



Análisis del lenguaje oral-gestual en el aula de bioquímica

Analysis of Oral-Gestural Language in the Biochemistry Classroom

Valentina Cadavid Alzate
Universidad Autónoma de Manizales, Caldas, Colombia
valentinac@autonoma.edu.co
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7286-5722>

Marcelo Giordan
Universidade de São Paulo, Brasil
giordan@usp.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4646-0139>

Carlos Alberto Marín Londoño
Secretaría de Educación de Manizales, Institución educativa Perpetuo Socorro, Caldas, Colombia
carlosmarinlon@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6548-1306>

Oscar Eugenio Tamayo Alzate
Universidad de Caldas, Caldas, Colombia
oscar.tamayo@ucaldas.edu.co
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6080-8496>

RESUMEN • En esta investigación se analizó la relación entre el lenguaje gestual-oral y los niveles de representación del conocimiento en bioquímica, que emplea un docente en función de la construcción de significados. Desde un enfoque cualitativo, y a través de un análisis de fragmentos de vídeo con alto contenido semiótico, se caracterizó el lenguaje gestual-oral empleando el software NVivo13. Posteriormente, durante una entrevista semiestructurada, se validaron con el docente los gestos identificados y su intención. Los resultados muestran que los gestos con mayor recurrencia fueron los de acción y los deícticos, presentes principalmente en los niveles submicro y simbólico. Estos gestos aportaron a la comprensión del significado contenido en las diferentes representaciones desde un aspecto referencial y representativo.

PALABRAS CLAVES: Lenguaje; Gesto; Enseñanza; Niveles de representación; Bioquímica.

ABSTRACT • This research analyzed the relationship between oral and gestural language and the levels of knowledge representation in biochemistry, used by a teacher based on the construction of meaning. Using a qualitative approach and an analysis of video fragments with high semiotic content, oral and gestural language was characterized using NVivo13 software. Subsequently, during a semi-structured interview, the identified gestures and their intentions were validated with the teacher. The results show that the most frequently used gestures were action and deictic gestures, present mainly at the submicro and symbolic levels. These gestures contributed to the understanding of the meaning contained in the different representations from a referential and representative perspective.

KEYWORDS: Language; Gesture; Teaching; Levels of representation; Biochemistry.

Recepción: noviembre 2023 • Aceptación: junio 2025 • Publicación: noviembre 2025

Cadavid Alzate, V., Marín Londoño, C. A., Giordan, M. y Tamayo Alzate, O. E. (2025). Análisis del lenguaje oral-gestual en el aula de bioquímica. *Enseñanza de las Ciencias*, 43(3), 9-29.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6098>

INTRODUCCIÓN

Todo proceso de enseñanza y de aprendizaje está mediado por eventos comunicativos en los cuales el lenguaje, como medio de interacción entre el docente y los estudiantes, es fundamental en la construcción y representación de significados en el interior del aula; proceso en el que ha predominado el estudio de los lenguajes oral y escrito. Es por ello por lo que esta investigación tuvo como propósito principal, la construcción de significados a partir del análisis de las relaciones entre el lenguaje gestual-oral de un docente y los niveles de representación, durante la enseñanza de las características de sustancias orgánicas polares y no polares en una clase de bioquímica. Lo anterior se fundamenta en aquellas investigaciones que proveen hallazgos importantes respecto al papel que cumplen los gestos en los procesos de externalización de ideas científicas, en la construcción de conocimiento y en la función mediacional entre las experiencias concretas en el mundo físico y el lenguaje científico (Roth, 2001; Roth y Lawless, 2002). Los gestos permiten ampliar el significado, puesto que, al combinarse con el lenguaje oral, conforman una unidad comunicativa que magnifica el significado (Kendon, 2004).

Tamayo et al. (2018) enfatizan la necesidad de reconocer el aporte, diferenciado entre los distintos lenguajes o modos semióticos que se despliegan en el aula de ciencias. En los últimos años se han incrementado los estudios multimodales (Halliday, 1982; Mortimer y Quadros et al., 2012; Patron et al., 2024), cuyo propósito es analizar con detalle el aporte de los diferentes lenguajes en los procesos de enseñanza y de aprendizaje, teniendo en cuenta las acciones de los diferentes actores sociales que participan en un proceso comunicativo.

Por su parte, la enseñanza y el aprendizaje de la bioquímica plantea sus propios retos. En términos de Tamayo et al. (2014), la dificultad que presentan los estudiantes durante el aprendizaje de la bioquímica se debe, en parte, a que los fenómenos, en su esencia científica, no pueden ser percibidos directamente por los sistemas sensoriales de los estudiantes. Aprender bioquímica requiere, entre otros aspectos, de la comprensión de conceptos químicos, fisicoquímicos y biológicos. Por esta razón, se considera que es precisamente en estos campos con altos niveles de abstracción donde el lenguaje o los lenguajes cumplen un papel fundamental. Finalmente, es importante mencionar que a lo largo de esta investigación se establecieron relaciones cualitativas entre los diferentes tipos de gestos que empleó el docente, y la construcción de significados en los tres niveles de representación de la bioquímica, con el fin de comprender la función semiótica, así como la intención de los gestos durante el proceso de enseñanza.

MARCO TEÓRICO

En las últimas décadas, las investigaciones que acogen un enfoque multimodal desde la semiótica social (Kress et al., 2001; Márquez et al., 2003, Piccinini y Martins, 2004) han permitido ampliar nuestros conocimientos respecto a los diferentes modos semióticos o lenguajes que emplean el docente y los estudiantes dentro del aula. Asimismo, se han podido rastrear los significados que se representan y construyen a partir de un modo o lenguaje específico. Todo lo anterior contribuye a la comprensión de los usos del lenguaje en un evento comunicativo particular.

Cuando se hace referencia al término *multimodalidad*, con frecuencia suele relacionarse con el nombre de Gunther Kress. Este autor, al analizar la clase de un docente que enseñaba la circulación de la sangre, logró evidenciar el papel fundamental que cumplen los múltiples modos semióticos en la construcción y representación del significado, gracias a la orquestación de estos modos que se conjugan en el acto comunicativo. Para Kress et al. (2001), el punto clave para el estudio de la multimodalidad es reconocer que el significado se distribuye a través de todos los modos semióticos, en los que la orquestación y la creación del conjunto multimodal contribuyen a la construcción global del significado. En términos de Jewitt (2009):

El punto de partida para la multimodalidad es extender la interpretación social del lenguaje y sus significados a toda la gama de modos de representación o recursos semióticos para dar significado [...], como la imagen, la escritura, el gesto, la mirada, el habla, la postura (p. 4).

En síntesis, el propósito principal de los estudios multimodales es interpretar el uso de los diferentes modos semióticos en los eventos comunicativos que se establecen en el aula de ciencias. Ello permite acercarse a los procesos de representación y construcción de significados. La multimodalidad, desde la perspectiva de la semiótica social, asume como unidad de análisis el lenguaje en el contexto social que surge y se desarrolla.

Gesto y lenguaje

El estudio del gesto y su relación con el discurso ha llamado la atención de investigadores de diversas disciplinas como la antropología, la lingüística, las ciencias cognitivas y las ciencias del aprendizaje (Roth, 2001; Valenzano et al., 2003; Dos Anjos y Serrano, 2023). Para estos autores los gestos, al estar al servicio de la comunicación, se convierten en una fuente de información importante sobre el pensamiento de las personas. Teniendo en cuenta lo anterior, el estudio del gesto, en el aula de ciencias, se enfoca en el análisis de las expresiones corporales que se presentan cuando se profiere el lenguaje oral; si ambos elementos se estudian de manera aislada, se rompe la unidad comunicativa que se establece entre el discurso oral y el gesto (McNeill, 1992; Kendon, 2004).

Sobre el gesto, como categoría importante de esta investigación, es importante aclarar que, se refiere a aquellos movimientos de las manos, los brazos y otras partes del cuerpo que acompañan y que están directamente vinculado con el discurso oral (Kendon, 1988; Goldin-Meadow, 2004). Respecto a la taxonomía o clasificación gestual se encuentran, entre muchas otras, las propuestas de McNeill (1992) y de Kendon (2004). En diferentes estudios sobre el gesto en aula de ciencias (Roth, 2001; Roth y Lawless, 2002), se ha empleado con mayor énfasis la primera propuesta. Desde la perspectiva mcneilliana, son de nuestro interés en esta investigación los gestos imaginativos y, dentro de ellos los icónicos y los metafóricos. Los primeros hacen referencia a los movimientos y formas en las que existe correspondencia entre el gesto y el discurso. Los gestos metafóricos representan la forma o el movimiento de un concepto abstracto. Finalmente, los *beats* están relacionados con el movimiento o rítmica del gesto.

