



ENSEÑANZA DE LAS
CIENCIAS

REVISTA DE INVESTIGACIÓN Y EXPERIENCIAS DIDÁCTICAS

Congreso Internacional sobre

**Investigación
en Didáctica de las Ciencias**

"Un compromiso con la sociedad del conocimiento"

Girona, 9-12 septiembre 2013

9

-
1. **Presentación**
 2. **Comunicaciones orales y pósteres**
 3. **Simposios**
 4. **Mesas Redondas**
 5. **Créditos**
-

UAB
Universitat Autònoma
de Barcelona

VNIVERSITAT
ID VALÈNCIA **PUV**
PUBLICACIONS

ISSN: 0212-4521

¿ES EL LUDIÓN-VEJIGA NATATORIA UNA ANALOGÍA ADECUADA?

José Carrasquer, Adrián Ponz, María Victoria Álvarez, María José Gil
(*Pertenecen al Grupo Beagle, investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales, Unizar.*)
Universidad de Zaragoza

RESUMEN: La interacción entre el profesor y el alumno, poniendo en juego el saber transpuesto, es esencial de la relación didáctica. El profesor plantea al alumno una determinada propuesta de apropiación, de cara a que sea el alumno quien se apropie del saber, adquiriendo conocimiento con relación al mismo. Pero hay casos en los que la transposición didáctica no es sostenible por sobrepasar cualquier simplificación justificada, alejándose sustancialmente de la opinión de la ciencia respecto a la explicación o interpretación de los fenómenos científicos implicados. Este sería el caso del uso del ludión para explicar cómo funciona la vejiga natatoria. En este trabajo se discute la idoneidad de esta analogía, que se presentó como tal en el siglo XVII, cuando se desconocía la función y el funcionamiento de la vejiga natatoria y se sigue utilizando de igual manera en las aulas actuales.

PALABRAS CLAVE: Historia de la Ciencia, vejiga natatoria, ludión, analogía, obstáculos en el aprendizaje.

OBJETIVOS

Se presenta una analogía de uso habitual en las aulas, con el objetivo de valorar su pertinencia en determinados niveles educativos, dada la complejidad de su funcionamiento.

MARCO TEÓRICO

Es habitual en la educación en ciencias, la utilización de metáforas o analogías de observaciones de la vida cotidiana, concepto ancla, para encontrar explicaciones a otros hechos más complejos, concepto objeto (Oliva et al., 2001). Pero en ocasiones se incurre en un uso inapropiado en el cual tiene que ver el desconocimiento, la simplificación o el olvido de las variables que intervienen en el hecho científico que se quiere que construyan los aprendices.

También es preciso tener en cuenta el papel activo del alumnado y todo lo que ello implica, recordando especialmente la relación entre lo que el aprendiz ya sabe y lo que se quiere que se construya. Para ello es importante la discusión y explicitación de las ideas implicadas tanto en el marco del aula como entre el profesorado (Oliva, 2006).

El mecanicismo cartesiano provoca en el siglo XVII una intensa investigación acerca del funcionamiento de determinados órganos de los seres vivos que intentan ser reproducidos mediante artefactos, que permitan entender los fenómenos físicos de la naturaleza. La vejiga natatoria de los peces (a partir de ahora vn) es uno de estos órganos. También en esta época se construyen aparatos con el objetivo de

medir la temperatura; como un intento fallido de éstos aparece el ludión. Éste y la vn han continuado unidos a lo largo de la historia de la física y de la biología como aparatos con un funcionamiento análogo. A pesar del desconocimiento que se tenía en el siglo XVII y XVIII de la función y funcionamiento de la vn, su transposición era más acertada de lo que es hoy en día en nuestras aulas, debido fundamentalmente a la trivialización actual del funcionamiento de este órgano.

