

# Argumentación multimodal en la enseñanza de la fisicoquímica. Controversia sobre el uso de protectores solares nanoparticulados

Multimodal argumentation in the teaching of chemical physics. Controversy over the use of nanoparticulate sunscreens

Héctor Pedrol<sup>1\*</sup>, Franco Ortíz<sup>1</sup>, Adriana Calderaro<sup>1</sup>, Lucía Iuliani<sup>1</sup> y Andrea Avena<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de San Martín, Martín de Irigoyen 3100, CP 1650. Buenos Aires, Argentina.

\*E-mail: [hpedrol@unsam.edu.ar](mailto:hpedrol@unsam.edu.ar)

Recibido el 30 de agosto de 2020 | Aceptado el 13 de noviembre de 2020

## Resumen

El objetivo del trabajo es reconocer los elementos del discurso multimodal en las clases y en los aprendizajes durante la formación de alumnos de tercer año de la escuela secundaria. La metodología es descriptivo-interpretativa. Se aplicó una secuencia didáctica con las controversias sobre la acción de los protectores nanoparticulados y sus efectos sobre el ambiente. Los datos se obtuvieron a partir de las filmaciones de clases, entrevistas, *WhatsApp* y producciones de los alumnos. Se realizó análisis de contenido sobre los datos. Como resultado identificamos la cooperación entre medios comunicacionales digitales y tradicionales. Se logró un desarrollo de diseños experimentales en forma conjunta con los alumnos, a través del cual se construyeron algunas de las evidencias utilizadas en los argumentos. También tramas semióticas gestuales corporales y orales que cooperan o se especializan en los diferentes segmentos de significatividad identificados. Los medios digitales generan el aula extendida. Como aprendizajes, se produjeron argumentos científicamente válidos.

**Palabras clave:** Discurso Multimodal; Argumentación científica escolar; Controversias sociocientíficas; Trabajos de laboratorio; Nanopartículas.

## Abstract

The objective is to recognize the elements of multimodal discourse in the classes and in the learning during the training of third year high school students. The methodology is descriptive-interpretive. A didactic sequence was applied with the controversies on the action of nanoparticulate protectors and their effects on the environment. The data was obtained from the filming of classes, interviews, *WhatsApp* and student productions. Content analysis was performed on the data. As a result, we identified the cooperation between digital and traditional communication media. A development of experimental designs was achieved jointly with the students, through which some of the evidence used in the arguments was constructed. Also gestural and oral gestural semiotic plots that cooperate or specialize in the different segments of significance identified. Digital media generate the extended classroom. Scientifically valid arguments were produced as learnings.

**Keywords:** Multimodal speech; School scientific argumentation; Socio-scientific controversy; Teaching of experimental sciences; Nanoparticles.

## I. INTRODUCCIÓN

En el campo de la didáctica de la ciencia se ha desarrollado un interés sobre la comunicación multimodal en el ambiente didáctico del aula tanto presencial como virtual. En las clases de ciencias se construyen significados a través de la orquestación discursiva que interviene en el proceso de argumentación científica.

Esto permite hacer un análisis integral de los lenguajes y modos semióticos que constituyen la interacción discursiva (Kress y van Leeuwen, 2001; Lemke, 1997; Jewitt, 2013). El repertorio de medios y modos de comunicación es cada vez más amplio, posibilitando la integración de diversas redes sociales y multimodos semióticos.

En el presente trabajo se aplica una secuencia didáctica en la que se trata la controversia sociocientífica sobre la acción de los protectores nanoparticulados y sus efectos sobre el ambiente. Se propone reconocer los elementos del discurso multimodal y cómo estos aportan a la construcción de argumentos científicos escolares, en la formación de alumnos de fisicoquímica de tercer año de una escuela secundaria de la provincia de Buenos Aires.

## II. MARCO TEÓRICO

### A. El discurso multimodal en la enseñanza de las ciencias

En el campo de la didáctica de la ciencia surge interés por explorar el papel que juegan los distintos recursos multimodales y las interacciones que se dan entre ellos. Estudiar el discurso considerando la multimodalidad facilita la realización de un análisis de los lenguajes y artefactos semióticos que están inmersos en una relación de interacción multimodal (Jewitt, 2013). En el mismo sentido Villada Salazar y Ruiz Ortega (2018) sostienen que la posibilidad de estudiar el discurso desde la perspectiva multimodal nos introduce en el estudio de la semiótica dado que, en la construcción del discurso del docente en la clase, este utiliza múltiples lenguajes que le permiten generar nuevos significados y expresarlos con la elocuencia necesaria para que los alumnos puedan vincularse significativamente con los conceptos. Desde la semiótica social, los significados, así como los recursos utilizados en los discursos responden a las necesidades de representación y comunicación de las comunidades que los utilizan (Halliday, 1982), y están asociados a sus prácticas sociales (van Leeuwen, 2005; Bezemer y Kress, 2010). Otros autores como Unsworth (2001) y O'Halloran (2012) sostienen que la investigación en este campo ha incorporado, además de sostener el lenguaje oral, distintos modos semióticos en el discurso científico del aula. Las ciencias han construido a lo largo de su desarrollo como disciplinas una cantidad de artefactos semióticos y productos multimodales, como pueden ser gestos, textos con esquemas e imágenes, gráficos, fórmulas, algoritmos, lenguaje matemático, imágenes construidas por computadoras, por satélites, por microscopios electrónicos, de barrido, entre otros (Kress y van Leeuwen, 2001).