Por su parte, Kendon (2004) señala que el gesto contribuye al significado y puede, asimismo, formar parte del contenido referencial de la expresión oral. Dentro de los gestos referenciales se encuentran los *gestos deícticos*; mientras dentro de los gestos representativos están los gestos de modelado, de acción y los de descripción figurativa. Para ilustrar mejor a qué hacen referencia estos gestos, se expone la definición proporcionada por de Quadros y Giordan (2019), tomando como referencia a Kendon (2004).

Los gestos referenciales son clasificados del siguiente modo:

- *Gestos deícticos*: son gestos que utiliza el hablante para señalar o indicar un objeto concreto, virtual o incluso abstracto.
- *Gestos representativos*: gestos que representan un aspecto del contenido del enunciado. Ellos pueden ser:
 - *Gestos de modelado*: cuando se utiliza una parte del cuerpo como si fuera una referencia para comparar con algún objeto.
 - *Gestos de acción*: cuando las partes del cuerpo que hacen gestos presentan un patrón de acción similar al que se está hablando.

- *Gestos de descripción figurativa*: cuando el hablante perfila la forma del objeto descrito, es decir, «dibujan» el objeto en el aire.
- *Gestos pragmáticos*: estos gestos, en términos de Kendon (2004), «pueden relacionarse con características del significado» (p. 129).

Desde la perspectiva de Quadros y Giordan (2019), los gestos pragmáticos desde la teoría kendoniana se dividen en:

- *Gestos modales*: cuando el hablante cambia la forma de interpretación de lo que está diciendo. Por ejemplo, cuando enuncia o plantea una hipótesis, afirmación o pregunta, también pueden tener una función intensificadora del habla.
- *Gestos de participación*: cuando el hablante enfatiza su discurso sobre las frases que declara.
- *Gestos performativos*: cuando el hablante hace una especie de petición, una súplica, una invitación que incide en el interlocutor.

Al revisar ambas taxonomías gestuales (McNeill y Kendon), y a la luz del objetivo de esta investigación, se considera que la taxonomía gestual kendoniana permite una mejor comprensión de la función semiótica del gesto en el aula. Cabe señalar que en esta investigación se examinaron, especialmente, los gestos referenciales, los representativos y los gestos modales. Aunque, no podemos desconocer que desde la perspectiva de Kendon también existen los gestos interpersonales.

Niveles de representación del conocimiento en bioquímica

Ahora bien, otra categoría de análisis de esta investigación fue los niveles de representación del conocimiento bioquímico. Es importante mencionar que asumimos la propuesta de Johnstone de los niveles de representación en química para el estudio de los fenómenos bioquímicos. La representación del conocimiento en química puede clasificarse en tres niveles: macroscópico, submicro y simbólico (Johnstone, 1991; Gois y Giordan 2007; Caamaño, 2014). El nivel macroscópico se ocupa de aquellos fenómenos que se pueden apreciar a través de los sentidos, por ejemplo, el análisis de estructuras biológicas, como: el sistema urinario, sistema esquelético o sistema linfático. Por su parte, el nivel submicro hace referencia a la dimensión molecular. Allí se explica un fenómeno bioquímico a escalas atómica y molecular (por ejemplo, reconocer aquellos átomos o moléculas que participan en la fotosíntesis, en el metabolismo de los carbohidratos o en la proteólisis). En este nivel también se hace referencia a los enlaces, a la interacción molecular y a la disposición espacial de las biomoléculas (proteínas, ADN, ARN entre otras).

Finalmente, el nivel simbólico hace uso de símbolos (ATP, ADP, NADH^+ , T°), ecuaciones matemáticas y moleculares, para resumir un fenómeno bioquímico a escala submicro, además integra el lenguaje químico o disciplinar. Para Farré et al., (2014) «este lenguaje disciplinar es el que permite y condiciona la construcción de representaciones mentales de compuestos y reacciones, condición necesaria para el aprendizaje» (p. 15). Por último, si consideramos la multimodalidad desde una perspectiva del lenguaje constitutivo y no solo representativo del conocimiento, es necesario ampliar la noción del nivel simbólico de la triplete de Johnstone a escenarios de interacción entre sujetos que construyen significados sobre fenómenos profundamente enlazados a niveles molar y molecular. De esta forma, nos proponemos aproximar el nivel simbólico de Johnstone al lenguaje multimodal, para comprender la construcción de significados por parte de los sujetos durante los procesos de enseñanza y aprendizaje que vinculan dicho nivel. Así pues, en esta investigación nos propusimos estudiar si el lenguaje oral-gestual empleado por el docente, en relación con los tres niveles de representación, puede contribuir a la construcción de significados de un tema específico de la bioquímica.

METODOLOGÍA

La investigación fue de naturaleza cualitativa y de alcance comprensivo. A partir del análisis de fragmentos de video con alto contenido semiótico, se estudiaron los diferentes tipos de gestos empleados por el docente durante la enseñanza de las características de las sustancias orgánicas polares y no polares; además se construyeron comprensiones entre los diferentes tipos de gestos empleados por el docente con los niveles de representación del conocimiento bioquímico.

Contexto

La recolección de datos se llevó a cabo durante una clase de bioquímica con un grupo de veinte estudiantes de tercer semestre del programa de Ingeniería biomédica de la Universidad Autónoma de Manizales (Colombia). La clase analizada tuvo una duración total de 55:00 minutos, la cual se fraccionó en dos fragmentos con alto contenido semiótico. El primer fragmento comenzó en el minuto 5:48 y duró hasta el minuto 19:16; el tema enseñado por el docente fueron las características de ciertas sustancias polares y apolares a través de diferentes ejemplos y representaciones visuales. El segundo fragmento se inició en el minuto 27:16 y duró hasta el minuto 44:04; donde profundizó en las características polares y apolares de ciertos compuestos orgánicos. Los criterios establecidos para la selección de los fragmentos de la clase analizada fueron: *i*) episodios con alta confluencia de lenguaje gestual-oral, y *ii*) episodios donde la explicación del docente estuviera enfocada en algún tipo de recurso (representaciones visuales) que involucrará el nivel macroscópico, submicro y simbólico.

Técnicas de recolección de datos

La técnica de recolección de datos empleada fue las grabaciones de audio y vídeo de la clase del docente. Para Orellana y Sánchez (2006), esta técnica le posibilita al investigador un acercamiento profundo de los acontecimientos reales tal y como ocurren. Además, permiten observar y revisar la situación de interés varias veces, e incluso de forma fragmentada, enfocándose en los eventos de mayor interés. Para esta investigación, se emplearon dos cámaras sobre un trípode dentro del salón de clase. Una de ellas se ubicó en la parte posterior del salón, con el fin de grabar el plano americano del docente. La otra cámara se ubicó en la parte delantera del salón y estaba dirigida también al docente, con el propósito de captar todos sus movimientos y acciones durante la clase.

Para suministrar mayor validez a la categorización y análisis del lenguaje gestual-oral, se empleó la entrevista semiestructurada, que se realizó al docente después de culminada la investigación. Para Díaz et al., (2013), una de las potencialidades de esta técnica reside en la posibilidad de obtener información más completa, y pretende establecer los significados que los informantes atribuyen a un tema en cuestión. Esta entrevista tuvo como propósito contrastar con el docente si las inferencias realizadas por los investigadores sobre la intención semiótica de sus gestos, y la relación con el nivel macroscópico, submicro y simbólico eran válidas o no. Es importante señalar que el docente observó el vídeo de la clase junto a los investigadores y, durante ese espacio, se le preguntó de manera explícita por la intención o propósito de los gestos que efectuó durante los cuatro conjuntos gestuales que se analizaron. Las repuestas proporcionadas por el docente se grabaron y posteriormente se realiza la transcripción de sus repuestas.