Como sucede con otros conceptos, al repasar la evolución histórica del conocimiento del funcionamiento de la vn, se tropieza con obstáculos epistemológicos que se repiten en el aprendizaje individual, si no de una forma totalmente paralela, sí con ciertas coincidencias. Una larga lista de físicos y naturalistas, como Boyle, Borelli, Cuvier, Moreau, Guyènot, progresivamente fueron interpretando la función y el funcionamiento de la vn hasta los últimos descubrimientos acerca de la fisiología de la captación de los gases, ya en este siglo.

Desde el punto de vista de la construcción y transmisión del conocimiento fue un proceso complejo, largo en el tiempo y de difícil demostración. Son significativas las palabras de Guyènot (1909: 203-4), “Los conocimientos que poseemos sobre la función de la vejiga natatoria de los peces, han progresado por una serie de etapas, divididas en dos periodos, cuya historia es una lección del método científico. [...] Sin embargo aunque los hechos suelen imponerse a los pensamientos, los viejos errores son tenaces y están profundamente enraizados.”.

DISCUSIÓN DE LAS ANALOGÍAS IMPLICADAS

Un primer intento de explicar el funcionamiento de la vn lo propone Boyle (A.I. & Boyle, 1675) para el que funciona como una burbuja de aire que se eleva en el agua; al subir el pez y disminuir la presión aumenta de tamaño; al descender el pez aumenta la presión y la vn disminuye. Pero Boyle no concreta lo que durante los años posteriores será motivo de polémica: ¿es el movimiento de aletas y cuerpo el que hace que el pez suba y como consecuencia de la pérdida de presión, aumente el tamaño de la vn y por lo tanto de su cuerpo?, o bien ¿es el pez el que dilata su cuerpo gracias a sus músculos o bien capta gases en la vn y por lo tanto se eleva?

Borelli (1680), defiende una posición similar a Boyle pero indica que la vn varía su tamaño por acción muscular influyendo en el volumen del pez y en su peso específico por lo que el pez se desplazará verticalmente (Figura 1).

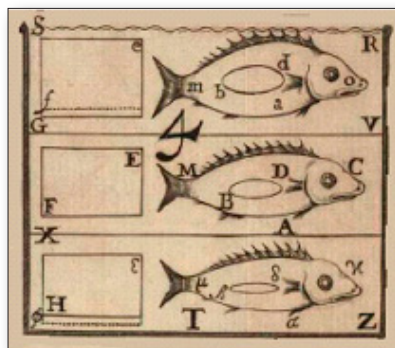


Fig. 1. Ilustración de Borelli mostrando la variación del tamaño de la vn y del cuerpo del pez.

Delaroche (1809) aporta la hipótesis de que la vn no cumple la misión de variar el peso específico del pez, sino al contrario de mantenerlo constante y así conseguir su equilibrio. Cuvier, no acepta este

planteamiento, defendiendo lo dicho por Borelli (Cuvier, 1809). Posteriormente Moreau (1876) y Guyénot (1909) ratificarán la idea de que el pez tiene un plano de estabilidad en el que su densidad es la misma que la del agua, en ella tiene una voluntaria y perfecta movilidad en el plano horizontal. Moreau indica que la vn es un órgano sustancialmente peligroso para los peces, insistiendo en que su función es de equilibrio y que es un inconveniente para los desplazamientos verticales.

Si el pez se desplaza de ese plano horizontal en el que tiene estabilidad, a otro, mediante movimiento de las aletas, la vn variará de tamaño al variar la presión; por tanto también variará el tamaño del pez y su densidad, que deberá adecuarse al nuevo plano. Para que el pez consiga estabilidad en este nuevo plano deberá modificar su tamaño introduciendo o eliminando gases de la vn.

Si el pez no fuese capaz de permanecer, con el movimiento de sus aletas, en el nuevo plano de estabilidad hasta que la densidad del pez se iguale a densidad del agua, sufrirá un involuntario movimiento uniformemente acelerado, hacia arriba o hacia abajo, siendo lanzado a la superficie o al fondo, hasta que de una forma lenta pueda reabsorber o introducir aire a la vn, volviendo a su plano de estabilidad. En situaciones extremas el pez puede morir.