Los recursos utilizados para generar significados usados regularmente por los grupos sociales en sus prácticas (como por ejemplo los científicos) van estabilizando sus potenciales para la semiosis, formando parte de lo convencional entre los usuarios de la comunidad. Esto pone en relieve que, para aprender una ciencia y aplicarla en la vida cotidiana, es necesario introducirse en el aprendizaje de las formas gramaticales que se encuentran incluidas en los artefactos semióticos que se utilizan en el discurso científico. Durante la construcción de los conceptos, definiciones y enunciados de la ciencia se desarrollan simultáneamente los artefactos semióticos que los representan, constituyéndose así en un único proceso discursivo (Unsworth, 2001). Consideramos que en la comunicación durante el proceso de enseñanza y aprendizaje es importante incluir la multimodalidad como variable de análisis del discurso del profesor. Esta mirada permite ir un paso más allá de la oralidad en las posibilidades de análisis. La existencia de diferentes lenguajes y artefactos semióticos que interactúan entre sí en la elaboración de significados, objetos de aprendizajes, permiten contemplar un uso deliberado de otros modos semióticos, que probablemente mejoran la calidad de la argumentación científica escolar. Los significados de las ideas de la ciencia se desarrollan en el aula utilizando el diálogo, los diagramas, los gráficos de doble entrada, las tablas, las fórmulas y algoritmos y los trabajos realizados en el laboratorio (Manghi y Cordova, 2011). La orquestación semiótica se produce cuando se diseña una configuración semiótica compuesta por uno o varios modos de significar. Es el tejido o entrelazamiento de modos desde el cual emerge el significado multimodal (Kress y van Leeuwen, 2001) que constituye una trama semiótica. La creación de significado o semiosis se produce de manera orquestada entre todas las acciones generadas en un ambiente didáctico (Pedrol, Drewes, Tricárico y Calderaro, 2015) donde interactúan todos los artefactos semióticos diseñados a tal fin. Este ambiente didáctico se extiende como un continuo al espacio virtual del *WhatsApp* (WA) donde operan modos semióticos que pueden ser cooperativos o especializados. Se considera que la relación es de *cooperación* cuando los modos comunican el mismo significado o hacen la misma función; por el contrario, es de *especialización* cuando cada modo enriquece, de distinta manera, el significado del concepto o fenómeno abordado (Kress *et al.*, 2001, citados en Ruiz Ortega y Ocampo Cardona, 2019, p. 63).

En el aula coexisten dos contextos situacionales o de registro (Halliday, 1982). Uno es el del sentido común y el otro el de la ciencia. Los alumnos aprenden cuando pueden hacer referencias situadas. Esto implica el conocimiento de cómo se “habla” en cada uno de ellos (Lemke, 1997), conocer las reglas del contexto de la ciencia escolar es una de las metas de la enseñanza de las ciencias. En el discurso del profesor hay tramas semióticas que se repiten con mayor frecuencia que otras y es factible que los alumnos reproduzcan estas redes semióticas en su discurso argumentativo. Que los alumnos reformulen la trama, transformándola en propia, evidencia su protagonismo en el proceso de aprendizaje (Tabensky, 2004).

## B. Segmentos de significatividad

En este estudio se determinaron *segmentos de significatividad*, concepto basado en el de *segmentos de interactividad* “expresión acuñada para designar la articulación de las actividades del profesor y de los alumnos en torno a un contenido o una tarea de aprendizaje” (Coll, Colomina, Onrubia y Rochera, 1992). En este caso se reemplazó la idea de interactividad, que se considera parte del contexto situacional, por la de significatividad. Se busca en la indagación establecer los segmentos o tramos de la clase en los cuales se alinean los modos semióticos para lograr que los alumnos puedan otorgar un significado a los conceptos debatidos. Entonces, un segmento de significatividad es una unidad discursiva en la que se orquestan los modos semióticos y lingüísticos en pos de producir un significado sobre un concepto determinado incluido en dicha secuencia didáctica basada en una controversia sociocientífica (CSC), vinculada con la acción de los protectores nanoparticulados y sus efectos sobre el ambiente. Los artefactos semióticos orquestados en un enfoque multimodal (Kress y van Leeuwen, 2001; Bezemer y Kress, 2010) donde concurren gestos, movimientos del cuerpo, textos con esquemas e imágenes, entre otros muchos posibles, pueden poseer el mismo status que el recurso lingüístico o en ocasiones mayor (Manghi y Cordova, 2011).

Nos interesa el hecho de la incorporación de significados en el discurso de los alumnos. Durante la interacción discursiva, el alumno puede repetir la trama del profesor (o parte de ella) o incluso reformularla introduciendo modificaciones que forman parte de su proceso de argumentación. Los segmentos de significatividad contienen un concepto central de la secuencia didáctica en torno al cual se identifica una trama semiótica que aporta a la construcción de un significado del modelo científico. Este contenido se desarrolla y analiza en la secuencia didáctica y toma envergadura a medida que se incluyen artefactos semióticos que aportan a su construcción. Esto implica un tiempo de desarrollo del segmento de significatividad que se inicia cuando surge un núcleo temático y finaliza cuando el significado se incorpora al discurso de la clase. Por lo tanto, un determinado segmento tiene una frecuencia propia que aporta a la resolución de la controversia sociocientífica.

