

# ESTUDIO DEL PAPEL DE LA EXPERIMENTACIÓN Y LA MEDIACIÓN ANALÓGICA EN UN PROCESO DE MODELIZACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA

Alma Adrianna Gómez Galindo  
*Cinvestav - Unidad Monterrey*  
MÉXICO  
agomez@cinvestav.mx

**RESUMEN:** La actividad experimental es parte sustancial de la ciencia escolar. Aquí se identifica cómo los alumnos dan sentido a esta actividad y cómo ésta se constituye en un modelo mediador analógico para la construcción del modelo blanco: el sistema nervioso. Los alumnos trabajaron con sensores de luz, temperatura y pH. Los resultados muestran que para dar sentido a la actividad requirieron establecer relaciones significativas entre los medios materiales (instrumentos), el cambio de variables (mediciones) y su experiencia cotidiana, siendo esta relación básica para la construcción de un modelo mediador funcional y la posterior transferencia analógica al modelo escolar blanco. Los alumnos jugaron un rol activo incorporando y descartando elementos analogables de acuerdo a su experiencia y al contexto de su explicación.

**PALABRAS CLAVE:** Ciencia escolar, modelización, experimentación, analogías, enseñanza de la biología.

## INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La enseñanza de las ciencias basada en modelos es un tema central en la investigación en ciencias y en enseñanza de las ciencias (ver Clément, 2000 y Matthews, 2007). En la modelización, la experimentación tiene múltiples funciones; una de ellas es establecer relaciones de significado entre los modelos y los fenómenos mediante experimentos. Consideramos que el rol de los experimentos en la ciencia escolar debe analizarse críticamente. En ese sentido, nos preguntamos:

- ¿Cómo dan los alumnos sentido a las actividades experimentales en un proceso de modelización?
- ¿En qué medida la actividad experimental facilita el proceso de modelización?

## MARCO TEÓRICO

En una concepción semántica de las teorías, los modelos son considerados el centro de la parte aplicativa de las mismas; son vistos como “proyecciones” de la teoría al mundo, llamándoles sus “realizaciones posibles” (Sensevy, et al., 2008). Los modelos dan especificidad a la teoría, siendo elementos estructurales que median entre ésta y los fenómenos del mundo (Develaki, 2007). Si en la ciencia escolar se pretende que los alumnos den sentido a sus experiencias, entonces se propone la construcción de modelos y no la transmisión de teorías.

En la modelización, la relación directa con un fenómeno del mundo permite que los estudiantes aprendan a pensar teóricamente, que la ciencia genera entidades abstractas, relaciones y propiedades de las mismas que explican el comportamiento o estructura de los fenómenos naturales. Se trata de una transición de lo concreto a lo abstracto y viceversa, que está en el centro de los procesos de modlización (Sensevy et al., 2008).

La experimentación puede, bajo esta mirada, establecer vínculos significativos entre el mundo material o sensible y el mundo de las ideas, promover las transiciones de lo concreto a lo abstracto y proveer evidencias que justifiquen las creencias construidas. En la ciencia escolar, se trata no sólo de aprender las ideas teóricas, sino sobre todo de aprender a pensar-comunicar-actuar, a construir y razonar las ideas, a evaluarlas y a comunicarlas usando diversos soportes semióticos.

## METODOLOGÍA

Se diseñó una secuencia didáctica de nueve sesiones de una hora, dirigida a estudiantes de 5º y 6º de primaria (10 a 12 años) y se aplicó en un grupo de 15 alumnos, en el estado de México, México. En ella se plantea una analogía entre sensores (luz y temperatura –computarizados - y papel pH) y los sentidos.

En el diseño de la secuencia, se usa una analogía:

Sensores (análogo)	Sentidos (blanco)
Sección para medición (tº, pH, luz)	Receptor: Órgano del sentido: piel, lengua, ojos.
Cable de conexión entre sección de medición y el CPU (tº, luz)	Fibras nerviosas
CPU y monitor (tº, luz)	Cerebro
Cable de alimentación a corriente (tº, luz)	Suministro de energía y nutrientes

Los datos consistieron en copias del diario de la maestra, transcripciones de las conversaciones entre docente y alumnos y copias de las producciones de los alumnos.

Se trata de un estudio descriptivo, con un análisis secuencial de la información con la finalidad de reelaborar la estructura de la actividad (Flick, 2004). Aquí consideramos que el conocimiento se construye en interacción y es dependiente del contexto de la actividad (Brown et al., 1989). Definimos Unidades de Análisis (UA), en las que los alumnos trabajaban en una tarea específica, pero que reflejan la dinámica general de la actividad (Vygotsky, 2000). Las UA se presentan en la siguiente tabla.

