study of two students. Among the results, there is a powerful interaction between gestural-oral, visual, and written language and its contribution to the creation of meanings. In addition, the use of tangible and visual resources such as the model and the incorporation of situations closer to the students allowed them to strengthen the use of different modes to communicate their understanding of the matter. The gestural-oral language was the language that brought us closer to the students' learning process.

Introducción

El interés por investigar el aporte de la multimodalidad en el aula deriva de una reflexión profunda del propio quehacer docente donde se evidenció el preponderante uso del lenguaje escrito y oral en los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Lo anterior da cuenta del uso restringido de otros lenguajes, los cuales potencializan los procesos de construcción de significados por parte del docente y de los estudiantes. Por lo tanto, se reconoce la importancia de estudiar otros modos semióticos como el lenguaje gestual-oral, visual y escrito dentro del escenario de aula, con el propósito de reconocer su función y aporte en los procesos de aprendizaje. Así, diferentes autores coinciden en que la utilización de distintos modos semióticos incide positivamente en el proceso de enseñanza y de aprendizaje, ya que promueve la orquestación global de

significados (Jewitt, 2009; Haquin, 2009; Kress, 2010).

Si se alienta a los estudiantes a usar diferentes modos semióticos para comunicar los conceptos científicos, se pondrán a prueba sus capacidades para interpretar y representar significados, además, se podrán conocer las acciones que realizan al momento de informar sus conocimientos. Ello estimula el proceso de aprendizaje del estudiante en la medida en que el contexto social demanda el uso de diferentes lenguajes. Esta investigación cualitativa de corte descriptiva acogió el análisis semiótico propuesto por Kress et al. (2001), con el propósito de identificar el aporte semiótico de los diferentes lenguajes durante el proceso de aprendizaje del principio de Pascal.

Antecedentes

En relación con los estudios previos sobre multimodalidad dentro del aula de ciencias, encontramos el trabajo de García (2018), quien adoptó un enfoque multimodal durante la enseñanza del concepto fases de la luna. Los objetivos de esta investigación fueron: 1) identificar los modos semióticos que utilizaban los estudiantes dentro de diferentes espacios de aprendizaje para explicar el concepto de las fases de la luna y 2) identificar la importancia que cumplían en los modos escrito, gestual y gráfico en las explicaciones de los estudiantes. El análisis de los diferentes modos se hizo de la siguiente manera: para el escrito un análisis de contenido, para el modo gráfico la elaboración de indicadores y criterios y para el gestual se usó el software informático ELAN. Los resultados de esta investigación muestran un impacto positivo de la orquestación de los modos semióticos,

además, resalta la importancia de que el maestro incluya un enfoque multimodal dentro del aula, ya que provee una variedad de información y de significado distribuidos en diferentes lenguajes.

Gómez (2008) estudió el aporte de los modos semióticos (oral, gráfico y maqueta) y su contribución en la elaboración del modelo teórico sobre los órganos de los sentidos y sistema nervioso. A través de grabaciones de audio y video, se captaron las explicaciones multimodales y, a través del registro fotográfico de maquetas y dibujos elaborados por los estudiantes, se obtuvieron datos importantes respecto al uso y función de diferentes modos. Dentro los resultados más importantes se encuentran la importancia de identificar la función semiótica de cada modo y la potencialidad de la interacción del maestro y de los



estudiantes en la elaboración de explicaciones multimodales.

Autores como Tang, Tan y Yeo (2011), Tang, Delgado y Moje (2014) y Callinan (2014) muestran de qué manera los múltiples modos semióticos dan cuenta de las ideas y significados que construyen los estudiantes en el aula de ciencias. Al analizar las representaciones pictóricas que elaboran los estudiantes junto a las explicaciones escritas que hacen con relación a una tarea de aprendizaje específica, evidencian que la interacción entre dos modos semióticos permite la externalización de las ideas que construyen frente a un fenómeno o concepto específico. Asimismo, Callinan (2014) sostiene que los dibujos por sí solos no revelan las ideas subyacentes de los estudiantes; se deben examinar en paralelo con las declaraciones orales y escritas. Hay que mencionar, además, que estos investigadores coinciden en la potencialidad del lenguaje gestual como un indicador de las ideas que poseen y construyen los estudiantes, incluso cuando no se logran verbalizar a través del lenguaje oral.

En síntesis, los estudios al interior de la multimodal desde un enfoque de la semiótica social dan cuenta de la potencialidad de los diferentes modos semióticos o lenguajes empleados en los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Cabe señalar que el uso coordinado e intencionado de diferentes modos semióticos permiten la construcción y la orquestación global del significado distribuido a través de los diferentes modos semióticos (Kress et al., 2001). Es por ello por lo que los docentes debemos conocer tanto las potencialidades como las limitaciones de los diferentes modos, con el fin de evitar el uso restringido de un modo sobre otro. Las investigaciones interesadas en el análisis de los múltiples lenguajes que usan los estudiantes han tomado fuerza, ya que tradicionalmente los estudios sobre multimodalidad se han centrado en el análisis y comprensión del uso de diferentes modos semióticos por parte de los docentes (Fagúndez y Castells, 2009; Haquin, 2013; Oliveira et al., 2014; Giordan et al., 2015; Moro et al., 2015; Danielsson, 2016; Tamayo et al., 2018).

Marco teórico

Multimodalidad

El enfoque multimodalidad ha comenzado a tener una trascendencia importante dentro de la didáctica de las ciencias. Este enfoque de investigación nos ha acercado a la comprensión del lenguaje desde el contexto social donde surge y se desarrolla, teniendo en cuenta los actores sociales que intervienen en un proceso comunicativo. Para Jewitt (2009):

El lenguaje es ampliamente tomado como el modo de comunicación más significativo especialmente en el contexto de enseñanza/aprendizaje. La multimodalidad sin embargo parte del supuesto de que la representación y la comunicación siempre se basa en una multiplicidad de modos, en los cuales

todos tiene el potencial de contribuir igualmente al significado. (p. 14)

Para Jewitt (2009), la multimodalidad nos permite adentrarnos al estudio de la función de diferentes lenguajes reconociendo el contexto social donde emergen, además, enfatiza en la necesidad de reconocer que existen diferentes enfoques para la multimodalidad, por ejemplo, el análisis del discurso multimodal tiene como propósito identificar las metafunciones del lenguaje para cada uno de los modos semióticos, se enfoca en el sistema y, en su uso, las gramáticas sistémicas son un componente importante de estos estudios, al igual que el análisis a un nivel micro-textual. Por su parte, Kress et al. (2001) reafirman un principio olvidado y es el hecho



de que la comunicación es en sí misma multimodal. Por otro lado, el análisis de la interacción multimodal, se concentra en la acción específica que realiza un actor o actores en un evento comunicativo. Desde este enfoque los modos se convierten en los mediadores de las acciones y del discurso en un momento determinado, lo que permite establecer jerarquías en diferentes momentos de la comunicación.