## C. Discurso científico

El discurso de la ciencia es muy complejo para los alumnos de la escuela secundaria, dado su alto grado de abstracción y también por la amplia gama de artefactos semióticos necesarios para la representación de los modelos de la ciencia (Lemke, 1998; Halliday y Martin, 1993). La intervención del profesor es determinante en el aprendizaje de los alumnos de los contenidos y formas de razonar, representar y comunicar de la ciencia (Márquez, Izquierdo y Espinet, 2003). Un aspecto destacable de la ciencia es su carácter provisional, como así también desarrollar nuevas ideas que permitan la generación de nuevos modelos con mayor competencia explicativa. Es por estas características que la ciencia crea su lenguaje, que acompaña a las nuevas ideas. En forma similar a lo que ocurre con la terminología, se produce con los modos de representación del conocimiento los cuales pueden cambiar hacia tramas de un mayor potencial semiótico (Kress y van Leeuwen, 1996; Lemke, 1998). El conocimiento científico y su discurso se diferencia del discurso de la enseñanza de la fisicoquímica o discurso pedagógico según Bernstein (2000), porque crea una nueva interpretación del discurso primario (científico) de la especialidad (fisisicoquímica) dando origen a un discurso propio de la ciencia escolar (pedagógico) a cargo de los profesores. Más ampliamente y desde el enfoque de Latour (2008), los docentes no reproducen textualmente, sino que recrean las redes semánticas y semióticas dándole un impulso propio desde la comunidad de profesores. Estos recontextualizan el discurso de la ciencia para que los alumnos aprendan. Según Lomas (2001), la posibilidad del aprendizaje se basa en la relación entre los conceptos cotidianos de las personas y conceptos propios de la ciencia, entre el lenguaje vulgar y el específico; y la factibilidad de desplazarse a lo largo de este eje es lo que marca la diferencia entre un alumno que se está alfabetizando científicamente y otro que no lo logra.

## D. WhatsApp

Actualmente, los grupos de *WhatsApp* (GWA) corresponden al conjunto de los nuevos medios tecnológicos a través de los cuales los estudiantes se comunican y se expresan con un lenguaje de diseño específico que se torna natural

para ellos (Small y Vorgan, 2009). Estos medios son empleados en las clases de ciencias y cooperan con el desarrollo de las diferentes actividades de la secuencia de clases.

Para Blanch, Betancort y Martínez (2016), la interacción con *emojis* (emoticonos) permite la trasmisión de ideas, sentimientos, redundar o enfatizar contenidos y actuar como correctores o atenuadores de ciertas deficiencias. Sin la recurrencia del uso de palabras, englobaron la aprobación, acompañamiento y apropiación del desarrollo experimental, como así también de las pautas establecidas recordando la finalidad con la cual fuera creado el grupo de intercambio. López Neira (2009) afirma que el empleo de *emojis* es múltiple y varía según el uso y la intención que puedan tener en las conversaciones, aunque no resulta fácil determinar el uso ni la intención dada porque difiere del tipo de conversación y del contexto situacional enmarcado en el contexto cultural.

La comunicación síncrona se encuentra potenciada con la aparición de las nuevas tecnologías. La comunicación asíncrona involucra procesos de intercambio de sentido donde la interacción no es en tiempo real. El WA como medio facilita el encuentro interpersonal, sin que el lugar y el horario de los que se comunican sea una limitación importante (Inciarte, 2004). Esta característica define un *ambiente virtual* de trabajo que va más allá del *ambiente didáctico* presencial (Pedrol *et al.*, 2015), que posee la potencia de cooperar con este y, a la vez, puede especializarse permitiendo la construcción de nuevos significados, utilizando su propia trama de artefactos semióticos. Para lograr una participación eficiente en el WA es necesario dominar alguna de las competencias lingüísticas. Blanch *et al.* (2016) distinguen tres destrezas necesarias para la comunicación a través de medios como este: la comprensión del contenido de los medios; la evaluación crítica de los enunciados y evidencias, que hace necesaria la facultad para discernir su veracidad; y el acceso eficaz a la información y producción de mensajes, que incluye la capacidad del uso de las TIC y el empleo del lenguaje propio.

Los textos que se utilizan son normalmente cortos, directos y de estructura gramatical sencilla. La escritura iconográfica o mediante símbolos o imágenes tiene la capacidad de generar emociones en forma inmediata, estableciendo una eficacia mayor que las palabras. La escritura se hace iconográfica, que es un tipo de escritura simbólica más propia del lenguaje no verbal. El valor de la imagen es su capacidad para transmitir una información que no puede codificarse de otra forma, por eso, se utilizan con frecuencia, cuando se quieren expresar sentimientos o ideas de forma inmediata. El uso de *emojis* dentro del mensaje, la repetición de los mismos exclusivamente, el empleo de imágenes o de audios y el uso de videos como parte de la conversación, son los modos más utilizados. Más recientemente, algunos estudios lingüísticos propusieron que los *emojis* podrían tener una función pragmática en la comunicación en medios como el WA, y no funcionarían solo como marcadores emocionales.

En la secuencia didáctica aplicada en esta investigación se incluyó un GWA que adquirió características particulares en cuanto a la forma en que el profesor diseñó la arquitectura discursiva cuya finalidad era evitar que se desvirtúe el sentido comunicativo del mismo, mediante el empleo de un lenguaje escrito (LE) con vocabulario ameno pero formal, con la utilización de signos de puntuación y de mayúsculas como recurso ortográfico (RO) para transmitir mensajes, y el uso de *emojis* (EM) en la valoración, acompañamiento y aprobación o no de la tarea. De esta manera, se lograron superarlos cuando la intención apunta a justificar una mejora de la experimentación propuesta o para ofrecer una explicación frente a la indagación en determinados temas controversiales. Favoreció una arquitectura del grupo, con fuerte presencia de la multimodalidad. Este espacio fue pensado para propiciar la participación principalmente de los estudiantes. La participación del profesor cumplió el rol de regulador del discurso y de la realización de aportes puntuales para el desarrollo de las actividades de la secuencia didáctica.