Técnica para el análisis de datos

A través del *software* Nvivo13, y siguiendo una categorización deductiva (Romero, 2005), se categorizó el lenguaje gestual-oral del docente en los fragmentos antes descritos; los cuales a su vez, estaban compuestos por conjuntos gestuales. Los conjuntos gestuales hacen referencia a una combinación de diferentes tipos de gestos que interactuaban con el propósito de contribuir a la expresión y representación de algún aspecto del significado declarado, a la luz de la temática que se estaba explicando. En estos conjuntos se identificaron gestos referenciales, representativos y pragmáticos. Cabe aclarar que no se rastrearon los gestos de manera unitaria o individual; el análisis que se presenta rastreó la combinación de gestos y su contribución a la construcción de significados durante el tránsito del docente por los niveles representacionales estudiados. La tabla 1 presenta los conjuntos gestuales que integraron los dos grandes fragmentos de las clases y los temas que se estudiaron.

Tabla 1.
Conjuntos gestuales

<i>Fragmento 1</i> (Desde el minuto 5:48 hasta los 19:16 minutos)		<i>Fragmento 2</i> (Desde el minuto 27:16 hasta los 45:04 minutos)	
Conjunto gestual 1	Conjunto gestual 2	Conjunto gestual 3	Conjunto gestual 4
5:48-8:32 min	13:48-16:41 min	27:16-38:22 min	39:12-45:04 min
Tema: Mezclando compuestos con agua.	Tema: Solute polar en disolvente polar.	Tema: Moléculas polares y apolares.	Tema: Moléculas anfipáticas, fosfolípidos membrana celular.

Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS

Para comprender las relaciones entre el lenguaje gestual-oral del docente con los tres niveles representacionales se estableció la densidad gestual de la clase a través del *software* Nvivo13 (ver figura 1). La densidad gestual hace referencia a la cantidad de gestos que se codificaron en los dos fragmentos de la clase analizada. Las bandas con mayor sombreado representan una mayor concentración de gestos. Dicha densidad permitió identificar qué tipo de gestos fueron recurrentes y en qué nivel de representación (macroscópico, submicro y simbólico) emergieron con mayor o menor concentración. La figura 1 muestra que en los conjuntos gestuales 1, 2, 3 y 4 los gestos deícticos predominan. El gesto deíctico fue empleado para señalar representaciones moleculares a escala submicroscópica.

Por su parte, los gestos de acción y los gestos de descripción figurativa cumplieron un papel importante en los conjuntos gestuales 2, 3 y 4. Estos gestos forman parte de los gestos representativos, aquellos que tienen como función representar de manera icónica los objetos o enunciados que se declaran. Es importante mencionar que los gestos modales también cumplieron un papel importante dentro de la clase, sobre todo, en los conjuntos gestuales 1, 3 y 4. El cambio de entonación del docente y las pausas realizadas, mostraban el énfasis que hacía en algunos conceptos, que posiblemente eran importantes dentro de la clase.

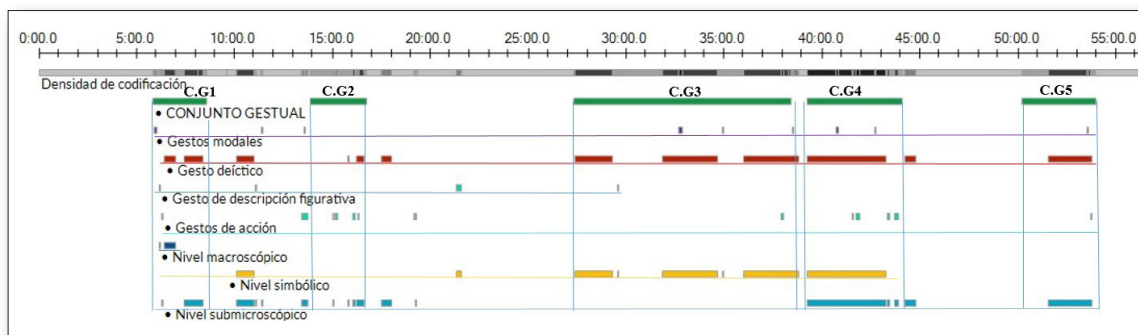


Fig. 1. Densidad gestual.^{1, 2}

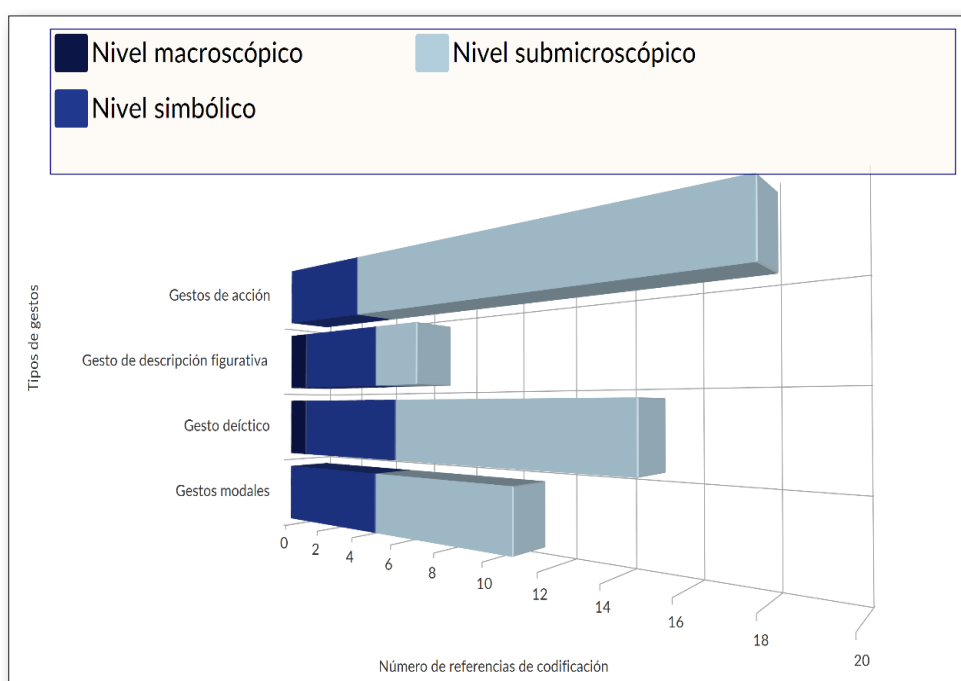


Fig. 2. Relación de gestos y niveles de representación del conocimiento químico.

La figura 2 muestra la relación que se establece entre los gestos más recurrentes del docente y el nivel de representación donde emergen. Es decir, se muestra qué tipos de gestos fueron protagonistas en los niveles macroscópico, submicro y simbólico. Por ejemplo, los gestos de acción (18 en total) tienen una mayor recurrencia en el interior del nivel submicroscópico, nivel en el que se encontraron 14 referencias de este gesto asociadas a dicho nivel (14/18). Los gestos deícticos (15 en total) emergen

1. La sigla C. G especifica los cuatro conjuntos gestuales presentes a lo largo de la clase analizada.
2. La tipología de color presente en la figura 1 se usó para identificar y diferenciar los distintos tipos de gestos que se codificaron a lo largo de los fragmentos analizados. La línea roja hace referencia a los gestos deícticos, la línea turquesa da cuenta de los gestos de acción, la línea azul clara muestra los gestos de descripción figurativa y los gestos modales se evidencian en la línea púrpura. También se muestran otras líneas de color empleadas para identificar la presencia de representaciones visuales asociadas a escalas macroscópica (línea azul oscura), simbólica (la línea amarilla representa) y submicro (línea de color azul cielo).

notoriamente en el nivel submicroscópico (9/15 referencias de este gesto asociadas a este nivel). Por su parte, los gestos de descripción figurativa (4/7 referencias totales) se ubican predominantemente en el nivel simbólico (4 referencias vinculadas a este nivel), y los gestos modales (11 referencias en total) se identificaron con mayor fuerza en el nivel submicroscópico (5/11 referencias conectadas a este nivel).

En síntesis, los gestos de acción presentaron una mayor recurrencia en el interior del nivel submicro, seguidos de los gestos deícticos. Llama la atención este hallazgo, ya que da cuenta de la intención del docente de amplificar el significado contenido en las representaciones de átomos y moléculas que proyectó y usó durante sus explicaciones.

DISCUSIÓN

A continuación, se presenta un análisis comprensivo del uso, intención y función semiótica del lenguaje gestual-oral en relación con los tres niveles de representación durante la enseñanza de la bioquímica. Este análisis se apoya en las declaraciones proporcionadas por el docente en la entrevista semiestructurada que se realizó con el fin de corroborar el propósito de sus propios gestos. Las tablas 2 y 3 ilustran de manera general la categorización realizada.