Son necesarios ciento treinta años para que surja la idea de que la vn es un órgano de estabilidad y no de flotabilidad y tendrán que pasar otros cien años más para que este planteamiento sea aceptado por la comunidad científica.

Como ratificación y visión de futuro de lo escrito por Guyénot, respecto a la persistencia de los errores, Romer (1973) dice que la vn es un órgano de flotación y que se llena de aire cuando el pez sube. Campbell y Reece (2007) afirman que cuando la vn se llena de aire el animal se eleva y la salida de aire provoca su hundimiento.

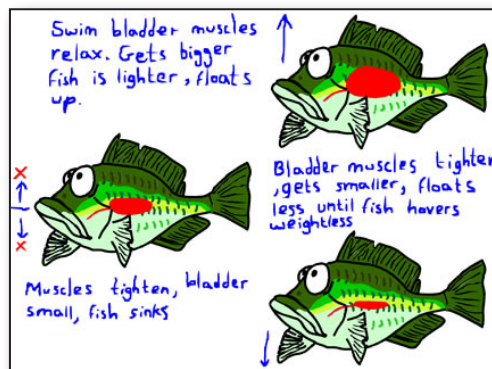


Fig. 2. Tomada de Jones (2004). Analogía “del globo” erróneamente utilizada para explicar el funcionamiento de la vejiga natatoria: La vejiga varía de tamaño, pero el pez tiene un volumen constante.

Cuando se acepta que el pez al hinchar la vn disminuye su densidad y debido a ello se eleva, no se concreta a qué es debida esa disminución de la densidad, si a un aumento del tamaño del pez o a una disminución de su masa. Pero la imagen habitualmente representada (Figura 2) no deja lugar a dudas para el aprendiz, el globo se hincha en el interior del pez y este sube; se interpreta que la densidad ha disminuido. En ocasiones, este hecho aceptado por evidente es apoyado con la visualización de una reproducción de un pez sumergido en un recipiente con agua y con un globo adosado a su cuerpo, el cual se hincha mediante un accesorio externo, elevándose el pez con el globo. Este equivocado modelo del funcionamiento de la vn, se presenta como análogo al funcionamiento del ludión, en el que un cuerpo rígido, varía su masa modificando la cantidad de agua en su interior, logrando así su movimiento vertical. Sin embargo el pez realmente modifica su volumen exterior y también la cantidad de gases.

Kardong (2001: 292) plantea la visión actual de la ciencia respecto al funcionamiento de la vn, “Así, para que el volumen de la vejiga natatoria se mantenga constante, debe añadirse gas a su interior cuando el pez desciende y debe ser eliminado de ella cuando el pez sube a la superficie.”.