La comunicación e información suministrada a través del GWA, cobró notoriedad bajo la influencia de los *emojis* que tornaron el intercambio más expresivo, aunque informal, dado el significado interpretativo que proyecta cada uno desde el valor particular que cada miembro del logro atribuirle desde el contexto situacional de la conversación.

## E. La argumentación multimodal

En la construcción de los argumentos científicos es de suma importancia el dominio de los modelos científicos y también la consideración de las evidencias en la justificación. El desarrollo de diseños experimentales en forma conjunta con los alumnos permite la obtención de evidencias centrales utilizadas en los argumentos. Si bien estas dos variables son relevantes, es de similar importancia reconocer, por parte de los profesores, la variedad semiótica necesaria para lograr argumentaciones más acabadas y. La argumentación multimodal ubicada en el campo de la didáctica de las ciencias, da respuesta a una serie de situaciones en este campo de conocimiento. Según Villada Salazar y Ruiz Ortega (2018) la argumentación multimodal en el discurso argumentativo hace referencia al uso de múltiples lenguajes y reúne los aportes específicos de los estudios del lenguaje y modos semióticos que favorecen el aprendizaje.

### III. METODOLOGÍA

#### A. Objetivos

Este trabajo se propone:

Explorar los múltiples modos de comunicación que utiliza el docente más allá del lenguaje verbal (escrito-oral), por ejemplo, gestual, visual, gráfico, tecnológico, entre otros, además de los sistemas de signos o recursos semióticos.

Conocer cómo influye el uso de una trama multimodal de artefactos semióticos articulados por el docente en el ambiente didáctico –presencial como virtual- en la construcción de argumentos científicos escolares.

Describir las potencialidades para crear significado de los medios y modos semióticos utilizados por el docente en el aula, para desarrollar un proceso de argumentación científica escolar, con base en los segmentos de significatividad que construyen, tanto de manera cooperativa como de especialización en referencia al mismo.

#### B. Obtención de datos

La presente es una investigación principalmente cualitativa en la que no hay separación entre la recolección de datos y su análisis. El análisis comenzó en el campo y continuó con entrevistas no estructuradas al docente. De manera recurrente se observaron las filmaciones de clases y se realizaron consultas al docente. Además, los datos se conformaron con los registros del ambiente virtual de WA empleado, como se mencionó, con el fin de expandir el aula, extendiendo el contacto con el grupo más allá de los momentos presenciales.

Estos insumos fueron transcritos y analizados, a fin de describir de manera cuantitativa y cualitativa las intervenciones del docente en cuanto al proceso comunicativo desarrollado, tanto en el ambiente didáctico presencial como en el ambiente virtual, desde la perspectiva del análisis del discurso multimodal, en concordancia con los objetivos de este trabajo. Este último implicó la puesta en marcha de una secuencia didáctica planificada para ser implementada en un tercer año de la escuela secundaria (estudiantes de 14-15 años de edad aproximadamente) en la materia fisicoquímica. Se decidió el planteamiento de una CSC dado que las mismas son cuestiones controvertidas a nivel social que tienen relación directa con la ciencia. Son problemas abiertos que no tienen una única solución o respuesta, sino que son objeto de múltiples soluciones. Se trata de problemas socialmente relevantes, la mayoría con implicaciones éticas, como por ejemplo los problemas ambientales, la gestión de recursos naturales o el uso de la energía. En esta oportunidad, se trabajaron CSC sobre la acción de los protectores nanoparticulados y sus efectos sobre el ambiente.

#### C. Descripción de la secuencia didáctica

Esta secuencia didáctica se caracteriza por el trabajo experimental que el docente propone en sus clases como estrategia didáctica en torno a la resolución de problemas. En este marco estratégico, se inicia la propuesta de enseñanza abocada al estudio comparativo del efecto sobre la piel de tres protectores solares con distintas características y marcas, entre los que se consideró un protector nanoparticulado para comprobar si este producto resulta más efectivo que los protectores solares comunes. Al avanzar con el estudio de este problema surge la controversia sobre los efectos de los protectores nanoparticulados en contacto con el agua, por lo cual se amplía la secuencia didáctica en torno al estudio y debate sobre esta CSC de actualidad en el ámbito científico.

Durante el desarrollo de esta propuesta de enseñanza surgió la controversia sobre la acumulación de algunas sustancias, como óxido de titanio y óxido de zinc en el agua de las playas y su efecto contaminante, ya que estas sustancias no son solubles en agua. Es decir, por un lado, se trata de cuidar la piel, pero a consecuencia del impacto ambiental que generan estos productos, situación que dio lugar a un debate interesante entre el docente y los alumnos, quienes además proponen alternativas para reducir estos efectos en el medio.

Los problemas y controversias sociocientíficas se constituyen en importantes contextos de aprendizaje, tanto de conocimientos como de procedimientos, actitudes y valores. Se trata de problemas y cuestiones reales, abiertas, complejas y controvertidas, que pueden ser consideradas bajo una variedad de perspectivas: culturales, políticas, éticas, ambientales, etc. (España Ramos y Prieto Ruz, 2010).