Por último, la perspectiva multimodal vista desde la semiótica social (que acoge en este trabajo) se apoya fuertemente en los planteamientos de Halliday (1982). Para este autor es fundamental situar el lenguaje en el contexto social donde se gesta, allí el contexto y sus demandas son fundamentales en el proceso de creación y reconfiguración de significados. Desde esta perspectiva, las intenciones del creador de significados y los modos semióticos que emplea en un evento comunicativo son preponderantes. De allí la necesidad de caracterizar de qué manera y por qué los docentes y los estudiantes emplean diferentes modos semióticos con el propósito de representar y construir significados. En síntesis, siguiendo a Kress (2010), en la teoría de la semiótica social, los signos que se crean dan cuenta de la intención o interés de quien lo elabora; en este proceso se construyen y re-construyen signos dentro de un contexto social específico que responde a sus demandas.

Los múltiples modos semióticos

Teniendo en cuenta los planteamientos anteriores y el aporte a la construcción de significados de cada uno de los lenguajes o modos semióticos, a continuación, presentamos la potencialidad de cada uno de ellos y su papel dentro de los escenarios de aula. Es importante entender que un modo semiótico es un recurso que permite crear significados compartidos en un medido social y cultural, por ejemplo, la imagen, la escritura, la música, el gesto, el habla, la imagen en movi-

miento son modos utilizados para la representación y la comunicación; por su parte, fenómenos que son producto del trabajo social y cultural tienen sentido en sus entornos, por ejemplo, los muebles, la ropa, la comida (Kress, 2011). Al reconocer la naturaleza semiótica del modo podemos, asimismo, identificar sus potencialidades y limitaciones con el propósito de que se usen de manera consciente e intencionada por parte del docente y de los estudiantes.

El modo es un recurso moldeado socialmente y culturalmente dado para crear significado. La imagen, la escritura, el diseño, la música, el gesto, el habla, la imagen en movimiento, la banda sonora son ejemplos de modos utilizados en la representación y la comunicación. Los fenómenos que son producto del trabajo social y cultural tienen sentido en sus entornos, de modo que los muebles, la ropa, la comida también 'tienen' sentido.

Lenguaje Escrito

Para Hoing (2007), el lenguaje escrito es un sistema de representación lineal, regido por unas reglas gramaticales o sintácticas que vigilan la construcción de oraciones coherentes. Halliday (1989), describe el lenguaje escrito como una alternativa a las expresiones del habla, es una expresión de uniformidad que proporciona los principios para la generación de expresiones. Plantea, además, que evolucionó en respuesta a las necesidades que surgen como resultado de los cambios culturales. Sanmartí (2007) evidencia el hecho de que en todas las clases se habla, pero la escritura es fundamental, a tal punto que los maestros usualmente estimulan a los estudiantes con la escritura para que expresen sus ideas, justifiquen o expliquen un experimento o fenómeno estudiado en el aula. La escritura posibilita no solo expresar ideas sino también construir y asignar significados.



Lenguaje visual (Dibujo)

Para Acaso (2006), el lenguaje visual hace referencia al código específico de la comunicación visual: “es un sistema con el que podemos enunciar mensajes y escribir información a través del sentido de la vista” (p, 25). Agrega la autora que es el modo que más cercanía tiene con la realidad, ya que permite la representación de características, componentes, relaciones y formas de objetos o fenómenos del mundo exterior. Para Quillin y Thomas (2015), los dibujos de los estudiantes son entendidos como un tipo de representación visual externa. Estos dibujos pueden ser en dos o tres dimensiones y en la mayoría de los casos tiene como propósito, dar cuenta de las comprensiones de los estudiantes sobre algunas características, relaciones y funcionamiento de un fenómeno o de un concepto científico estudiado.

Lenguaje gestual-oral

Los gestos no son simples movimientos que realizan los hablantes, están directamente vinculado con el discurso oral y son a su vez, portadores de significados (Kendon, 1988; McNeil, 1992; Goldin-Meadow, 2004). Teniendo en cuenta lo anterior, en este trabajo el gesto se analizó en paralelo con las expresiones del lenguaje oral. Consideramos que fragmentar su estudio rompería la unidad integral que particularmente se establece entre el discurso oral y gestual (McNeill, 1992; Kendon, 2004; Roth, 2001).

La taxonomía gestual que se empleó en la investigación fue la propuesta por McNeill (1992). Para el autor, existen cuatro tipos de gestos que pueden ser reconocidos según sus características y aporte al significado del discurso oral. A continuación, se describen:

- **Icónicos:** gestos que mantienen una relación estrecha con contenido del discurso oral, o sea, representan lo mencionado en el discurso.
- **Deícticos:** gestos empleados para señalar o apuntar un objeto, físico o algún aspecto importante de algún recurso semiótico. Usualmente se emplea la mano y los dedos, aunque esto no quiere decir que no se pueda usar otra parte del cuerpo.
- **Metafóricos:** los gestos metafóricos tienen un alto contenido abstracto, por lo tanto, para su codificación es necesario identificar la base (acción o entidad que representa) y el referente (el concepto que presenta dicho gesto).
- **Beats:** se entienden como aquellos gestos que demarcan el movimiento o ritmo de las manos o brazos a luz del discurso, cabe señalar que carecen de contenido.

La taxonomía gestual que se empleó en la investigación fue la propuesta por McNeil (1992), ya que permite diferenciar los tipos de gestos empleados por los estudiantes.

Metodología

Esta investigación acoge un enfoque cualitativo, ya que permite identificar con claridad, precisión y objetividad el mundo o entorno social al que se dirige, asimismo, acerca a la comprensión del significado que los grupos o individuos le confieren a un problema social o humano (Creswell, 2014). El

proceso investigativo se realizó con estudiantes de grado noveno de una institución educativa de carácter privado del Departamento de Boyacá. La unidad de trabajo estuvo integrada por 34 estudiantes y sus edades oscilaban entre 14 y 16 años, sin embargo, solo 9 entregaron todas las actividades que conformaban la unidad didáctica. Se realizó un



estudio de caso comprensivo de dos estudiantes con el fin de estudiar en profundidad el trabajo semiótico realizado por ellos durante el aprendizaje del principio de Pascal.