Secuencia didáctica		Unidades de Análisis (UA)
No. de sesión	Actividades por sesión de clase	
1	Definición de objetivos. Juego de los cinco sentidos. Exploración las ideas de partida de los alumnos.	UA <sub>1</sub>
2	¿Cómo funcionan los sensores? Sensor de luz, mediciones y gráficas.	UA <sub>2</sub>
3	Sensor de temperatura, mediciones y gráficas.	
4	Sensor de pH, mediciones y gráficas.	
5	¿Qué es y cómo funciona un sensor? Integración de experiencias.	
6	Nuestro cuerpo y los sentidos. Elaboración de dibujo Regulación de la representación (dibujo).	UA <sub>3</sub>
7	¿Cómo funcionan nuestros sentidos? ¿Cómo se han de cuidar? Elaboración de maqueta.	UA <sub>4</sub>
8	Exposición de maquetas a invitados.	
9	Los sentidos en otros seres vivos. Trabajo de investigación bibliográfica.	

En cada UA se identificaron las principales acciones llevadas a cabo por los alumnos y la forma cómo daban sentido a las actividades experimentales en el seno de un proceso de modelización usando una analogía. Para ello se aplicó un análisis recursivo (Erikson, 2003) estableciendo relaciones entre las actividades realizadas por los alumnos en cada UA.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

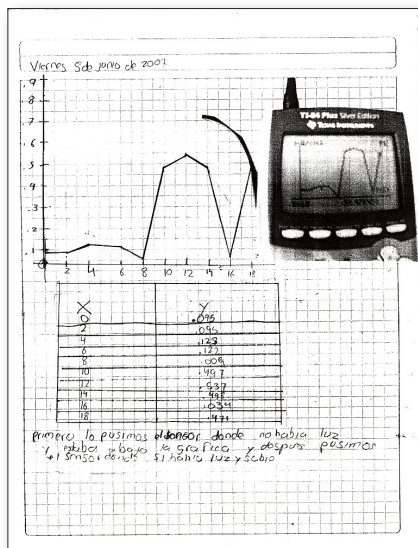
En la UA<sub>2</sub>, en la que se se construyen ideas y experiencias en torno a la actividad experimental se generan tres actividades básicas: a. familiarización con el uso del instrumento; b. representación de los resultados; c. interpretación de la actividad.

### Uso de instrumentos

Los alumnos tuvieron que familiarizarse con el manejo de los instrumentos (hardware y software). El uso de un instrumento tecnológico como la computadora generó en los alumnos confianza en el manejo de los sensores. No así en el caso del papel pH, donde los alumnos pidieron más apoyo realizando constantes preguntas.

### Representación de resultados

Se solicitó a los alumnos la elaboración manual de gráficas a partir de tablas de resultados. Éstas se realizaron con la finalidad de que interpretarían las gráficas que generaban automáticamente los equipos utilizados (luz y temperatura). Los estudiantes mostraron dificultades relacionadas con la generación de escalas y el uso de unidades de medición para la luz y pH y generaron sus propios sistemas de representación el para pH:



Agua = Sustancia 1 → [7] ■ ■ ■ ■ ■  
 Leche = Sustancia 2 → [6] ■ ■ ■ ■ ■  
 Coca = Sustancia 3 → [4] ■ ■ ■ ■ ■  
 Limon = Sustancia 4 → [2] ■ ■ ■ ■ ■  
 Easy off = Sustancia "5" → [14] ■ ■ ■ ■ ■

Hecho por: Santiago, Berenice, Luis Octavio

### Interpretación de la actividad

Un aspecto central fue que los estudiantes interpretaran qué estaban midiendo y cómo funcionaba el sensor: la relación entre las variables ambientales y las mediciones. La interpretación de las variables ambientales ambientales (temperatura, luz..) les eran más familiares que el pH; sin embargo, la unidad de medida de intensidad luminosa ( $nW/cm^2$ ) les resultó ininteligible. Esta medida adquirió sentido al relacionarla con la posición en que se colocaba el sensor. Esto se realizó por los alumnos de forma cualitativa y también de forma cuantitativa (ver las siguientes notas en el cuaderno de dos alumnos, sesión 2):

#### *Interpretación cualitativa de unidades de medida.*

Alumna Teresa: Primero lo pusimos [el sensor] hacia el sol luego en la mano, después tras la ventana y luego tras las cortinas, hacia el sol, en la mano y al final hacia el sol. Hacia el sol se hacía alta [la medición] y cuando lo tapábamos se hacía baja y así hicimos la gráfica.

#### *Interpretación cuantitativa de unidades de medida.*

Alumno Sergio: Primero pusimos el sensor para arriba .95, después lo pusimos a la sombra y lo subimos otra vez [a la luz] y dio .99 lo pusimos abajo [a la sombra] y dio .12 y .17 y .13

En la posterior discusión grupal, sesión 5, los alumnos empiezan a establecer relaciones entre las mediciones realizadas por el sensor y su propia percepción sobre la luminosidad.

Luis (en el equipo que realizó una interpretación cualitativa de los datos) Pues que encontramos que se hacia alta [la medición] cuando había más luz, y se hacia baja cuando había menos luz.

Maestra 1.- Qué tan alta se hacia o qué tan baja?