#### D. Detalle de las clases analizadas

Se analizaron los registros de tres clases alternadas (ver tabla I), dado que entre una y otra se procedió al abordaje teórico de las mismas. La primera clase, experimentación sin rigor experimental, se basó en la introducción teórica, el debate, la recuperación de ideas y la experimentación sin rigor experimental (que cobraría mayor relevancia con el avance de las clases). La segunda clase incluyó experimentación con rigor experimental, con base en la primera controversia sobre la efectividad de los protectores solares nanoparticulados, no solo se incorporó el rigor experimental,

sino que, además, se registraron datos y se discutieron resultados, dando lugar a una nueva controversia que se trabajó en la tercera clase.

**TABLA I.** Tabla de detalle de clases analizadas

Clase	Detalle	Actividades desarrolladas
1	Experimentación inicial sin rigor experimental	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Introducción teórica.</li> <li>— Debate.</li> <li>— Recuperación de ideas.</li> <li>— Experimentación sin rigor experimental.</li> </ul>
2	Primera experimentación con incorporación del rigor experimental con base en la primera controversia de la efectividad del protector solar nanoparticulado	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Recuperación de ideas y conceptos desarrollados previamente.</li> <li>— Experimentación con rigor experimental.</li> <li>— Registro de datos.</li> <li>— Discusión de resultados.</li> <li>— Ajustes del diseño experimental.</li> <li>— Surgimiento de nueva controversia.</li> </ul>
3	Segunda experimentación incorporando la nueva controversia sobre contaminación	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Recuperación de ideas y conceptos desarrollados previamente.</li> <li>— Experimentación con rigor experimental.</li> <li>— Registro de datos.</li> <li>— Discusión de resultados.</li> <li>— Ajustes del diseño experimental.</li> <li>— Argumentación y contra-argumentación con base en el análisis de las experimentaciones previas.</li> </ul>

### E. Organización del análisis

Para abordar el estudio del discurso, se reconocieron segmentos de significatividad que se definen a partir de los diversos conceptos a los que se pretendió dar significado a través del acto comunicativo entre el docente y los estudiantes. Surgieron varios segmentos de significatividad, pero para el análisis utilizaremos los de mayor frecuencia que son: diseño experimental, argumentación, ajuste del modelo y radiación (ver tabla II). Estos segmentos configuran así las unidades de análisis, las cuales se identificaron en el desarrollo de las clases, para proceder a definir en qué momentos tuvieron lugar dichos segmentos de significatividad a lo largo de las mismas. Esto permite descifrar la trama comunicativa que define en ella la interacción que se produce entre diferentes artefactos (oralidad, textos, gestos concretos, lenguaje escrito y *emojis* en el uso de mensajería instantánea), a fin de comprender de qué manera propician la construcción de significados por parte de los alumnos. Los datos obtenidos a partir de las filmaciones de clases se volcaron en tablas donde se identificaron las categorías semióticas que se podían reconocer en las distintas unidades de análisis, de manera que al observar longitudinalmente el registro se reconoce el tiempo destinado a un determinado significado y la trama comunicativa, su complejidad y qué elementos interactuaron en la construcción de la misma. Por otro lado, la lectura vertical de la tabla, permite realizar un análisis comparativo entre los tiempos destinados a cada segmento y, sobre todo, en concordancia con el objetivo de este trabajo, determinar cómo varían y cómo se relacionan los diferentes artefactos semióticos involucrados en el discurso del docente de ciencias con el concepto al que se pretende dar significado durante el proceso comunicativo.

### F. Definición de las categorías de análisis

Se emplea un sistema de categorías de los diferentes modos, con sus respectivas codificaciones, que a continuación se procede a detallar: lenguaje hablado (LH); lenguaje escrito (LE); movimiento corporal (MC) que incluye desplazamientos y posicionamientos dentro del aula; gestos (GE) que aportan a la representación de un significado específico; rigor experimental (PRTO) hace referencia al empleo de un protocolo de experimentación; gráficas (GR) en las que se representan variables como potencia, tiempo, masa, superficie; dibujos (DI); esquemas (ESQ); banco de imágenes (BI) documentación sobre los temas desarrollados en la secuencia didáctica; algoritmos (ALG); símbolos (SIM); unidades (UN); retórica (RE) es la intención de convencer al auditorio sobre un argumento; justificación (JUS) conexión de las evidencias con conocimientos y teorías; contextual (CON); uso de evidencias (EVI), son las pruebas de carácter científico utilizadas en los argumentos; terminología científica (TC); teórica (TE) en mención a los modelos teóricos científicos sobre radiaciones.

Además de los modos mencionados anteriormente, para el ambiente virtual se emplearon: emoticonos (EM); signos de puntuación (SP) puntos suspensivos, de exclamación e interrogación; recursos ortográficos (RO) uso de mayúsculas sostenidas.

### G. Análisis de los datos

Se han analizado los segmentos de significatividad, las vinculaciones entre ellos y con las distintas tramas semióticas, para establecer los diferentes procesos de semiosis que ocurren en la secuencia didáctica sobre la controversia acerca del uso de protectores nanoparticulados.

El análisis realizado nos permite reconocer que durante el desarrollo de la secuencia didáctica se destacan segmentos de significatividad de alta frecuencia, tales como el diseño experimental (87) y la argumentación (49). Entendemos que la dificultad de gestar un diseño experimental para lograr la obtención de datos que se constituyan en evidencias de un argumento científico escolar es la razón por la cual el profesor utiliza estas orquestaciones de importante potencial semiótico.