Un aspecto clave para la selección de los casos a estudiar fue la pregunta de investigación. Nuestro interés fue analizar la función de los múltiples modos usados por los estudiantes durante el aprendizaje del principio de Pascal. A la luz de lo antes planteado y según Kazez (2009), la pregunta se convierte en el eje conceptual del estudio y en un criterio de selección. Por lo tanto, los dos casos seleccionados evidenciaban el uso de diferentes modos semióticos a lo largo del desarrollo de las diferentes tareas de aula. Otro aspecto importante que se tuvo en cuenta fue la posible relevancia teórica (Dimarco y Martello, 2016) de los casos seleccionados, dado que se pretendía explorar si había diferencias marcadas en el uso del lenguaje gestual-oral, del lenguaje escrito y del lenguaje visual de la chica y el chico. Lo anterior, permitiría conocer si en el uso de los diferentes modos semióticos inciden aspectos relacionados con el género o con la idiosincrasia del creador de significados, sobre todo para el caso del lenguaje gestual-oral. Finalmente, los casos seleccionados se consideraron típicos de la población que desarrolló todas las actividades de la unidad didáctica y este fue otro criterio que se tuvo en cuenta.

Dada la contingencia de salud provocada por el SARS-CoVid-19, las actividades de aula se realizaron de manera virtual-sincrónica. Los estudiantes enviaban la evidencia

de las actividades por correo electrónico, por ejemplo, cuando se les pedía que dibujaran o escribieran un texto corto, imprimían su taller y luego lo escaneaban para su posterior envío. Algunas actividades implicaban que el estudiante se auto grabara; cabe señalar que contaban con un protocolo para las grabaciones con el propósito de poder analizar sus gestos. Finalmente, es importante señalar que todos los acudientes de los estudiantes diligenciaron el formato de consentimiento informado con el fin de permitir el desarrollo de la investigación y, asimismo, con el fin de garantizar la integridad de los mismos.

Categorías y subcategorías de la investigación

La principal categoría de investigación fue la multimodalidad. Dentro de las subcategorías se encuentra el lenguaje gestual-oral, donde se empleó la taxonomía propuesta por (McNeil, 1992); el lenguaje visual, el cual se analizó siguiendo los niveles propuestos (Köse, 2008); y finalmente, el análisis de contenido semántico permitió rastrear en el lenguaje escrito la construcción de oraciones y expresiones lógicas relacionadas con la temática. Asimismo, el principio de Pascal se convirtió en otra subcategoría de análisis, ya que un objetivo importante del trabajo era precisamente identificar el aporte de estos lenguajes o modos semióticos para el aprendizaje de la temática. Los datos recolectados provienen, en su mayoría, de instrumentos de lápiz y de papel y de la grabación de audio y video (Tabla 1).



Tabla 1. Categorías y subcategorías de la investigación

Categoría	Subcategoría	Subsubcategorías	Indicadores (son esos datos empíricos que analizamos en la realidad de aula)
Multimodalidad. Se encarga de ampliar la interpretación social del lenguaje y sus significados mediante la utilización de modos semióticos y los recursos que proporciona el contexto (Jewitt, 2009)	Lenguaje Gestual-Oral McNeill, (1992) Kelly, Manning y Rodak (2008)	Gesto Icónico	Movimientos de las manos y brazos de los estudiantes que representan de manera directa lo expresado en el lenguaje oral.
		Gesto Metafórico	Movimiento de las manos y brazos que realizan los estudiantes para representar un concepto o entidad abstracta.
		Gesto Deíctico	Movimientos de las manos, dedos o barbilla, que señalan o llaman la atención sobre algún objeto físico.
	Lenguaje Visual. Niveles de representación (Köse, 2008) empleados para un análisis inductivo de contenido de las representaciones visuales elaboradas por los estudiantes.	Nivel 1	Sin dibujo. No se ilustra un dibujo que exprese el entendimiento de un concepto.
		Nivel 2	Dibujos no representativos. El uso de diagramas o formulaciones en lugar de dibujos.
		Nivel 3	Dibujos con conceptos erróneos. Se ilustran dibujos con un acercamiento al concepto, sin embargo, estos son erróneos.
		Nivel 4	Dibujos parciales. Son dibujos que representan una concepción parcial de los conceptos.
		Nivel 5	Representación completa de dibujos. Son dibujos que representan en totalidad el concepto, teniendo en cuenta características que lo definen.
	Lenguaje Escrito.	Análisis del contenido (Abela, 2002)	A través del análisis del discurso, se analizará la construcción de oraciones con sentido y coherentes en relación con el tema que se está estudiando en el campo de física. Se tendrá en cuenta la macroestructura y la microestructura textual.
	Categoría	Subcategoría	Subsubcategorías
	Principio de Pascal (Giancoli, 2008)	Área	Espacio de una superficie comprendida entre unos límites exigidos.
		Fuerza	Toda acción que puede producir cambios en el movimiento de un cuerpo.
		Presión	La presión se genera cuando se realiza una fuerza perpendicular sobre una superficie determinada.



Instrumentos para la recolección de datos

Para la recolección de datos se emplearon, en su mayoría, instrumentos de lápiz y papel, los cuales estaban articulados con los diferentes momentos de la intervención didáctica. El momento 1 comprende el diagnóstico de las ideas previas que poseen los estudiantes sobre la temática y la utilización de los modos escrito y visual (prueba inicial). El momento 2 abarca y tiene como objetivo promover el uso de diferentes lenguajes por parte de los estudiantes, a través de diferentes experiencias que involucran el principio de Pascal. Se emplearon las siguientes actividades: 1) simulador (laboratorio virtual). A los estudiantes se les explicó el comportamiento de la presión dentro de un fluido, con el fin comprender el principio de Pascal en sistemas hidráulicos y; 2) construcción de un sistema hidráulico funcional. Se pidió a los estudiantes que elaboraran una maqueta 3D, además debían auto-grabarse con el fin de explicar el funcionamiento de la maqueta. En el momento 3, se analiza la progresión conceptual que lograron los estudiantes sobre el principio de Pascal gracias al desarrollo de diversas situaciones que involucraban el uso de diferentes lenguajes, la prueba final que es el mismo instrumento de partida.

Análisis de la información

Para el análisis de la información proveniente de los diferentes lenguajes (gestual-

oral, visual y escrito), seguimos el modelo de análisis semiótico propuesto por Kress et al. (2001). A través de este modelo, se identifica el modo semiótico y la función semiótica que este cumple a la luz de una tarea de aprendizaje específica. Para la categorización del lenguaje gestual-oral, se identificó el tipo de gesto empleado, su función y el tiempo en el que emerge, teniendo en cuenta la duración total del video.