Fragmento 1 (conjunto gestual 1 y 2). Gestos que amplifican y focalizan la atención sobre la información y significado contenido en las representaciones macroscópicas y submicroscópicas

El docente comienza la clase hablando de la solubilidad, hace énfasis en el agua (H_2O) como una sustancia polar y agrega que normalmente en química las moléculas son clasificadas como «polares y apolares».³ Durante la entrevista, cuando se le pide al docente que explique por qué enfatiza en dichos conceptos de polaridad y apolaridad, responde: **DBGE**⁴ «básicamente, como son dos palabras tan parecidas [...] lo que estaba buscando era generar una diferencia entre esas dos palabras y las sustancias analizadas [...]». Continúa la clase y declara **DBQ**⁵: «recuerden que iónico es que tienen iones cargas (+) y (-)». Entonces, si una molécula tiene cargas, es posible que se pueda disolver en el agua. Enseñada realiza un gesto de descripción figurativa para reforzar su explicación sobre las cargas (figura 3). Al indagar en la intención de este gesto, teniendo en cuenta lo que estaba explicando, plantea **DBGE**: «cuando estoy haciendo la señal de carga positiva y negativa, digamos que quiero llegar más al estudiante a que reconozca que esas cargas iónicas tienen que ver con la solubilidad [...]».

Luego, se dirige hacia la imagen proyectada en el tablero y realiza un gesto deíctico (figura 4) empleado para señalar que **DBQ**: «en química decimos que es una mezcla heterogénea, cuando se visualizan dos fases [...], abajo el agua y arriba una sustancia menos densa [...] pero, para que eso se pueda ver así, tiene que ser que las dos sustancias sean inmiscibles». Al revisar con el docente este gesto, declara que su intención era **DBGE**: «Mostrar que hay dos fases separadas».

3. Las flechas hacia arriba hacen referencia a la entonación ascendente del docente y la barra (/) la pausa corta que hace.

4. **DBQE**, sigla que se empleará para citar fragmentos de lo declarado por el docente durante la entrevista.

5. **DBQ**, sigla que se empleará para citar de manera textual lo declarado por el docente de bioquímica durante la clase.



Fig. 3. Gesto de descripción figurativa para representar las cargas (+) y (-) de los compuestos iónicos.

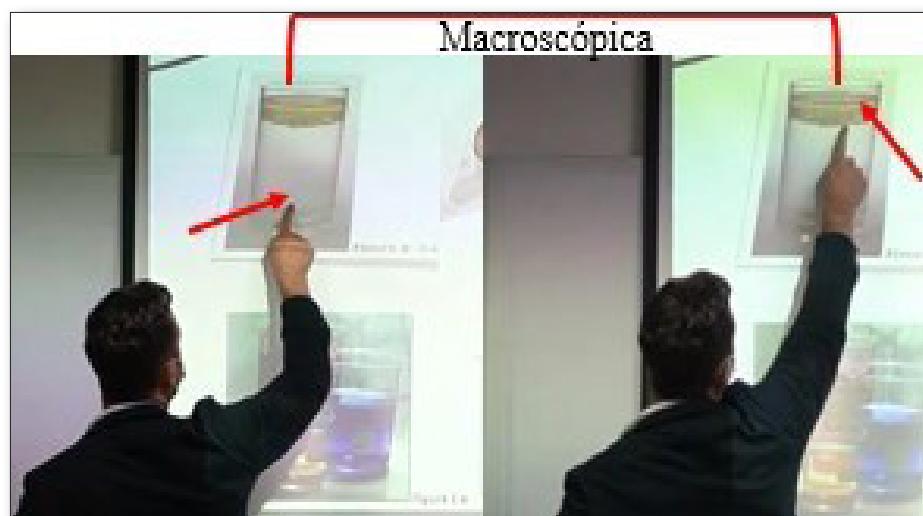


Fig. 4. Gesto deíctico empleado para señalar en la representación macroscópica la fase acuosa y orgánica de la mezcla heterogénea.

Continúa la clase y se enfoca en una representación submicroscópica donde presenta dos *beakers*: i) sal sin disolver y ii) sal disuelta. DBQ: «Aquí hay moléculitas de agua mírelas rojita con blanco, oxígeno rojo hidrógeno blanquita [...]». En este momento emplea un gesto deíctico (figura 5). Luego, emplea otro gesto deíctico para señalar que las moléculas de agua se están mezclando con otra sustancia DBQ: «ustedes lo ven que es en forma de un cristal, un cubo, vamos a suponer [...] que es una sustancia tipo salina».



Fig. 5. Gesto deíctico para focalizar la atención de los estudiantes sobre la representación submicroscópica de la sal sin disolver y la sal disuelta.

Durante la entrevista el docente responde **DBGE**: «[...] estaba hablando de que iba a mezclar y el gesto con la mano es para que ellos vayan asociando precisamente lo que estoy diciendo, las moléculas de agua, las esferas rojas (oxígeno) y las esferas blancas (hidrógeno), van a entrar a una interacción con el cristal». A la luz de lo declarado por el docente, el gesto deíctico tuvo como propósito guiar a los estudiantes en el reconocimiento de las moléculas de agua y de los átomos de oxígeno e hidrógeno que se muestran en la representación. Finaliza esta parte introductoria de la clase realizando un gesto de descripción figurativa (figura 6) **DBQ**: «Entonces se va a empezar a mezclar, entonces yo voy a introducir algo para comenzar a mezclar que obtengo, [...] ven ustedes que las moléculas de agua que están allí ya se involucraron con ese cubito». Cuando el docente visualiza este gesto afirma que su propósito era **DBGE**: «mostrar como los iones se han entremezclado con las moléculas de agua [...], el antes y el después de mezclarse y después, cuando se han mezclado». En síntesis, el docente simula la disolución de la sal en el agua, usando su cuerpo (los dedos) para dibujar en el aire la acción declarada.



Fig. 6. Gesto de descripción figurativa, empleado para representar la disolución de la sal en el agua sobre la representación submicroscópica.

Después de este gesto, continúa explicando qué pasa a escala molecular entre un soluto polar en disolvente polar. Aquí es importante resaltar el cúmulo de gestos deícticos (figura 7) que usa, para explicar a través de una representación la interacción molecular entre los iones sodio y cloro y la molécula de agua. **DBQ**: «entonces los hidrógenos son parcialmente positivos, el oxígeno es parcialmente negativo, entonces, el oxígeno se ve atraído por las cargas positivas de ese catión y en el caso del anión pasa lo contrario, ahora son los positivo que se ven atraídos».