Esta interpretación se ve reforzada por la cantidad de veces que el profesor emplea dicho entramado de recursos semióticos (49), cuando intenta que los alumnos argumenten sobre el tema a la vez que se apropian de conceptos, procedimientos y habilidades emergentes del problema a estudiar como, por ejemplo: radiación (17), efectos de la radiación (13) y ajuste del diseño experimental (35) entre otros de menor relevancia que pueden consultarse (ver tabla II). La red semiótica referida al concepto radiación, cobra especial significatividad por lo abstracto y complejo del contenido, lo que deriva en una trama semiótica donde lo predominante es el gesto concreto que permiten dar visibilidad al fenómeno que no puede ser percibido en forma directa a través de los sentidos.

Cabe señalar que, la visualización de las filmaciones y el análisis de los gestos que surgen en el desarrollo de las clases, permiten el reconocimiento del entramado u orquestación semiótica en el discurso docente. La trama observada aporta a la representación que los alumnos deben lograr de la emulación del efecto de la radiación solar sobre los tejidos de piel de cerdo. Los gestos (GE) que simulan la radiación UV, acompañados de la oralidad (LH) y retórica (RE) del profesor promueven la construcción de un dispositivo experimental a través del cual los alumnos obtendrán datos que den origen a evidencias fácticas de los efectos de la radiación y de la inclusión de los protectores solares.

La observación de los gestos concretos que realiza el profesor elevando el brazo y la mano con los dedos hacia abajo al referirse a la radiación solar, nos permite dar cuenta del intento por hallar la vinculación entre el fenómeno radiación solar con la representación en el diseño experimental a través de lámparas UV, que cumplen la función de emular un proceso natural de forma artificial.

En las tramas semióticas que surgen durante la interacción discursiva, el alumno (quien adopta más frecuentemente el rol de receptor) puede repetir la trama del profesor (o parte de ella) o incluso reformularla introduciendo modificaciones que son incluidas en sus procesos de argumentación. Esto se evidencia en la clase donde el docente pregunta sobre la efectividad de protectores y menciona la función de barrera que señala colocando una mano delante del pecho y simulando un avance inconcluso. Los estudiantes logran apropiarse de estos gestos de interacción discursiva, para argumentar en cuanto a la toma de decisiones sobre aspectos vinculados con el rigor experimental, a modo de ejemplo se observa que el alumno Víctor construye una trama basada en una red semiótica que previamente el profesor ya había compartido. Lo predominante en la trama de Víctor es el gesto que reformula dando mayor capacidad representacional a la trama enunciada.

Una serie de preguntas realizadas por la alumna Julieta motiva la realización de una nueva etapa en el proceso experimental, al plantear la posibilidad de contaminar un medio acuático ya sea de mar, río o piscina, a partir de la acción mecánica de las olas capaces de retirar el protector solar que se encuentra presente sobre la piel de las personas. Entendemos que la alumna Julieta logra ser protagonista en el desarrollo del proceso experimental para obtener evidencias que apoyen su línea argumental, que se pone en evidencia en otro momento de la clase en la que se establece una relación entre los segmentos de significatividad diseño del experimento y el que corresponde a la argumentación. La trama semiótica orquestada observada en ese momento de la clase se compone de gestos, lenguaje hablado y dibujos en el pizarrón. Los gestos son concretos y cooperativos complementándose con el lenguaje, logrando una síntesis con los dibujos del diseño experimental realizados en el pizarrón. La reformulación puede interpretarse como una evidencia de un alto protagonismo en el proceso de aprendizaje dado que, para recrear una trama, en este caso referida al segmento de significatividad identificado como diseño experimental, es necesario que el alumno comprenda los conceptos de Física y Biología involucrados en el desarrollo de la secuencia didáctica.

El análisis del medio WA utilizado por el docente para socializar el avance progresivo de las clases nos permite inferir que, de manera coincidente con los datos relevados del análisis de las grabaciones de clase, el segmento de significatividad diseño experimental es el que cobra mayor relevancia en función de su alta frecuencia de aparición, al igual que el ajuste del modelo, mientras que, la argumentación y la radiación son mencionadas con menor frecuencia.

Tanto el diseño experimental como el ajuste del modelo tuvieron un sustento en una trama de artefactos semióticos conformada por el lenguaje escrito y el banco de imágenes que, en el transcurso de la conversación en el GWA contribuyó a la argumentación en el ámbito presencial, con base en la discusión de las diferentes controversias que cobraron mayor significatividad a partir de las evidencias obtenidas en el desarrollo experimental.

En este medio WA se observan numerosos registros que forman parte del banco de imágenes, por lo cual entendemos que este recurso multimodal cumple un rol importante en el entramado de los modos semióticos utilizados por el profesor y los alumnos, al referirse al diseño experimental en ambas situaciones controversiales, la efectividad de los protectores nanoparticulados y la contaminación de los medios acuáticos.

A diferencia de lo ocurrido en el aula, la interacción de modos semióticos empleados en el WA, y en particular la interpretación de los códigos visuales de los mensajes acompañados por *emojis* evidenció la necesidad de los miembros de transmitir sus propios sentimientos o emociones personales, vinculadas a la expectativa generada en torno al progreso del desarrollo experimental. Así, por ejemplo, algunos estudiantes socializaron el registro fotográfico de los resultados experimentales, como también imágenes del pizarrón en el cual se registraban los datos obtenidos.

**TABLA II.** Resumen del registro de segmentos de significatividad en el análisis de clases y la comunicación en el GWA.