El análisis del contenido semántico se empleó para las declaraciones escritas proporcionadas por los estudiantes y condensadas en los diferentes instrumentos de lápiz y papel; era importante rastrear la construcción de oraciones lógicas y con sentido a la luz de la temática. Para Abela (2002), dos aspectos fundamentales del análisis de contenido semiótico son el contexto y el texto. El contexto es fundamental ya que permite al investigador identificar el significado desde un entorno social donde haya ocurrido el fenómeno; el texto se convierte en un elemento de referencia que contiene información a partir de la cual se puede hacer inferencias respecto a su contenido y significado. Por último, teniendo en cuenta lo planteado por Cadavid (2013), el método estudio de casos fue empleado para analizar de manera profunda el aporte de los múltiples modos semióticos en el aprendizaje del principio de Pascal. Para tal propósito, se presenta un informe descriptivo de los dos estudiantes seleccionados siguiendo lo planteado por Simons (2011).

Resultados y discusiones

En este apartado se presenta la información recopilada de los dos estudiantes que hicieron parte del estudio de caso y se identificarán como E.1 y E.2. Los lenguajes que se tuvieron en cuenta en el análisis de la información fueron: el gestual-oral, el visual y el escrito. Para el análisis de las representaciones pictóricas

de los estudiantes, se realizó un análisis inductivo, en el cual se tuvo en cuenta los niveles de representación propuestos por Köse (2008). Para el análisis gestual-oral, se tuvieron en cuenta los tres tipos de gestos que propone McNeill (1992); metafóricos, deícticos e icónicos. Para resaltar los gestos de los estudiantes, se usaron óvalos y flechas de color rojo,



por último, se describió la función semiótica y se realizó la transcripción de lo expresado en el discurso oral. Para rastrear la construcción de significados a través del lenguaje escrito y oral se realizó un análisis del contenido empleando marcadores textuales, por tanto, se resaltaron oraciones y proposiciones lógicas y coherentes a través del color rojo.

Para la presentación y análisis de los datos de cada uno de los estudiantes, en los siguientes párrafos se presentan los datos recolectados durante la prueba inicial y la prueba final, con el propósito de visualizar de manera explícita las comprensiones iniciales y finales de los estudiantes sobre la temática. Se rastrea a través del análisis de contenido aquellas oraciones coherentes y lógicas que den cuenta de la comprensión del estudiante sobre la temática estudiada; estas oraciones se marcan con color rojo. Asimismo, a través de un análisis inductivo de contenido, se caracteriza el contenido de los dibujos elaborados por los estudiantes en la prueba inicial y la prueba final. Por último, se caracterizan los gestos iniciales y finales de los estudiantes; estos tienen un

gran valor para la investigación ya que se desea analizar de qué manera estos gestos inciden en las comprensiones conceptuales que pudieron haber logrado los estudiantes.

A continuación, presentamos el análisis del lenguaje gestual-oral del E.1 en la prueba inicial y en la prueba final. Se pedía a los estudiantes que trataran de explicar por qué Luciana dijo haber sentido mucho dolor cuando su amiga Manuela la pisó con los tacones que se probó y no con los botines. Es importante señalar que se quería identificar los gestos que realizaba antes y después de la intervención didáctica. Luego, se presenta el análisis de los dibujos elaborados por el estudiante en relación con el lenguaje visual, posteriormente, se presenta el análisis de la maqueta 3D. Finalmente se analiza el lenguaje escrito, aunque este se rastreó en todos los instrumentos que demandaban argumentar o explicar una respuesta específica. Esta estructura de presentación de resultados y su correspondiente descripción será igual para el E.1 y E.2.

Tabla 2. Modo gestual-oral comparativo prueba inicial y prueba final E.1

	PRUEBA INICIAL		PRUEBA FINAL	
	Tiempo total: 00:00s – 01:36s		Tiempo total: 00:00s – 01:09s	
	Tiempo: 0:17s -		Tiempo: 0:53s -	
	Tipo de gesto:		Tipo de gesto:	
	0:27s	Icónico	1:05s	Deíctico
Momento 2				
	Modo oral: “en este caso, Luciana presentó mayor dolor cuando Manuela la piso con el tacón”. Función semiótica del gesto: la mano derecha representa la superficie de un pie y el dedo índice de la mano izquierda representa la punta de un tacón, con el propósito de representar la presión que se genera en un área menor.		Modo oral: “este dolor no se va a concentrar en un solo punto de la superficie del pie de Luciana”. Función semiótica del gesto: el dedo índice de su mano derecha lo dirige hasta la palma de su mano izquierda, con el fin de representar la superficie que ocupa la punta del tacón sobre otra superficie, visualizando que a menor área mayor presión.	



Tabla 3. Modo visual - dibujo elaborado en el prueba inicial y prueba final E.1

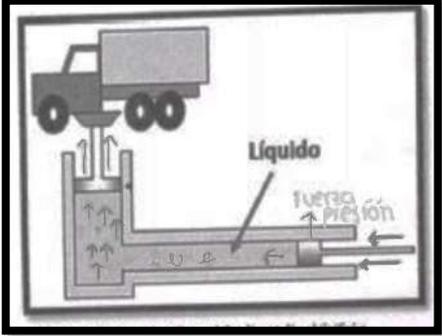
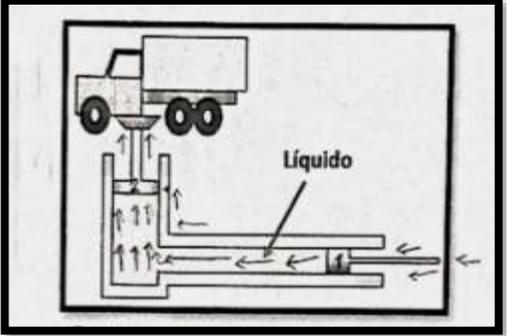
PRUEBA INICIAL		PRUEBA FINAL	
Nivel de representación	Nivel 3: Dibujos con conceptos erróneos	Nivel de representación	Nivel 4. Dibujos parciales
¿Por qué crees que el camión se eleva? Explica tu respuesta.			
			
<p>En este dibujo se identifican vectores dentro del sistema hidráulico que representan el desplazamiento del líquido y del embolo de mayor área; al lado del embolo de menor área se visualiza el movimiento del pistón y las palabras fuerza y presión acompañan la acción.</p>		<p>La organización de los vectores se ilustra de manera organizada. El embolo de mayor área tiene mayor cantidad de vectores, demostrando que la presión, al estar en una superficie de mayor área, genera mayor fuerza.</p>	

Tabla 4. Modo gestual-oral maqueta prensa hidráulica E.1

Maqueta		Maqueta	
Tiempo total: 0:0s – 1:12s			
Tiempo: 0:00s – 0:30s	Tipo de gesto: Déictico	Tiempo: 0:32s – 0:38s	Tipo de gesto: Déictico
Momento 3		Momento 4	



Modo oral: “iniciando por la función del embolo menor, pues aquí es donde nosotros vamos a aplicar la fuerza y acá en el embolo mayor este va a recibir la fuerza y así mismo la presión”.