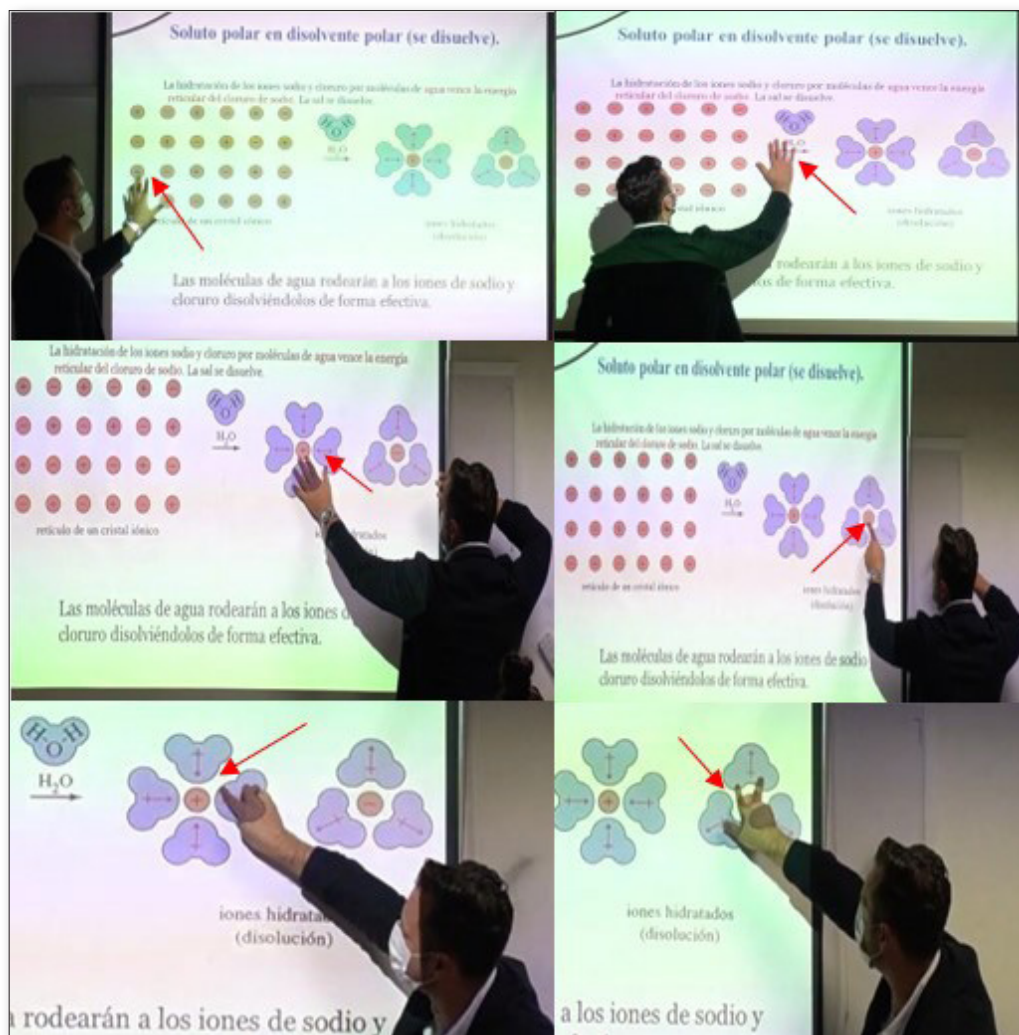


Fig. 7. Cúmulo de gestos deícticos empleados para señalar las cargas parcialmente positivas y parcialmente negativas durante la interacción del agua con el cristal iónico.

En el momento de consultarle al docente por la recurrencia e intención de estos gestos, plantea DBGE: «arranco por ahí con el soluto, para mostrar que es una sustancia cargada (aniones y cationes), entonces ese soluto, cuando interactúe con el agua, rompe la energía reticular [...] por lo tanto la carga positiva de la molécula de agua le está dando la cara a la parte negativa del cristal iónico, y la parte negativa de la molécula de la molécula de agua con la parte positiva del cristal iónico».

En síntesis, durante el primer fragmento de la clase y en los conjuntos gestuales 1 y 2, se puede establecer que los gestos deícticos empleados por el docente tuvieron la función de señalar, resaltar o llamar la atención sobre algún aspecto importante de las representaciones macroscópicas y submicro, proyectadas en el tablero. Para Valenzano et al. (2003), el gesto deíctico permite vincular el discurso oral con el entorno o con algún aspecto concreto, es decir, este gesto amplifica el significado o, en términos de los autores, estos mensajes redundantes permiten captar la atención de los estudiantes.

Asimismo, Dai y Li (2021) señalan que este tipo de gestos pueden llamar la atención de los estudiantes y contribuir a su concentración. Por su parte, Goldin-Meadow (2004) señala que «El gesto transmite un significado global, apoyándose en imágenes visuales y miméticas» (p. 315). En medio de

la entrevista surge una discusión interesante entre el docente y los investigadores sobre el uso consciente de las representaciones a escalas macroscópica y submicro; plantea el docente, DBGE: «esos niveles los estoy explicando, pero no tengo tanta consciencia de ellos, sí, pero no, no los tengo presentes en una clasificación como tal». Al parecer, el tránsito del docente de una representación a otra ofrece indicios sobre su intención de «[...] ayudar a los estudiantes a establecer una conexión entre los niveles» (Abels, 2016, p. 624). Con relación a lo anterior, Grahito (2022) sostiene que los niveles de representación propuestos por Johnstone tienen un efecto importante en el aprendizaje, si se emplean múltiples representaciones que potencien la visualización de un fenómeno en los tres niveles.

Respecto a los conjuntos gestuales, la combinación entre gestos referenciales y representativos contribuyó a la representación del significado contenido en las representaciones macroscópicas y submicro. Los gestos de descripción figurativa, gracias a su naturaleza representativa, simulan a través del cuerpo la acción o el comportamiento de un fenómeno específico. Es por ello por lo que los gestos en términos de Dos Anjos y Serrano (2023), se convierten en «dispositivos externos», puesto que permiten la visualización de ciertas propiedades tridimensionales de los conceptos estudiados. A continuación, se presenta la tabla, la cual condensa: el tiempo, los tipos de gestos su función semiótica, así como el nivel de representación donde emergen en los conjuntos gestuales 1 y 2.

Tabla 2.
Resumen tipos de gestos y nivel de representación

<i>Tiempo (minutos)</i>	<i>Tipo de gesto</i>	<i>Función semiótica</i>	<i>Nivel de representación del conocimiento en bioquímica</i>
C.G1			
05:55 05:57	Modal	Para hacer énfasis en la característica polar del agua.	Macroscópico / emplea una imagen de una mezcla heterogénea.
06:06 06:10	Descripción figurativa	Para representar las cargas + y negativas.	Macroscópico / emplea una imagen de una mezcla heterogénea.
06:24 06:57	Deíctico	Empleado para señalar una mezcla heterogénea (fase polar y apolar)	Submicro / emplea una imagen donde se presenta dos Beakers sal sin disolver y sal disuelta.
08:24 08:27	Acción	Para representa el proceso de homogenización entre la sal y el agua	Submicro / emplea una imagen donde se presenta dos Beaker sal sin disolver y sal disuelta.
C.G2			
13:23 13:43	Acción	Empleado para representar un soluto no polar en un disolvente polar.	Submicro / emplea una imagen que simboliza un compuesto apolar y la estructura molecular agua.
16:12 16:36	Deíctico	Cúmulo de gestos deícticos, empleados para señalar la dirección de los iones y cationes del agua en presencia de iones sodio y cloro.	Submicro / emplea una imagen que representa iones positivos y negativos de una sal y la estructura molecular agua.

Fuente: elaboración propia.

Fragmento 2. Gestos que contribuyen a la interpretación y traducción de la información y del significado contenido en las representaciones simbólicas y moleculares

En este fragmento de la clase, y específicamente en los conjuntos gestuales 3 y 4, el docente explica las características de las biomoléculas polares y apolares, apoyándose en una imagen proyectada en el tablero, la cual contiene diferentes estructuras moleculares. A través de un cúmulo de gestos deícticos (figura 8a) señala la glucosa DBQ: «Uy, miren esa que está allá, ¿se les hace familiar?, miren esa glucosa, mírenla bien [...] ¿ustedes saben qué átomo está acá?». El docente señala que su interés por la glucosa es DBGE: «porque en clases posteriores vamos a hacer referencia a biomoléculas y una de las más importantes es la glucosa [...] y a pesar de que es un compuesto orgánico, rico en carbonos, el hecho de que tenga otros átomos la hace polar».

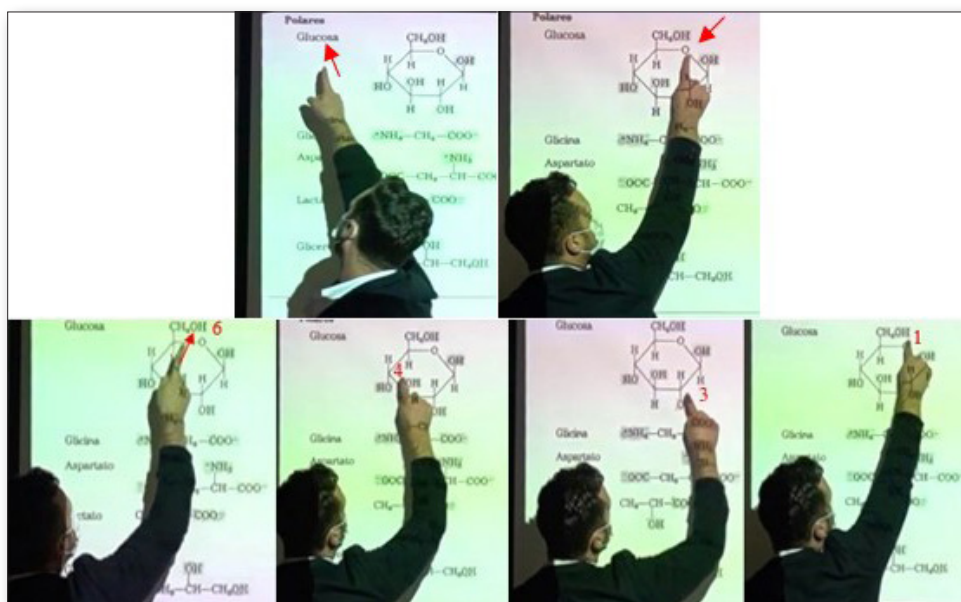


Fig. 8a. Cúmulo de gestos deícticos empleado para contar el número de oxígenos presentes en la representación semidesarrollada de la glucosa.