Segmentos de significatividad	Análisis de clases		Análisis comunicación GWA	
	Categoría (Trama multimodal)	Frecuencia	Categoría (Trama multimodal)	Frecuencia
Diseño experimental	MC-GE-LH-DE	87	LE-BI-TC	138
Argumentación	MC-GE-LH-RE- JUS-GE-LH-CON-TC	49	BI-EM-EVI	27
Ajustes del modelo	MC-GE-LH-JUS-TC-PRTO-UN	35	LE-BI-TE	4
Radiación	MC-GE-LH-DE-RE	17	BI	4



TABLA III. Análisis tipos de gestos en las diferentes clases.

SEGMENTOS DE SIGNIFICATIVIDAD	DISEÑO EXPERIMENTAL		ARGUMENTACIÓN		AJUSTES DEL DISEÑO EXPERIMENTAL		RADIACIÓN	
	Clase	Uso de <i>WhatsApp</i>	Clase	Uso de <i>WhatsApp</i>	Clase	Uso de <i>WhatsApp</i>	Clase	Uso de <i>WhatsApp</i>
<b>Descripción multimodal</b>	Por medio del desarrollo experimental se procedió a representar situaciones controversiales, de las cuales se obtuvieran evidencias que permitieran su análisis y discusión, sentando las bases de los argumentos de las diferentes posturas frente a una misma problemática.	Las decisiones del diseño que se tomaran por consenso, se vieron materializadas en la experimentación y socializadas como un banco de imágenes al cual tuvieran acceso los miembros del grupo.	El antecedente experimental, facilita la explicación cuyo argumento se basa en la toma de decisiones o ajustes experimentales que permitan mejorar el diseño experimental.	Para fijar posturas en torno al no empleo de protectores nanoparticulados, se envió un artículo científico al estudiante Víctor, para que profundizara la lectura y, transmitiera sus ideas en los debates desarrollados en clase.	Los resultados experimentales se sometieron a análisis y discusión pensando en la mejora. Tanto profesor como alumnos emplean los gestos para comunicar una idea o concepto.	Los ajustes del diseño experimental fueron registrados a través de fotografías que conformaron un banco de imágenes al cual tuvieran acceso los miembros del grupo.	Realiza movimiento con el brazo (desde arriba) cuando menciona la radiación solar, indicando la llegada de los rayos del sol sobre la superficie terrestre.	El diseño experimental, contempló el material con el cual debía forrarse en interior de la caja de radiación UV. A través de fotografías de los resultados experimentales, se conformó un banco de imágenes al cual tuvieran acceso los miembros del grupo.
<b>Trama u orquestación semiótica</b>	MC-GE-LH-DE	LE-BI-TC	MC-GE-LH-RE- JUS-GE-LH-CON-TC	LE-BI-TE	MC-GE-LH-JUS-TC-PRTO-UN	BI-EM-EVI	MC-GE-LH-DE-RE	BI
<b>Frecuencia de aparición</b>	87	138	49	4	35	27	17	4
<b>Tipos de gestos</b>	Interacción discursiva	Concreto	Concreto	Interacción discursiva	Concreto	Concreto	Concreto	Concreto
<b>Registro fotográfico</b>								

#### IV. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los objetivos y los resultados del análisis, surge que el potencial semiótico que aporta la trama de recursos multimodales, lenguaje hablado, movimiento corporal y los gestos que se evidencian en el discurso del profesor se constituye en modos semióticos inseparables que se mantienen a lo largo de las clases, de modo tal que contribuyen en la construcción de las propias tramas multimodales que los estudiantes utilizan en sus argumentaciones.

El entramado de modos semióticos del discurso docente otorga sentido a los segmentos de significatividad, principalmente al diseño experimental, de forma tal que lo convierten en el principal contexto de debate y argumentación de las clases. Cabe destacar la importancia que adquiere la construcción de evidencias científicas en el diseño experimental, a partir de la recolección de datos que aportaron solidez en el argumento de los estudiantes. Con relación al diseño experimental y rigor del ajuste del diseño concluimos que se constituyen en segmentos significativos para la elaboración de argumentos y contraargumentos utilizados en el debate controversial.

En esta modalidad semiótica enfatizamos la importancia de los gestos concretos del profesor, que forman parte de su discurso con la intencionalidad de hacer referencia al núcleo central de un concepto o procedimiento científico y los gestos de interacción discursiva que dan lugar a la recuperación de estos gestos por parte de los alumnos, para la construcción de sus propios argumentos científicos y que posibilitan además el planteo de nuevas controversias.

Se reconoce la reformulación de la trama empleada por el docente en los argumentos de los estudiantes. Los alumnos lograron apropiarse de los gestos empleados inicialmente por el profesor y, en algunos casos, lograron superarlos cuando la intención apunta a justificar una mejora de la experimentación propuesta o para ofrecer una explicación frente a la indagación en determinados temas controversiales. Tal fue la importancia de esta apropiación que algunos estudiantes replantearon ajustes en el diseño experimental. Esta reformulación es un indicador de la calidad de los argumentos generados, por lo tanto, un indicador de aprendizaje de los modelos teóricos involucrados, logrando la apropiación del lenguaje de la ciencia tanto en su vertiente lingüística como semiótica.

El grupo WA funcionó de manera cooperativa en la construcción de argumentos por parte de los alumnos, ya que existe una correspondencia estratégica de los entramados multimodales utilizados en el medio presencial y virtual.

Consideramos el ambiente de clase presencial y el ambiente virtual de WA, como medios subsidiarios y complementarios para la construcción de segmentos de significatividad. Este último se convirtió en un medio eficaz no sólo para la socialización de evidencias que apoyaron las líneas argumentales de los estudiantes y fortalecieron contraargumentos en los intercambios entre sus compañeros, sino también promovió la evaluación crítica de las evidencias, conceptos y procedimientos en contexto científico escolar.