Función semiótica del gesto: el dedo índice de la mano derecha señala la jeringa del embolo de mayor área, sitio donde se produce la mayor fuerza para comprimir la lata de soda, ya que hay mayor presión.

Modo oral: “cómo podemos ver la jeringa con el líquido está en reposo, así la presión se va a transmitir a todos los puntos del líquido o del fluido de manera constante con la misma intensidad, es decir, la presión va a ser la misma en todo el sistema”.

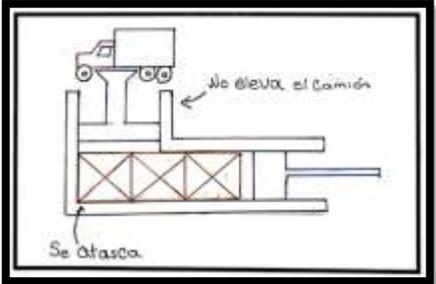
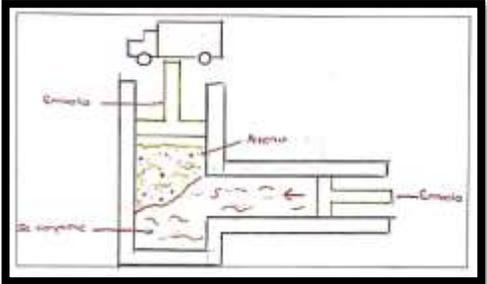
Función semiótica del gesto: los dedos índices de ambas manos señalan la manguera para complementar que dentro del todo el sistema hidráulico se mantiene la misma presión como lo indica el principio de Pascal.

Tabla 5. Modo gestual-oral comparativo prueba inicial y prueba final E.2

PRUEBA INICIAL		PRUEBA FINAL	
Tiempo total: 00:00s – 0:23s		Tiempo total: 00:00s – 0:50s	
Tiempo: 0:17s - 0:27s	Tipo de gesto: Icónico.	Tiempo: 0:53s - 1:05s	Tipo de gesto: Icónico
			
Modo oral: “en este caso, Luciana presentó mayor dolor cuando Manuela la piso con el tacón”.	Función semiótica del gesto: La palma de la mano derecha representa la superficie de un pie y el dedo de la mano izquierda representa la punta del tacón, haciendo referencia que la punta del tacón al tener un área menor causa mayor dolor dado el aumento de presión.	Modo oral: “al tener mayor superficie la fuerza se va a distribuir por varias partes por lo que le va a doler menos”.	Función semiótica del gesto: La palma de la mano derecha representa la superficie de un pie y el puño de la mano izquierda simboliza la superficie de un botín, haciendo referencia a que a mayor área menor presión. Además, el antebrazo de la mano izquierda junto con la palma de la mano derecha representa perpendicularidad, esencial para el concepto de presión.



Tabla 6. Modo visual- dibujo elaborado en el prueba inicial y prueba final E.1

PRUEBA INICIAL		PRUEBA FINAL	
Nivel de representación	Nivel:5. Representación completa del dibujo	Nivel de representación	Nivel:5. Representación completa del dibujo
¿Consideras que si se usara otra sustancia o material diferente a un líquido se podría elevar el camión?			
			

En las dos representaciones se dibuja un sistema hidráulico para elevar vehículos como contra ejemplo ya que, en vez ilustrar fluidos, usa sustancias sólidas, demostrando que los fluidos son incompresibles, además, confirma que los sistemas hidráulicos son efectivos con el uso de fluidos.

Tabla 7. Modo gestual-oral maqueta prensa hidráulica E.2

Maqueta			
Tiempo: 00:00s – 01:16s			
Tiempo: 0:29s	Tipo de gesto: Deíctico	Tiempo: 0:48s – 1:11s	Tipo de gesto: Deíctico
			

Modo oral: “cuando se ejerce presión a un fluido que esté contenido y es incompresible, la presión va a ser igual en todas las partes del sistema, por lo que la presión que estoy ejerciendo en esta parte con esta jeringa, va a ser la misma que se está ejerciendo en esta parte”.

Función semiótica del gesto: el estudiante con su mano izquierda señala la jeringa de menor embolo para resaltar que la presión que ejerce en esta es igual en todas las partes del sistema donde se encuentra el fluido, como lo menciona una de las características del principio de Pascal.

Modo oral: “por lo que se puede decir que la fuerza que estoy ejerciendo en este embolo va a ser menor que la fuerza que se está ejerciendo en este otro embolo”.

Función semiótica del gesto: el estudiante sostiene y comprime la jeringa de menor embolo con su mano derecha y con el dedo de la mano izquierda señala y toca el embolo de la jeringa de mayor área, con el fin de comparar que a mayor área se transmite mayor fuerza.



Hallazgos generales del lenguaje gestual-oral

Como se señaló antes, para el análisis del lenguaje gestual-oral se empleó la taxonomía propuesta por McNeill (1992). En las actividades de la prueba inicial y prueba final, los estudiantes E.1 y E.2 emplearon con mayor frecuencia el gesto icónico, debido a que los conceptos de presión, área y fuerza se representaron de manera icónica (McNeill, 1992). Esto quiere decir que el gesto amplió la representación de estos conceptos, como lo expresaba el estudiante E.2 en su discurso oral. Un aspecto a resaltar es que los estudiantes realizaron movimientos similares para representar alguna característica de un objeto o concepto abstracto. Cabe señalar que, esta actividad se realizó de manera individual en el hogar de cada uno de ellos, es decir, no hubo oportunidad de que alguno tomará de referencia gestos de un compañero o del docente; esto nos lleva a reconocer que las interacciones sociales y culturales son factores que inciden en la creación de nuevos significados (Kress, 2010, p. 54).

En relación con la actividad de la maqueta 3D, donde los estudiantes debían realizar un prototipo funcional y tangible del principio de Pascal, el gesto deíctico fue el protagonista ya que, al existir un material palpable, la mano del estudiante se convertía en un prototipo señalador (McNeill, 1992). Se recalca que la maqueta simulaba el funcionamiento de una prensa hidráulica, lo que permitía a los estudiantes señalar donde se ejecutaban los conceptos abstractos (fuerza, área y presión) a medida que iban hablando. La maqueta resulta ser un recurso que intensifica el modo gestual y oral en los estudiantes para la creación de nuevos significados.