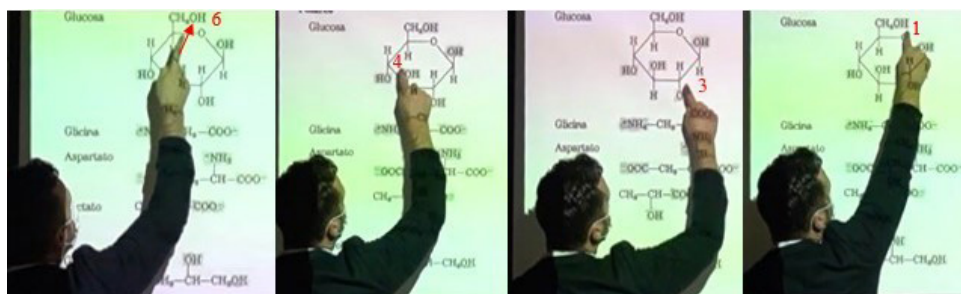


Fig. 8b. Cúmulo de gestos deícticos empleados para contar el número de carbonos presentes en la representación semidesarrollada de la glucosa.

El profesor focaliza la atención de los estudiantes, una y otra vez, sobre la estructura semidesarrollada de la glucosa. Después les pregunta por el átomo que se representa en los vértices (figura 8b) y los estudiantes responden «carbono», DBQ: «¿o sea todas esas esquinas son carbono? ¿Cuántos carbonos

tiene en total?», los estudiantes responden «5». Continúa pidiéndoles que miren muy bien esa glucosa y agrega **DBQ**: «yo vengo diciendo que los compuestos que son de tipo orgánico, o sea, ricos en carbono, no son solubles en agua, pero este tiene algo adicional, tiene átomos de oxígeno. [...], o que le dan polaridad a las moléculas». Pregunta: «¿Cuántos oxígenos le ven?». Los estudiantes responden «6» (figura 8a). **DBQ**: «6». El docente emplea este cúmulo de gestos deícticos para centrar la atención de los estudiantes en la representación molecular y para contar los carbonos y los oxígenos de la molécula. Durante la entrevista se le pide que explique por qué contó los carbonos presentes en la molécula, y responde **DBGE**: «Porque luego vamos a hablar de una regla donde habla que las moléculas tienen átomos polares y átomos no polares, [...], dicha regla está muy basada en el número de carbonos versus el número de oxígenos». Luego se le pregunta al docente que si durante el conteo de los átomos de carbono en la estructura de la glucosa había alguna intención adicional de enseñar a los estudiantes a leer la representación semidesarrollada, a lo que el docente contesta **DBGE**: «En clases anteriores yo ya les había explicado que en los vértices, cuando no hay dibujado un átomo, es un carbono, [...] tenía una intención ahí, y es que si un estudiante me dice hay 6 carbonos, posiblemente se pregunta dónde están, entonces como eso ya me ha sucedido, yo les recuerdo». Realiza un gesto de descripción figurativa (figura 9) el cual es muy potente; puesto que lo emplea con el fin de representar la siguiente regla **DBQ**: «Al parecer siempre que hay un oxígeno por cada 3 carbonos van haciendo soluble a una molécula orgánica, es una regla, es como la tendencia [...]».



Fig. 9. Gesto de descripción figurativa empleado para representar la regla del oxígeno y cómo la presencia de oxígenos en una molécula puede determinar su polaridad.

Cierra su puño izquierdo y con los dedos representa el oxígeno; luego, con el dedo índice de la mano derecha, simboliza los carbonos alrededor del oxígeno. Respecto al objetivo de este gesto, el docente afirma **DBGE**: «Cuando hago el puño estoy representando el átomo de oxígeno y lo que quiero es hacer una relación de 1 a 3».

La clase continúa, pero el docente se enfoca en describir la solubilidad de un compuesto orgánico que tienen una cadena carbonada ramificada. **DBQ**: «Cuando la molécula empieza a volverse como grande, la molécula empieza a tener un extremo apolar y otro extremo polar». Con el fin de subrayar estas dos características de la molécula (extremo polar y apolar), el docente realiza un gesto modal y plantea que lo hace para **DBGE**: «Enfatizar, luego voy mostrando el extremo de la molécula polar y el extremo apolar, estoy tratando de vocalizar muy bien». Luego, a través de un gesto de acción (figura 10), simboliza el alargamiento de la fosfatidilcolina. **DBQ**: «En esta molécula la parte polar comienza

a ser más grande y la molécula se ve alargada y eso hace que tenga extremo apolar y extremo polar [...] soluble en agua una parte y otra no [...] / y a esto se lo conoce como moléculas anfipáticas». En el momento en el que se le pide al docente que justifique tal gesto afirma DBGE: «[...] con ese movimiento estoy mostrando el extremo de allá, enfatizando de nuevo en lo que es polar y apolar, eso era lo que quería con el gesto».



Fig. 10. Gesto de acción alargamiento de la molécula. Refuerza su explicación sobre las características de una molécula anfipática donde hay presencia de un extremo polar y apolar.

Con el fin de conectar sus explicaciones con un fenómeno bioquímico, el docente agrega lo siguiente DBQ: «se ha observado a nivel bioquímico que estas moléculas en agua (las anfipáticas) pueden dar lugar a estructuras que para ustedes son familiares [...] y esas estructuras pueden formar mono capas/ bicapa, / bicapa, / bicapa lipídica ». Este gesto modal llama la atención de los estudiantes sobre un concepto al que se referirá más adelante a través de una representación. Finalmente, el docente enlaza la temática estudiada con una estructura biológica muy importante, la membrana celular, y se concentra en la naturaleza química de los fosfolípidos DBQ: « Los fosfolípidos son moléculas anfipáticas [...] y la membrana tiene la parte polar hacia el exterior y también tiene la parte hidrofílica hacia el interior, porque el citoplasma tiene agua, [...]».

Mientras el docente observaba con los investigadores la clase, y al consultarle por el énfasis que hace en el concepto de fosfolípidos, declara DBGE: «Lo que hago es hacer énfasis en los grupos fosfatos y en la parte lípida, como dividiendo la palabra, para que lo asimilen con polaridad y apolaridad [...]». Reanuda su explicación y, sobre la representación de la bicapalipídica que esta proyecta en el tablero, realiza un gesto de acción (figura 11) para encarnar el agrupamiento hacia adentro de la parte orgánica de la membrana.

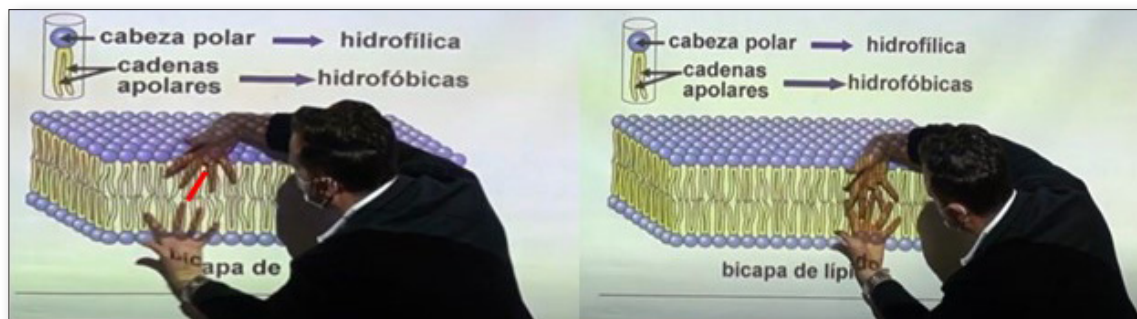


Fig. 11. Gesto de acción sobre la representación de la bicapalipídica. El docente representa la forma en la que se agrupan la parte hidrofóbica de la bicapa.