Concluimos que durante el desarrollo del proceso experimental a través del GWA, los alumnos logran ser protagonistas activos, dado que se propició su autonomía para el desarrollo de procesos de argumentos científicos escolares.

#### REFERENCIAS

- Bernstein, B. (2000). *Pedagogy, Symbolic Control and Identity*. Londres: Rowan y Littlefield.
- Bezemer y Kress, G. (2010). Changing text, A social semiotic analysis of textbooks. *Design for Learning*, 3, 1-2.
- Blanch, M., Betancort, S. y Martínez, M. (2016). Videoblogging in Secondary Education Language and Literature Classroom. A Practical Design. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 14(3).
- Coll, C., Colomina, R., Onrubia, J. y Rochera, M. J. (1992). Actividad conjunta y habla: una aproximación al estudio de los mecanismos de influencia educativa. *Infancia y aprendizaje*, 15(59-60), 189-232.
- Halliday, M. (1982). *La lengua como semiótica social*. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Halliday, M. y Martin, J. (1993) *Writing Science*. Lewes: Falmer Press.
- Halliday, M. y Matthiessen, C. (1985). *An introduction to functional grammar*. London: Edward Arnold.
- Iniciarte, F. y Flamarique, L. (2004). *Imágenes, palabras, signos. Sobre Arte y Filosofía*. Pamplona: Eunsa.

- Jewitt, C. (2013). Multimodal methods for researching digital technologies. En *The SAGE handbook of digital technology research*, 250-265.
- Kress, G, Ogborn, J. y Martins, I. (1998). A satellite view of language. *Language Awareness*, 2(3), 69-89.
- Kress, G. (2005). Gains and Losses: New Forms of Texts, Knowledge, and Learning. *Computers and Composition*, 22(1), 5-22.
- Kress, G. (2010). *Multimodality: A social semiotic approach to contemporary communication*. London: Routledge.
- Kress, G. y Van Leeuwen, T. (1996). *Reading images: The grammar of visual design*. Psychology Press.
- Kress, G. y van Leeuwen, T. (2001). *Multimodal Discourse: The Modes and Media of Contemporary Communication*. London: Arnold, Oxford University Press.
- Kress, G., Ogborn, J. y Martins, I. (1998). A satellite view of language: some lessons from science classrooms. *Language awareness*, 7(2-3), 69-89.
- Latour, B. (2008). *Reensamblar lo social: una introducción a la teoría del actor red*. Buenos Aires: Editorial Manantial.
- Lemke, J. (1997). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.
- Lomas, C. (2001). *El aprendizaje de la comunicación en las aulas*. Barcelona: Paidós.
- López Neira, E. (2009). *Caracterización de las funciones de los emoticones en interacciones virtuales de chat abierto*. Tesis Licenciatura en lenguas modernas. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- Manghi, D. y Cordova, J. (2011). Definiciones y explicaciones multimodales: potencial semiótico en la enseñanza de la biología en educación media. *Logos: Revista de Lingüística, Filosofía y Literatura*, 21(2), 17-39.
- Márquez, C, Izquierdo, M. y Espinet, M. (2000). Comunicación Multimodal en la clase de Ciencias: El ciclo del agua. *Enseñanza de las ciencias*, 21(3), 371-386.
- Martin Barbero, J., Corona Berkin, S. (2017). *Ver con los otros. Comunicación intercultural*. Bogotá: Fondo de cultura económica.
- Montenegro, D. y Hermenegildo, E. (2018) Características del uso de *emojis* en la comunicación por el chat de *WhatsApp*. *Hamutay*, 5(1), 36-52.
- Ruiz Ortega, F. J. y Ocampo Cardona, L. A. (2019). Relaciones de cooperación y especialización entre la argumentación y múltiples lenguajes en la clase de Ciencias. *Didacticae: Revista de Investigación en Didácticas Específicas*, (5), 57-72.
- O'Halloran, K. (2012). Análisis del discurso multimodal. *Revista latinoamericana de estudios del discurso*, 12(1), 75-97.
- Pedrol, H., Drewes, A., Tricárico, R. H. y Calderaro, A. T. (2015). Los ambientes de clase y su influencia sobre el proceso de argumentación científica escolar. En *IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*.
- España Ramos, E. y Prieto Ruz, T. (2010). Problemas socio-científicos y enseñanza-aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, (71), 17-24.
- Small, G., Vorgan, G. (2009). *El cerebro digital*. Barcelona: Urano.
- Tabensky, A. (2004). La repetición del gesto en el discurso interactivo. *Revista signos*, 37(55), 41-58.

Trejos Buriticá, O. (2018). *WhatsApp* como herramienta de apoyo al proceso de enseñanza y aprendizaje de la programación de computadores. *Educación y ciudad* (35),149-158.

Unsworth, L. (2001). *Teaching Multiliteracies across the Curriculum: changing contexts of text and image in classroom practice*. Buckingham: Open University Press.

Van Leeuwen, T. (2005). *Introducing Social Semiotics*. Londres: Routledge.

Villada Salazar, C. y Ruiz Ortega, F. (2018). 2A013 La Argumentación Multimodal en la Enseñanza de las Ciencias, un aporte a la Formación Inicial de Docentes. *Tecné Episteme y Didaxis: TED*. Número extraordinario: *Octavo Congreso Internacional de formación de Profesores de Ciencias para la Construcción de Sociedades Sustentables*. Octubre 10, 11 y 12 de 2018, Bogotá.