Al analizar el modo gestual-oral, se evidencian significados que no se encontrarían si se analizaran de manera aislada (McNeill, 1992). Por ejemplo, el estudiante E.2, en el

momento tres de la prueba final, usa sus brazos y manos para representar geométricamente el concepto de presión sobre una superficie (perpendicularidad), pero al analizar su discurso, este nunca menciona como tal esta característica geométrica, por tanto, este gesto nos permitió evidenciar esta información adicional ausente en el lenguaje oral (Roth y Lawless, 2002). Lo anterior denota que la orquestación de dos modos semióticos cumple con mayor facilidad las necesidades comunicativas (Haqui, 2009).

Hallazgos en el lenguaje visual

Para el análisis de los dibujos construidos por los estudiantes, se llevó a cabo un análisis inductivo de contenido siguiendo los 5 niveles propuestos por Köse (2008). Este análisis inductivo de los dibujos los estudiantes E.1 y E.2 tenía como propósito conocer el contenido de la representación y su relación con los conceptos estudiados. En la prueba inicial y prueba final se resalta la utilización de vectores por parte del E.1 y E.2 para definir el concepto de fuerza, presión y desplazamiento, sin embargo, fue necesario recurrir a la interpretación del lenguaje escrito, para poder conocer qué querían representar los estudiantes con los vectores.

Durante la prueba inicial, E.1 se encontraba en un nivel 3 de representación de conceptos erróneos y pasó en la prueba final a un nivel 4 de representación de dibujos parciales, donde se aprecia una mejor representación de la situación, aunque fue insuficiente el dibujo en términos de definición de algunos parámetros para los conceptos de presión, fuerza y área. Se infiere que es importante analizar los gráficos que realiza el maestro, porque los estudiantes los toman como referencia para crear sus propias representaciones (Ainsworth, Prain y Tytler, 2011). Por su parte, el E.2, en la prueba inicial utilizó el lenguaje escrito para dar claridad y ampliar la información respecto a su representación, en efecto, esta decisión no



invalida la actividad, por el contrario, demuestra que, al encontrar limitaciones para crear significados, se activan otros modos semióticos para suplir esas necesidades (Kress et al., 2001). En esta misma actividad, el E.2 elaboró un dibujo alternativo (un contra ejemplo), con el fin de representar que un sistema hidráulico funciona a cabalidad solo con un líquido. Esto nos permite inferir que el estudiante hace uso del lenguaje visual para recrear y reforzar sus ideas respecto a la temática planteada. El dibujo cumple una función relacional ya que, como lo plantea Ainsworth, Prain y Tytler (2011), permite profundizar en la comprensión de las relaciones y funciones de un fenómeno determinado. Cabe destacar que los dibujos de este estudiante en la prueba inicial y final fueron representaciones completas teniendo en cuenta los niveles de representación de Köse (2008).

En síntesis, es de suma importancia promover el uso y construcción de dibujos por parte de los estudiantes porque evidencia si los significados que crean están estructurados, si se usan conocimientos existentes y si se generan nuevas inferencias.

Hallazgos en el lenguaje escrito

Al analizar las declaraciones escritas que se presentan en la prueba inicial y en la prueba final de los estudiantes E.1 y E.2, se apreció la construcción de oraciones lógicas y coherentes, por ejemplo, los estudiantes resolvieron de manera correcta que el gato de botella era el instrumento más efectivo para cambiar una llanta de un vehículo y que la fuerza que se usa puede ser mínima para elevar el vehículo. Sin embargo, cuando se les pide que justifiquen o amplíen sus respuestas, se identifica un uso restringido de conceptos científicos, dado que algunas oraciones no eran coherentes y se podría presentar confusión para definir conceptos (confundir fuerza con presión, por ejemplo). Algunas

respuestas fueron coherentes y manejaban un lenguaje científico. Para Ammon y Ammon (1990), la escritura es una fuente de información importante si los docentes desean saber los conocimientos de los estudiantes.

La actividad del simulador (laboratorio virtual) tenía como propósito conocer el comportamiento de la presión en los diferentes fluidos. Parece ser que el uso de esta herramienta potencializó procesos explicativos sobre el concepto de presión. Es por esto que en el lenguaje escrito se identificaron oraciones que dan cuenta de un acercamiento al uso de conceptos científicos (presión, puntos del líquido) para explicar el fenómeno. Con el propósito de mostrarlo, se presentan las siguientes declaraciones escritas del estudiante E.1: *La jeringa con el líquido está en reposo, así la presión se va a transmitir a todos los puntos del líquido o del fluido de manera constante con la misma intensidad;* y del estudiante E.2: *A un fluido que esté contenido y es incompresible, la presión va a ser igual en todas las partes del sistema, por lo que la presión que estoy ejerciendo en esta parte con esta jeringa.*

Para Sardà y Márquez (2008), el uso de maquetas dentro del aula promueve los procesos abstracción. Estas permiten pensar teóricamente en los fenómenos o temáticas abordadas en la clase, para luego desembarcar en procesos de acción, donde se hace y se interactúa con el conocimiento. Las autoras agregan que la construcción de maquetas invita a los estudiantes a buscar información para poder responder las preguntas que orientaron su construcción. Por su parte, Miana y Prieto (2019) plantean que el uso de maquetas en el aula permite la percepción y visualización de estructuras 3D y señalan que, para el caso concreto de la anatomía, contribuyen a la comprensión de la posición y estructura de los órganos en relación con los demás.



Conclusiones

Los lenguajes que presentaron un rol protagónico en este estudio fueron el visual, gestual-oral y escrito. La utilización de diferentes modos les permitió a los estudiantes construir y representar significados teniendo en cuenta las limitaciones y potencialidades de cada uno de ellos. Por ejemplo, para el caso del lenguaje gestual-oral, el gesto icónico permitió conocer las ideas de los estudiantes sobre el concepto de área, fuerza y presión. Este gesto tuvo como función señalar o resaltar algún aspecto importante de la maqueta. Autores como Valenzano, Alibali y Klatzky (2003) y Dai y Li (2021) señalan que este tipo de gesto permite focalizar y llamar la atención sobre un algún aspecto importante de un objeto físico o representación. Para Roth (2001), este tipo de gestos en presencia de objetos o entidades perceptibles, como la maqueta, contribuyen a la construcción de explicaciones elaboradas.