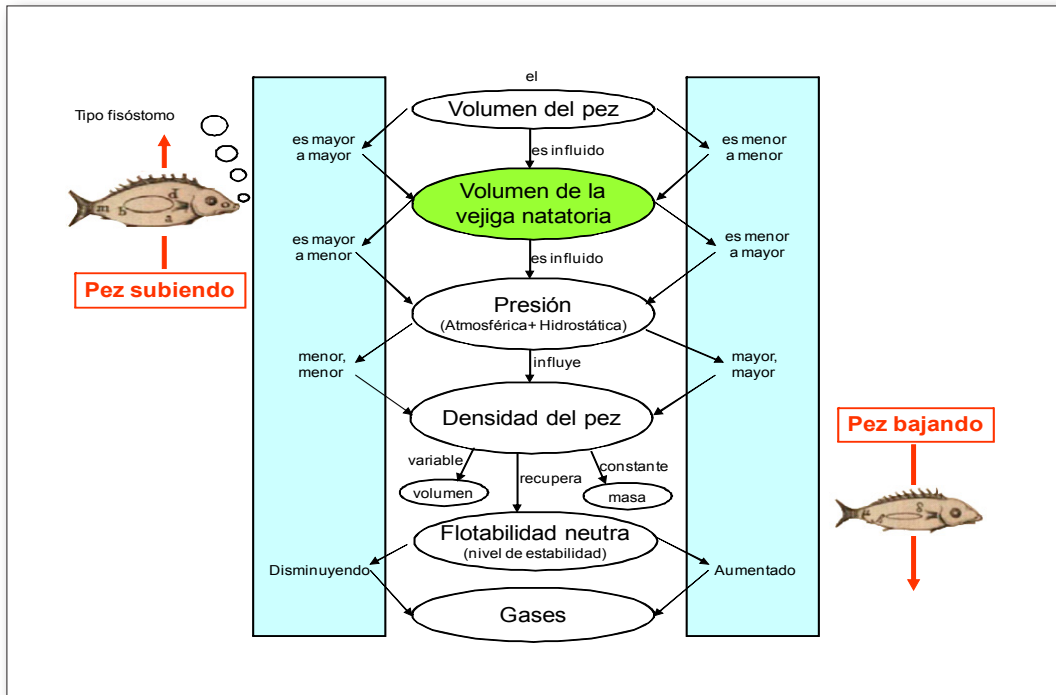


Fig. 3. Explicación actual de la ciencia: La vejiga natatoria como sistema de estabilidad o de flotabilidad neutra.

DISCUSIÓN

La utilización del lenguaje se manifiesta como un factor clave en la construcción del conocimiento. Un inconveniente para el correcto aprendizaje radica en el supuesto control por parte del aprendiz de diversas variables que afectan a un hecho, sin verbalizarlas explícita y adecuadamente, lo que puede ocasionar una ocultación de la incorrecta construcción del contenido científico que se pretende.

Son habituales las citas históricas en las que se utiliza esta analogía (Nollet, 1743) y también son frecuentes las actividades de motivación-aprendizaje que se llevan a cabo actualmente en talleres, comunicaciones de innovación que se presentan en actividades educativas, regladas o no (Morales et al., 2006; Domínguez-Sales y Guisasaola, 2010).

El atractivo didáctico del ludión es histórico, pero parte de esta motivación se ha repartido siempre entre lo mágico y lo científico. Podría pensarse que al discutir con el alumnado acerca de la elasticidad del aire, la presión ejercida en el agua o el principio de Arquímedes, se avanza en la comprensión de este último y en el del funcionamiento de la vn. ¿O es al revés? ¿O en ninguno de los fenómenos? Si además se hincha un globo adosado a un pez y se observa como éste sube hasta la superficie, los instrumentos facilitados a los aprendices son perversos para la construcción científica que se pretende. El funcionamiento análogo, en sentido biológico de igual función pero origen diferente, no es suficiente acercamiento para que se pueda utilizar como una analogía educativa. El ludión es una analogía adecuada para comprender cómo se sumerge un Nautilus o un submarino tradicional, pero no un pez con vn.

En las actividades que se llevan a cabo en las aulas, así como en diversos libros de texto ninguna de las dos variables (masa y volumen) son tenidas en cuenta, dado que la masa del pez aumenta si la vn se llena de aire, por lo que la densidad aumentaría; por otra parte no se tiene en consideración el aumento del tamaño del cuerpo del pez, que se interpreta como una caja rígida. Únicamente se valora el aumento del tamaño de la vn en el interior del cuerpo del pez, pero este no repercute sustancialmente en la densidad del animal.

Tampoco se considera la presión que sufre el pez en el interior del agua y cómo ésta influye en el tamaño de la vn y en el del pez, siendo la variable fundamental para construir el modelo.

En el caso del ludión, es un cuerpo rígido en su exterior y que no varía su volumen, dependiendo su densidad y por lo tanto sus movimientos verticales de la cantidad variable de agua en su interior, es decir de su masa y esta variará con la presión existente en el recipiente cerrado que lo contiene.