Luis- Pues aquí en la gráfica se v... lo más alto llegó al .8 y lo más bajito al .3

Maestra 1.- Entonces ¿quién me explica ahora la escala de luz que usan los sensores?

Liliana.- (del equipo que realizó en su cuaderno una interpretación cuantitativa) Yo, es que si fuera 1 sería el máximo de luz y 0 en total oscuridad... si lo ponemos sobre la mesa nos va a dar como .5 porque la veo como medio iluminada, como a la mitad entre la luz de la ventana y la sombra de debajo de la mesa.

---

Liliana realiza una interpretación de la escala lumínica y da sentido a los valores de  $nW/cm^2$  a partir de relacionar la información obtenida en el sensor y su percepción de iluminación.

Por otra parte, la comprensión del significado del pH y su forma de medición era poco familiar para los alumnos. Los estudiantes inicialmente no sabían lo que el pH indicaba y no podían establecer relaciones con su experiencia, especialmente en cuanto a lo que era un “ácido o básico”

Dado que la construcción de modelos está mediada por las intervenciones que se realizan de forma controlada sobre el mundo, una restricción en la modelización es la posibilidad de los alumnos de intervenir en los fenómenos mediante instrumentos y resolver preguntas con sentido.

Encontramos que en el caso de los sensores de luz y temperatura se construye un modelo analógico funcional operativo en el que se establecen relaciones entre los *instrumentos*, las *mediciones* y la *experiencia cotidiana* de los alumnos (un “modelo del instrumento”, Izquierdo, et al., 1999) que permitió que se empezaran a establecer relaciones de similitud y de diferenciación entre los sensores y los sentidos.

El modelo analógico construido para luz y temperatura permitía a los alumnos hacer predicciones, elemento esencial de los modelos teóricos (Giere, 1992). Por otra parte, en el caso del sensor de pH, los alumnos no establecen una clara relación entre los tres elementos mencionados y no elaboran predicciones. Podemos decir que el modelo analógico construido por los alumnos utilizando papel pH no fue funcional.

Una vez que los alumnos construyeron un modelo medidor analógico se explicitaron las similitudes y diferencias entre el mediador (sensores) y el blanco (los sentidos) que representaron en sus dibujos. Los diferentes elementos del mediador fueron analogados por los alumnos a elementos biológicos, integrándose en una explicación multimodal (palabras, dibujos, gestos) que incluye las células especializadas receptoras de información, los impulsos nerviosos, los nervios y el cerebro.

En el caso del sentido del gusto, a partir de los sensores de pH, los alumnos representan en sus dibujos un modelo de sistema nervioso equivalente al de los alumnos que usaron como análogo sensores de temperatura. Algunos alumnos establecen asociaciones entre el sentido del tacto (localizado en la lengua) y el sensor de temperatura. El análisis de los dibujos indica que se realizaron asociaciones a partir del modelo de sensor de temperatura, aplicándolo al sentido del gusto. Se genera un modelo funcional de órganos de los sentidos, en el que se han establecido entidades básicas para todos los sentidos y no de forma aislada para cada uno.

## CONCLUSIONES

La interpretación de la actividad experimental requirió que los estudiantes establecieran relaciones significativas entre los medios materiales usados para medir, el cambio de una variable y sus unidades de medida y su experiencia cotidiana, además de crear un lenguaje para comunicarlo. Ello permitió generar un modelo del instrumento en el que la intervención controlada sobre el mundo toma sentido, a la vez que, en este caso, permite la construcción de un mediador analógico de un modelo escolar blanco. Los alumnos establecieron relaciones entre su experiencia y el mundo de las ideas, favoreciendo los procesos de abstracción y modelización.

En la transferencia de características del mediador analógico al modelo escolar, los alumnos juegan un papel activo incorporando y descartando elementos analogables en función de su experiencia y el contexto de su explicación.

---

## BIBLIOGRAFÍA

- Brown, J., Collins, A. & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), pp. 32-42.
- Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *Int. J. Sci. Educ.* 22(9), pp. 1041-1053.
- Develaki, M. (2007). The Model-Based View of Scientific Theories and the Structuring of School Science Programmes. *Science & Education* 16, pp. 725-749.
- Erickson, F. (2003). Qualitative research methods for science education. En: Fraser, B. y Tobin, K. *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer Academic Publisher. pp. 1175 - 1189.
- Flick, U. (2004). *Introducción a la investigación cualitativa*. Madrid: Morata.
- Giere, R.N. (Ed.). (1992). *Cognitive models of science*. USA: University of Minnesota Press.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N. y Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), pp. 45-59.
- Matthews, M. (2007). Models in science and science education: an introduction. *Science & Education*, 16, pp. 647-652.
- Sensevy, G., Tiberghien, A., Santini, J., Laubé, S. & Griggs, P. (2008). An epistemological approach to modeling: Cases studies and implications for science teaching. *Science Education*, 92(3), pp. 424-446.
- Vigotsky, L.S. (2000). *Obras Escogidas III*. Madrid: Aprendizaje Visor.