El uso de un modelo tridimensional como la maqueta permitió la articulación y combinación de dos modos semióticos: gestual-oral y visual. Esta relación intersemiótica evidenció el papel del gesto deíctico para señalar aspectos relevantes e importantes de la maqueta donde se ponía de manifiesto el principio de Pascal. Siguiendo a Márquez et al. (2003), la elaboración de maquetas vincula procesos de abstracción, de razonamiento teórico y de representación, ya que el estudiante debe dar cuenta de sus comprensiones al momento de explicarla y presentarla, lo cual involucra el establecimiento de relaciones y de procesos que dan cuenta del comportamiento de un fenómeno.

En relación con el modo visual estudiado a través de los dibujos elaborados por los estudiantes, este proporcionó información respecto a cómo las representaciones pictóricas gradualmente ganaban coherencia en términos de su contenido. Para Ainsworth, Prain y

Tytler (2011), los dibujos cumplen una función importante en el aprendizaje, ya que comprometen y motivan a los estudiantes al desarrollo de una actividad específica, asimismo, permiten conocer las ideas iniciales, intermedias y finales de los estudiantes sobre la temática que se estudia. Además, los dibujos pueden convertirse en un excelente recurso de razonamiento. Este lenguaje, también nos acercó a los procesos de representación y de externalización de las ideas de los estudiantes y, combinado con el lenguaje escrito, permite ampliar el significado de la representación e incorpora información adicional sobre la idea que se desea representar. Con relación al análisis de contenido semántico, este permitió rastrear las proposiciones lógicas y coherentes de los estudiantes y, a través de marcadores textuales, se pudo identificar el uso de conceptos científicos propios de la temática.

Esta investigación nos acercó a los procesos de construcción y representación de significados que llevan a cabo los estudiantes empleando diferentes modos semióticos. Sin embargo, consideramos que falta mucho por explorar, por ejemplo, es importante reconocer las intenciones que movilizan el uso de los diferentes modos semióticos por parte de los estudiantes en respuesta a una tarea cognitiva. También es necesario determinar qué tanto puede interferir el trabajo entre pares en los procesos de construcción de significados individuales ¿replican o copian los estudiantes lo hecho por otro compañero de su grupo? Finalmente, se pueden presentar dificultades cuando se está recopilando información respecto al lenguaje gestual-oral, puesto que la presencia de una cámara en el aula restringe, en algunas ocasiones, las acciones y comportamientos naturales de los estudiantes.



Notas

1. Artículo derivado del proyecto de investigación “Los múltiples modos semióticos que emplean los estudiantes durante el aprendizaje del principio de Pascal” (2021). Tesis de maestría disponible en el repositorio institucional de la Universidad Autónoma de Manizales

Referencias

- Abela, J. (2002). *Las técnicas de Análisis de Contenido: Una revisión actualizada*. Fundación Centro de Estudios Andaluces. <http://mastor.cl/blog/wp-content/uploads/2018/02/Andreu.-analisis-de-contenido.-34-pags-pdf.pdf>
- Acaso, M. (2006). *El lenguaje visual*. Barcelona: Paidós Ibérica, S.A.
- Ammon, P. y Ammon, M. S. (1990). Using Student Writing To Assess and Promote Understanding in Science. *Occasional Paper No. 16*. https://archive.nwp.org/cs/public/download/nwp_file/109/OP16.pdf?x-r=pcfile_d
- Ainsworth, S., Prain, V., y Tytler, R. (2011). Drawing to Learn in Science. *Science*, 333 (6046), 1096-1097. <https://doi.org/10.1126/science.1204153>
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Thousand Oaks: SAGE Publications. https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog_609332/objava_105202/fajlovi/Creswell.pdf
- Cadavid Alzate, V. (2013). *Relaciones entre la metacognición y el pensamiento viso-espacial en el aprendizaje de la estereoquímica*. [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Manizales. Manizales]. <https://repositorio.autonoma.edu.co/handle/11182/488>
- Callinan, C. (2014). *Constructing scientific knowledge in the classroom: a multimodal analysis of conceptual change and the significance of gesture*. [Tesis de doctorado, University of Leicester]. <https://leicester.figshare.com/account/articles/10144838>
- Dimarco, M. y Martello, V. (2016). La selección de los casos. Sobre quiénes/qué vamos a relevar la información. En Cuenca, A. y Lozano, S. (Eds.). *La enseñanza de la investigación* (pp 51-58).
- Danielsson, K. (2016). Modes and meaning in the classroom—the role of different semiotic resources to convey meaning in science classrooms. *Linguistics and Education*, 35, 88-99. <https://doi.org/10.1016/j.linged.2016.07.005>
- Dai, W. y Li, Y. (2021, August). Investing the Effects of Teachers' Gestures in Class. In *2021 International Conference on Modern Educational Technology and Social Sciences (ICMETSS 2021)* (pp. 222-226). <https://doi.org/10.2991/assehr.k.210824.049>
- Fagúndez, T., & Castells, M. (2009). Las explicaciones de física en clases de nivel universitario. Un estudio semiótico-comunicativo de la construcción de significados. *Educere*, 13(47), 983-996. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=35616673010>
- García, J. (2018). *Aportación de los modos semióticos en el aprendizaje del concepto Fases de la Luna: una mirada multimodal*. Manizales: Universidad Autónoma de Manizales. <https://repositorio.autonoma.edu.co/handle/11182/934>
- Giordan, M., Silva-Neto, A. B., y Aizawa, A. (2015). Relações entre gestos e operações epistêmicas mediadas pela representação estrutural em aulas de Química e suas implicações para a produção de significados. *Química nova na escola*, 37(1), 82-94. <http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20150021>
- Giancoli, D. (2008). *Física para ciencias e ingeniería*. (4ª ed). Pearson Educación.
- Goldin-Meadow, S. (2004). Gesture's role in the learning process. *Theory into practice*, 43(4), 314-321. <https://www.jstor.org/stable/3701540>
- Gómez, A. (2008). Construcción de explicaciones multimodales: ¿Qué aportan los diversos registros semióticos? *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 4(2), 83-99. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=134112597006>