El docente, responde a los investigadores que el gesto que hizo sobre la representación 3D de la bicapa tenía DBGE: «el propósito de asociar que esas son las cadenas carbonadas que se agrupan o asocian entre sí [...]». En la parte final de la entrevista, el docente, de manera espontánea, agrega que

con dicha representación **DBGE**: «quería mostrar [...] que esas colitas amarillas están representando algo químico que son las cadenas carbonadas. Y la parte azul, estas bolitas [...] es la cabeza polar». En este segundo fragmento de la clase, tanto los gestos deícticos como los gestos de acción y los gestos modales cumplieron una función muy importante: promover la construcción de significado y la comprensión de la información contenida en las diferentes representaciones moleculares vinculadas a los niveles submicro y simbólico.

Hablamos de las escalas submicroscópica y simbólica porque, para entender las representaciones moleculares, se requiere comprender el significado que está contenido en las letras, símbolos y notaciones de las representaciones moleculares. Por ejemplo, en el segundo fragmento de la clase, el docente emplea con mayor recurrencia gestos deícticos para promover en los estudiantes, procesos de traducción y comprensión de la información contenida en las representaciones moleculares semidesarrolladas de la glucosa y de la fosfatidilcolina. Para Padalkar y Hegarty (2012), la competencia representacional es un aspecto fundamental para el aprendizaje de la química orgánica. Asimismo, Kozma y Russell (2005) plantean que esa competencia representacional se entiende como la habilidad para usar de manera consciente una variedad de representaciones para construir significados (Ngo et al., 2022).

A la luz de las acciones y afirmaciones proporcionadas por el docente, se evidencia que el maestro promovió proceso de asignación de significados por parte de los estudiantes, ya que tradujo los símbolos, las convenciones y características de las representaciones moleculares que empleó (Bucat y Mocerino, 2009). Además de lo anterior, Moro y Mortimer (2015) señalan que los gestos asociados a la explicación de una representación o fórmula química en dos o tres dimensiones proveen un tipo de dinamismo a esas representaciones estáticas. Por otra parte, los gestos modales del docente fueron usados para acentuar y resaltar información importante que profiere en el discurso oral, la cual vuelva a remarcar a través de gestos de acción. Si bien para Quadros et al., (2012) el aumento en el tono de voz es un aspecto idiosincrático del docente, vale la pena destacar el papel que cumplieron en el desarrollo de la clase.

Finalmente, y respecto a la movilización constante del docente entre solo dos escalas: la submicro y simbólica a través de los gestos deícticos y de acción, creemos que esto se debe a la naturaleza explicativa asumida por el docente del tema enseñado (Tamayo et al., 2018). Respecto a lo anterior, la intención del docente era potencializar en el estudiante la comprensión del significado contenido en las diferentes representaciones moleculares que empleó. Además, quería enlazar la temática estudiada con fenómenos bioquímicos, y con la naturaleza polar y apolar de ciertas moléculas. A continuación, se presenta la tabla 3, la cual condensa el tiempo, los tipos de gestos su función semiótica y el nivel de representación donde emergen en el interior de los diferentes conjuntos gestuales 3 y 4.

Tabla 3.
Resumen tipos de gestos y nivel de representación.

<i>Tiempo (minutos)</i>	<i>Tipo de gesto</i>	<i>Función semiótica</i>	<i>Nivel de representación del conocimiento en bioquímica</i>
C.G3			
27:21 29:16	Deíctico	Empleado para señalar la molécula de glucosa y para contar el número de carbonos y oxígenos presentes en la molécula.	Submicro y simbólico / emplea un cuadro complementario de moléculas orgánicas polares y apolares.
29:30 29:36	Descripción figurativa	El docente representa el oxígeno con su mano izquierda y con la mano derecha representa que está rodeado de carbono.	Submicro y simbólico / emplea un cuadro complementario de moléculas orgánicas polares y apolares.
38:13 38:15	Acción	Emplea sus manos para representar el alargamiento de la fosfatidilcolina.	Submicro / emplea un cuadro que condensa moléculas orgánicas polares y apolares.

<i>Tiempo (minutos)</i>	<i>Tipo de gesto</i>	<i>Función semiótica</i>	<i>Nivel de representación del conocimiento en bioquímica</i>
C.G4			
39:47 39:49	Modal	Aumento del tono «Bicapa, bicapa, bicapa lipídica»	Lenguaje escrito.
43:13 45:04	Acción	Con sus manos esquematiza la agrupación de la parte orgánica de las cadenas apolares en la bicapa de lípidos.	Submicro / emplea una imagen 3D de la membrana plasmática.

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

Esta investigación tuvo como objetivo analizar la relación entre el lenguaje gestual-oral de un docente y la construcción de significados en relación con los tres niveles de representación del conocimiento durante la enseñanza de la bioquímica. En este sentido, se pudo establecer que los gestos de acción y los gestos deícticos, fueron los más empleados por el docente a lo largo de la clase. Los gestos de acción y de descripción figurativa, presentes en su mayoría en la escala submicro, contribuyeron a materializar conceptos abstractos (Goldin-Meadow, 2011), aspecto que se considera sumamente importante, puesto que el docente no se restringe a la dimensión referencial del significado. La función semiótica de los gestos deícticos fue la de focalizar, señalar, y centrar la atención y concentración de los estudiantes (Goldin-Meadow, 2014). Estos gestos están asociados principalmente a los niveles submicro y simbólico, esto se debe, a que las representaciones moleculares y representaciones que empleó el docente se relacionan con estos niveles. Por su parte, los gestos modales cumplieron una función pragmática (Kendon, 2004), ya que le permitieron al docente enfatizar ciertos conceptos asociados al nivel submicroscópico.

Consideramos que los hallazgos de esta investigación contribuyen a comprender por qué la naturaleza transitoria y visoespacial del lenguaje gestual-oral promueve los procesos de enseñanza de la bioquímica. No obstante, se debe profundizar en el estudio del impacto de los gestos del docente en los procesos de aprendizaje, donde la interacción comunicativa entre el docente y los estudiantes puede acercarnos a los procesos de negociación, aclaración y expresión de significados.

Sin embargo, y siguiendo a Randa et al. (2024), no existe una forma correcta de representar los conceptos científicos dentro de un entorno de clase. Aunque existen taxonomías gestuales, es preciso seguir estudiando las diferentes formas en que los conceptos científicos se simbolizan en diferentes disciplinas como la bioquímica. Una posibilidad para futuras investigaciones sería revisar y analizar con los estudiantes y con los docentes, los gestos que realizan durante la explicación de algunos conceptos científicos, con el fin de poder identificar con claridad la función semiótica de tales gestos. La regulación gestual podría convertirse en una línea de investigación muy potente que permitiría explorar de qué manera la especialización de los gestos se convierte en un indicador de aprendizaje.