Para finalizar cuando se intenta explicar el caso concreto de la vn de los peces, su diversidad anatómica, la complejidad de su funcionamiento en la que intervienen diversas variables e implicación de ideas alternativas, así como la utilización habitual de un lenguaje poco concreto en el que suele faltar el discurso, la trama que justifique la relación analógica entre los conceptos, hacen que su utilización como modelo, sea poco recomendable desde el punto de vista didáctico, en niveles educativos obligatorios. La utilización de analogías no es una obligación.

AGRADECIMIENTOS

El Dpto. de Ciencia, Tecnología y Universidad del Gobierno de Aragón y el Fondo Social Europeo financian el Grupo Consolidado de Investigación Aplicada Beagle (BOA, 9/5/2008).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.I., & Boyle, R. (1675). A conjecture concerning the bladder of air thaht are found is fishes, comunicated by A.I; And illustrated by an experiment suggested by the honorable Robert Boyle. *Philosophical Transactions*, 10, 310-311.
- Borelli, J. A. (1680). *De Motu Animalium. Pars Prima. De natatu, caput 23.* (pp. 326-365). Romae: Ex Typographia Angeli Bernabó
- Campbell, N. A., y Reece, J. B. (2007). *Biología. (Séptima edición). Unidad cinco, La Historia evolutiva de la diversidad biológica. Vertebrados.* (pp. 671-709). Buenos Aires, Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Cuvier, G. (1809). Rapport fait à la classe des sciences physiques et mathématiques, sur le mémoire de M. Delaroché, relative à la vessie aérienne des poissons. *Annales du Muséum D'Histoire Naturelle*, 14, 165-183.
- Delaroché, F. (1809). Observations sur la vessie aérienne des poissons. *Annales du Muséum D'Histoire Naturelle*, 14, 184-217.
- Domínguez-Sales, C., y Guisasola, J. (2010). Diseño de visitas guiadas para manipular y pensar sobre la ciencia del mundo clásico grecolatino. El taller “logos et physis” de Sagunto. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(2), 473-491.
- Guyénot, E. (1909). Les fonctions de la vessie natatoire des poissons Téléostéens. *Bulletin Scientifique de la France et de la Belgique*, 7, (43), 203-299.
- Jones, I.G. (2004). Sharky Jones™. The Sharksite for kids! Recuperado el 29 de marzo de 2013 desde <http://www.sharky-jones.com/Sharkyjones/Slow/QandA/QA7%20-%20swimming.html>

-
- Kardong, K. V. (2001). *Vertebrados. Anatomía comparada, función, evolución. (Segunda edición). Capítulo once, El sistema respiratorio.* (pp. 380-393). Madrid: McGraw-Hill Interamericana.
- Morales Ch., Rey J., y Hernández M. L. (2006). En Dirección General de Universidades y Editorial Santillana (Ed.), *Como pez en el agua. VI Feria de Madrid por la Ciencia 2005.* Recuperado en <http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/feria/publicaciones/>
- Moreau, M. A. (1876). *Fonction hydrostatique de la vessie natatoire.* (pp. 77-85). Paris: Association Française pour l'avancement des sciences.
- Nollet, J. A. (1757). *Lecciones de physica experimental. Tomo segundo. Lección 8, Sección 3, Octava Experiencia.* (pp. 292-301). Madrid: Joaquín Ibarra.
- Oliva, J. M^a., Aragón, M. M., Mateo, J., y Bonat, M. (2001). Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias, 19* (3), 453-470.
- Oliva, J. M^a. (2006). Actividades para la enseñanza/aprendizaje de la química a través de analogías. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias, 3* (1), 104-114.
- Romer, A. S. (1973). *Anatomía comparada. Vertebrados. 11, Boca, faringe y órganos respiratorios.* (pp. 219-245). Méjico: Interamericana.