- Halliday, M. A. K. (1982). *El lenguaje como semiótica Social*. Fondo de Cultura Económico. <https://www.fondodeculturaeconomica.com/Ficha/9789681608309/F>
- Halliday, M. A. K. (1989). *Spoken and written language*. Oxford University Press. <https://www.academia.edu/34763868/241798800-M-A-K-Halliday-Spoken-and-Written-Language-BookFi-org-pdf.pdf>
- Haquin, M., D. (2009). *Co-utilización de recursos semióticos para la regulación del conocimiento disciplinar*. Multimodalidad e intersemiosis en el discurso pedagógico de Matemática 1 año de enseñanza media. http://repositorio.conicyt.cl/bitstream/handle/10533/179984/MANGHI_DOMINIQUE_2000D.pdf?sequence=1.
- Haquin, D.M. (2013). Géneros en la enseñanza escolar: Configuraciones de significado en clases de historia y biología desde una perspectiva multimodal. *Revista signos*, 46(82), 236-257. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-09342013000200004>
- Jewitt, C. (2009). *The Routledge Handbook of Multimodal Analysis*. New York: Routledge/Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.1016/j.pragma.2010.03.003>
- Kendon, A. (1998). How gestures can become like words. En F. Poyatos. (Ed.). *Cross-cultural perspectives in nonverbal communication* (pp. 131-141). Hogrefe & Huber Publishers. www.researchgate.net/profile/Adam-Kendon/publication/239061234_How_gestures_can_become_like_words/links/56a21fe508ae2afab88610b8/How-gestures-can-become-like-words.pdf
- Kendon, A. (2004) *Gesture: Visible action as utterance*. Cambridge University press. doi:10.1017/CB09780511807572
- Kelly, S., Manning, S. y Rodak, S. (2008). Gesture Gives a Hand to Language and Learning: Perspectives from Cognitive Neuroscience, Developmental Psychology and Education. *Language and Linguistics Compass*, 2(4), 569-588. <https://doi.org/10.1111/j.1749-818X.2008.00067.x>.
- Köse, S. (2008). Diagnosing Student Misconceptions: Using Drawings as a Research Method. *World Applied Sciences Journal*, 3(2), 283-293.
- Kazez, R. (2009). Los estudios de casos y el problema de la selección de la muestra. Aportes del sistema de matrices de datos. *Subjetividad y procesos cognitivos*, 13(1), 71-89. https://www.researchgate.net/publication/262652084_Los_estudios_de_caso_y_el_problema_de_la_seleccion_de_la_muestra_Aportes_del_sistema_de_matrices_de_datos
- Kress, G. (2010). A social-semiotic theory of multimodality. En G. Kress (Ed). *Multimodality. A social semiotic approach to contemporary communication* (pp. 54-78). Routledge. Taylor & Francis Group. <https://www.routledge.com/Multimodality-A-Social-Semiotic-Approach-to-Contemporary-Communication/Kress/p/book/9780415320610>
- Kress, G. (2011). What is mode? En C. Jewitt (Ed.) *The Routledge handbook of multimodal analysis* (págs. 54-67). New York: Routledge/Taylor & Francis Group. <https://www.routledge.com/The-Routledge-Handbook-of-Multimodal-Analysis/Jewitt/p/book/9781138245198>
- Kress, G., Jewitt, C., Ogborn, J. y Tsatsarelis, C. (2001). *Multimodal Teaching and Learning. The Rhetorics of the Science Classroom*. Continuum. https://www.academia.edu/27773901/Multimodal_Teaching_and_Learning_The_Rhetorics_of_the_Science_Classroom
- Márquez, C., Izquierdo, M. y Espinet, M. (2003). Comunicación multimodal en la clase de ciencias: el ciclo del agua. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 371-386. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3915>
- Miana, V. V. y Prieto, E. A. (2019). Estrategias didácticas para promover el aprendizaje de ciencias biológicas y anatomía. *Revista Docencia Universitaria*, 20(1), 19-32. <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistadocencia/article/view/9434>
- McNeill, D. (1992). *Hand and Mind: What Gestures Reveal About Thought*. University of Chicago Press, 75-83. <https://press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/H/bo3641188.html>
- Moro, L., Mortimer, E. F., Quadros, A. L., Coutinho, F. Â., Silva, P. S., Pereira, R. R. y dos Santos, V. C. (2015). Influência de um terceiro modo semiótico na gesticulação de uma professora de Química. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 15(1), 009-032. https://www.researchgate.net/publication/284727330_Influencia_de_um_terceiro_modo_semiotico_na_gesticulacao_de_uma_professora_de_Quimica



- Oliveira, A. W., Rivera, S., Glass, R., Mastroianni, M., Wizner, F. y Amodeo, V. (2014). Multimodal semiosis in science read-alouds: extending beyond text delivery. *Research in Science Education*, 44(5), 651-673. 10.1007/s11165-013-9396-4
- Quillin, K. y Thomas, S. (2015). Drawing-to-learn: a framework for using drawings to promote model-based reasoning in biology. *CBE—Life Sciences Education*, 14(1), 1-16. 10.1187/cbe.14-08-0128
- Roth, W. M. (2001). Gestures: Their role in teaching and learning. *Review of educational research*, 71(3), 365-392. <https://doi.org/10.3102/00346543071003365>
- Roth, W. y Lawless, D. (2002). Scientific investigations, metaphorical gestures, and the emergence of abstract scientific concepts. *Learning and Instruction*. 12, 285-304. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00023-8](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00023-8)
- Sanmartí, N. (2007). Hablar, leer y escribir para aprender ciencia. En Álvarez, T. y Fernández, P. (Eds.). *La competencia en comunicación lingüística en las áreas del currículo* (pp. 103-128). https://www.academia.edu/4254471/Hablar_leer_y_escribir_para_aprender_ciencia
- Sardà, S. y Màrquez, C. (2008). El uso de maquetas en el proceso de enseñanza-aprendizaje del sistema nervioso. *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*, 14(58), 67-76. <https://gent.uab.cat/conxitamarquez/sites/gent.uab.cat.conxitamarquez/files/el%20uso%20de%20maquetas%20en%20el%20proceso%20de%20ense%C3%B1anza%20aprendizajes%20del%20sistema%20nervioso.pdf>
- Simons, H. (2011). *El estudio de caso: Teoría y práctica*. Ediciones Morata. <https://books.google.com.pe/books?id=WZxyAgAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Tang, K. S., Tan, S. C. y Yeo, J. (2011). Students' multimodal construction of the work-energy concept. *International Journal of Science Education*, 33(13), 1775-1804. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.508899>
- Tang, K. S., Delgado, C. y Moje, E. B. (2014). An integrative framework for the analysis of multiple and multimodal representations for meaning-making in science education. *Science education*, 98(2), 305-326. <https://doi.org/10.1002/sce.21099>
- Tamayo, Ó., Cadavid, V. y Dávila, V. (2018). *Multimodalidad, múltiples lenguajes empleados en la enseñanza de las ciencias, química orgánica*. Universidad de Caldas. https://issuu.com/editorialucaldas/docs/libro_multimodalidad_issuu
- Valenzeno, L., Alibali, M. W. y Klatzky, R. (2003). Teachers' gestures facilitate students' learning: A lesson in symmetry. *Contemporary Educational Psychology*, 28(2), 187-204. [https://doi.org/10.1016/S0361-476X\(02\)00007-3](https://doi.org/10.1016/S0361-476X(02)00007-3)