AGRADECIMIENTOS

El presente artículo es producto de una investigación financiada por la Vicerrectoría de Investigación y Posgrados de la Universidad de Caldas. Se deriva del proyecto de investigación «Lenguaje gestual y la construcción de significados a nivel representacional en química orgánica», del Grupo de investigación: Cognición y Educación de la Universidad de Caldas. Especial agradecimiento a la Universidad Autónoma de Manizales y a los estudiantes del programa de Ingeniería Biomédica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abels, S. (2016). The role of gestures in a teacher–student-discourse about atoms. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(3), 618-628. <https://doi.org/10.1039/C6RP00026F>
- Bucat, B., & Mocerino, M. (2009). Learning at the sub-micro level: Structural representations. In *Multiple representations in chemical education* (pp. 11-29). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8_2
- Caamaño, A. R. (2014). La estructura conceptual de la química: realidad, conceptos y representaciones simbólicas. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (78), 7-20. https://www.researchgate.net/publication/280382987_La_estructura_conceptual_de_la_quimica_realidad_conceptos_y_representaciones_simbolicas
- de Quadros, A. L., & Giordan, M. (2019). Rotas de transição modal e o ensino de representações envolvidas no modelo cinético molecular. *Investigações em Ensino de Ciências*, 24(3), pp-74-100. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2019v24n3p74>
- Dai, W., & Li, Y. (2021). Investing the Effects of Teachers' Gestures in Class. In *2021 International Conference on Modern Educational Technology and Social Sciences (ICMETSS 2021)* (pp. 222-226). Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.210824.049>
- Dos Anjos, S. F., & Serrano, A. N. (2023). Gestures in the teaching and learning process: a systematic literature review. *Educação em Revista*, 39. <https://doi.org/10.1590/0102-469839705T>
- Díaz-Bravo, L., Torruco-García, U., Martínez-Hernández, M., & Varela-Ruiz, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación en educación médica*, 2(7), 162-167. [10.1016/S2007-5057\(13\)72706-6](https://doi.org/10.1016/S2007-5057(13)72706-6)
- Farré, A. S., Zugbi, S., & Lorenzo, M. G. (2014). El significado de las fórmulas químicas para estudiantes universitarios. El lenguaje químico como instrumento para la construcción de conocimiento. *Educación química*, 25(1), 14-20. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2014000100003
- Goldin-Meadow, S. (2004). Gesture's role in the learning process. *Theory into practice*, 43(4), 314-321. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4304_10
- Goldin-Meadow, S. (2011). Learning through gesture. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 2(6), 595-607. <https://doi.org/10.1002/wcs.132>
- Goldin-Meadow, S. (2014). How gesture works to change our minds. *Trends in neuroscience and education*, 3(1), 4-6. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2014.01.002>
- Gois, J., & Giordan, M. (2007). Semiótica na química: a teoria dos signos de Peirce para compreender a representação. *Química Nova na Escola, Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola* (7), 34-42. <https://repositorio.usp.br/item/001638576>
- Grahito, A. W. (2022). Johnstone's levels of representation in science learning. *SPEKTRA: Journal Kajian Pembelajaran Sains*, 8(1), 19-26. <https://doi.org/10.32699/spektra.v8i1.224>
- Halliday, M. A. K. (1982). *El lenguaje como semiótica*. México: Fondo de cultura económico. <https://www.fondodeculturaeconomica.com/Ficha/9789681608309/F>
- 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>
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of computer assisted learning*, 7(2), 75-83. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230>
- Kress, G., Jewitt, C., Ogborn, J., & Tsatsarelis, C. (2001). *Multimodal teaching and learning: The rhetorics of the science classroom*. https://www.academia.edu/27773901/Multimodal_Teaching_and_Learning_The_Rhetorics_of_the_Science_Classroom

- Kendon, A. (2004). *Gesture: Visible action as utterance*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511807572>
- Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students becoming chemists: developing representational competence. In John K. Gilbert (ed.), *Visualization in Science Education*, 121-146. Springer. Printed in the Netherlands. https://doi.org/10.1007/1-4020-3613-2_8
- McNeill, D. (1992). *Hand and mind: What gestures reveal about thought*. University of Chicago press. <https://press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/H/bo3641188.html>
- Mortimer, E. F., & Quadros, A. L. (2012) *Multimodalidade no Ensino Superior*. Editora Unijuí. <https://repositorio.usp.br/item/001638576>
- Márquez, C., Espinet Blanch, M., Izquierdo i Aymerich, M., & 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>
- Moro, L., Mortimer, E. F., Quadros, A. L., Coutinho, F. Â., Silva, P. S., Pereira, R. R., & 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_modosemiotico_na_gesticulacao_de_uma_professora_de_Quimica
- Ngo, T., Unsworth, L., & Herrington, M. (2022). Teacher Orchestration of Language and Gesture in Explaining Science Concepts in Images. *Research in Science Education*, 52(3), 1013-1030. <https://doi.org/10.1007/s11165-021-10011-z>
- Orellana, L. D. M., & Sánchez, G. M. C. (2006). Técnicas de recolección de datos en entornos virtuales más usadas en la investigación cualitativa. *Revista de investigación educativa*, 24(1), 205-222. <https://revistas.um.es/rie/article/view/97661/93701>
- Patron, E., Wernholm, M., Danielsson, K., Palmér, H., & Ebbelind, A. (2024). An Exploration of How Multimodally Designed Teaching and the Creation of Digital Animations can Contribute to Six-Year-Olds' Meaning Making in Chemistry. *Education Sciences*, 14(1), 79. <https://doi.org/10.3390/educsci14010079>
- Piccinini, C., & Martins, I. (2004). Comunicação multimodal na sala de aula de ciências: construindo sentidos com palavras e gestos. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 6(1), 1-14. <https://doi.org/10.1590/1983-21172004060103>
- Padalkar, S., & Hegarty, M. (2012). Improving Representational Competence in Chemistry with Model-Base Feedback. *Proceeding of Cogsci 2012: 34Th Annual Conference of the cognitive Science*, pp. 2162-2167. <https://escholarship.org/uc/item/79v664t7>
- Quadros, A. L., Silva, A., Martins, D., Sá, E., Moro, L., Silva, P.,... & Mortimer, E. (2012). Interações multimodais em aulas de química do ensino superior. *Encontro nacional de ensino de química (ENEQ)*, 16, 1-12. <https://periodicos.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/view/8069/5820>
- 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. M., & Lawless, D. (2002). Scientific investigations, metaphorical gestures, and the emergence of abstract scientific concepts. *Learning and instruction*, 12(3), 285-304. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00023-8](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00023-8)
- Romero, C. C. (2005). La categorización un aspecto crucial en la investigación cualitativa. *Revista de investigaciones Ciesmag*, 11(11), 113-118. <https://www.semanticscholar.org/paper/LA-CATEGORIZACI%C3%93N-UN-ASPECTO-CRUCIAL-EN-LA-Chaves/c5b95ef0d202839e1ffaa070670dc517b8000b22>

- Randa, L., Wang, S., Poolos, Z., Figueroa, V., Bridgeman, A., Bussey, T., & Sung, R. J. (2024). Exploring Undergraduate Biochemistry Students' Gesture Production Through an Embodied Framework. *CBE—Life Sciences Education*, 23(2). <https://doi.org/10.1187/cbe.23-06-0106>
- Tamayo, O. A. T., Orrego, M. C., & Dávila, A. R. (2014). Modelos explicativos de estudiantes acerca del concepto de respiración. *Bio-grafia*, 7(13), 129-145. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.7num.13bio-grafia129.145>
- Tamayo, O. A., Cadavid, V., & Davila, V. (2018) *Múltiples lenguajes empleados en la enseñanza de las ciencias*. Manizales, Colombia: Editorial Universidad de Caldas. <https://www-digitaliapublishing-com.biblioproxy.umanizales.edu.co/viewepub/?id=60637>
- Valenzeno, L., Alibali, M. W., & 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)

Analysis of Oral-Gestural Language in the Biochemistry Classroom

Valentina Cadavid Alzate
Universidad Autónoma de Manizales, Caldas,
Colombia
valentinac@autonoma.edu.co
ORCID:

Marcelo Giordan
Universidade de São Paulo, Brasil
giordan@usp.br
ORCID:

Carlos Alberto Marín Londoño
Secretaría de Educación de Manizales,
Institución educativa Perpetuo Socorro, Caldas, Colombia
carlosmarinlon@gmail.com
ORCID:

Oscar Eugenio Tamayo Alzate
Universidad de Caldas, Caldas, Colombia
oscar.tamayo@ucaldas.edu.co
ORCID:

Every teaching and learning process is mediated by communicative events in which language allows the representation of meanings. The main purpose of this research was to analyze the relationship between a teacher's gestural and oral language and the construction of meanings within the three levels of representation while teaching of the characteristics of polar and nonpolar organic substances in a biochemistry class. The research was qualitative and comprehensive. Data collection took place during a biochemistry class at a private university in Manizales (Colombia). The analyzed class lasted 55 minutes and was divided into two fragments. Regarding the main findings and conclusions, action gestures and figurative description gestures, mostly present at the submicroscopic level, contributed to materializing abstract concepts (Goldin-Meadow, 2011), an aspect considered to be extremely important, for the teacher is not restricted to the referential dimension of meaning. The semiotic function of deictic gestures was to focus, signal, and center the students' attention and concentration (Goldin-Meadow, 2014). These gestures are associated with the submicroscopic and symbolic level, as the molecular and symbolic representations used by the teacher relate to these levels. Modal gestures served a pragmatic function (Kendon, 2004), allowing the teacher to emphasize certain concepts associated with the submicroscopic level. In conclusion, we believe that the findings of this research contribute to understanding why the transient and visuospatial nature of oral-gestural language promotes biochemistry teaching processes.

