

**Enseñanza de la zoología con un enfoque CTS:  
cefalópodos y la comunicación visual.  
Una experiencia educativa en la formación docente \***

**Ensino de Zoologia com uma Abordagem CTS:  
Cefalópodes e Comunicação Visual.  
Uma Experiência Educacional na Formação de Professores**

***The Teaching Of Zoology With A STS Approach:  
Cephalopods And Visual Communication.  
An Educational Experience In Teacher Training***

**Javier Grilli Silva y Juan Coelho \*\***

Es habitual en la formación inicial de un profesor que las asignaturas propias de la especialidad sigan la lógica de la disciplina con que se corresponden. En este trabajo se presenta una experiencia desarrollada en la formación inicial de profesorado de biología, donde se dio la enseñanza de temas de zoología con un enfoque de tipo CTS. Se estudió el grupo animal de los cefalópodos con énfasis en la comunicación visual que desarrollan, la cual se vinculó con aplicaciones tecnológicas y con cuestiones sociales y culturales referidas a la comunicación visual en humanos. La propuesta de trabajo para el estudiante incluyó: investigación bibliográfica, producción de texto académico y presentación al grupo de clase de lo realizado. Desde el docente formador se realizó el pautado del tema a investigar, el apoyo y el monitoreo de la producción escrita realizada por los estudiantes. La experiencia educativa muestra buenos resultados en la integración del conocimiento. Se señala el valor de analizar las construcciones teóricas de la ciencia junto con los procesos sociales, culturales y tecnológicos que se van dando a la par y que están intrincados de una u otra forma.

39

**Palabras clave:** enfoque CTS, enseñanza de la zoología, cefalópodos, comunicación visual, formación docente

---

\* Recepción del artículo: 23/05/2016. Entrega de la evaluación definitiva: 26/09/16.

\*\* *Javier Grilli Silva*: profesor de zoología y didáctica de la biología en el Ce.R.P del Litoral, Salto, Uruguay. Correo electrónico: javier.grilli@gmail.com. *Juan Coelho*: estudiante avanzado del profesorado de biología en el Ce.R.P del Litoral, Salto, Uruguay. Correo electrónico juancho1121.jc@gmail.com.

É frequente, na formação inicial de um professor, que as disciplinas próprias da especialidade acompanhem a lógica da disciplina com que se correspondem. Neste trabalho, é apresentada uma experiência desenvolvida na formação inicial do curso de professores de biologia, onde foram apresentados temas de zoologia com uma abordagem de tipo CTS. Foi estudado o grupo animal dos cefalópodes com ênfase na comunicação visual que estes desenvolvem, a qual foi relacionada com aplicações tecnológicas e com questões sociais e culturais relativas à comunicação visual em humanos. A proposta de trabalho para o estudante incluiu: pesquisa bibliográfica, produção de texto acadêmico e apresentação à turma do trabalho realizado. O professor deu as indicações sobre o tema a ser pesquisado, apoiou e monitorou a produção escrita realizada pelos estudantes. A experiência educacional mostra bons resultados na integração do conhecimento. Aponta-se o valor de analisar as construções teóricas da ciência junto com os processos sociais, culturais e tecnológicos que vão se desenvolvendo paralelamente e estão relacionados de uma ou outra forma.

**Palavras-chave:** abordagem CTS, ensino de zoologia, cefalópodes, comunicação visual, formação de professores

*In teachers' initial training it is usual for the specialization's subjects to follow the logics of their discipline. This paper presents an experience developed in a biology teacher training course, where the zoology topics were taught with an STS approach. The animal group under study were cephalopods, stressing on their visual communication, which was linked to technological applications and social and cultural issues regarding visual communication in humans. The students' work proposal included: research of the literature, production of academic texts and presentation of their work in front of the class. The trainer specified the topic to be researched, and supported and monitored the students' written production. The educational experience shows good results in the integration of knowledge. This paper highlights the value of analyzing theoretical constructions of science together with social, cultural and technological processes that take place throughout and that are interrelated in one way or another.*

**Key words:** STS approach, teaching zoology, cephalopods, visual communication, teacher training

## Introducción

La forma en que se abordan los temas disciplinares en la formación de un profesor tiene mayor impacto o incidencia en la conformación de su identidad profesional que el discurso teórico pedagógico que recibe (Blanco, 1999; Vezub, 2002; Prieto, 2004; Marcelo, 2007; Bolívar, 2007). Enseñar a través del ejemplo aquello que se pretende que el alumno realice cuando egrese es parte fundamental de la “receta” para lograrlo (Marcelo, 1995; Fernández, 1999).

Es habitual que las asignaturas específicas de un profesorado de ciencias sigan, en su planteamiento de temas, la lógica de la disciplina con que se relacionan. Los programas oficiales suelen proponer una secuencia de temas que se corresponde con dicha lógica. El abordaje de temas conforme a estas propuestas contribuye a configurar una concepción de la naturaleza de la ciencia (NDC) que no es la deseable. Los enfoques que se le dan a los temas en las distintas disciplinas científicas van configurando en el aprendiz de las mismas una determinada concepción sobre la naturaleza de la ciencia (NDC).

Prestar atención a las circunstancias y a los contextos socioculturales, políticos y económicos que influyen en el desarrollo de las ciencias es parte fundamental en la enseñanza de las mismas para que se dé una adecuada comprensión de la NDC (Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2016). En este sentido el enfoque ciencia-tecnología-sociedad (CTS) en la enseñanza de las ciencias ha sido y sigue siendo una muy buena estrategia educativa para integrar los distintos aspectos que hoy se reclaman para una adecuada comprensión de la NDC (Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2016). En la misma línea, la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI) señala que “desde la propia práctica de la educación científica y tecnológica se reclaman nuevos modelos de enseñanza en los que la selección de los contenidos tenga más en cuenta la relevancia social de los temas y en los que las estrategias metodológicas estén orientadas hacia el estímulo de vocaciones en ciencia y tecnología y el desarrollo de las capacidades para la participación pública”.<sup>1</sup>

Los enfoques CTS en la educación suponen entonces la confluencia de propuestas que promuevan la participación de los ciudadanos en los problemas sociales y ambientales. Supone el desarrollo de capacidades y de motivación que permitan a la persona una participación responsable y crítica en las decisiones que orientan el desarrollo de la ciencia y la tecnología (García *et al.*, 2001). Implica el desarrollo de propuestas educativas que aborden las relaciones de la sociedad con la ciencia y la tecnología, viéndose claramente las aportaciones de la ciencia a la cultura y al progreso de la sociedad (Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2016).

La experiencia educativa que presentamos aborda un tema de la asignatura Zoología I, de la carrera de profesorado de biología en Uruguay. La asignatura

---

1. Educación con enfoque “Ciencia, Tecnología y Sociedad” en Iberoamérica (Educación CTS). Más información en: <http://campus-oei.org/ctsi/educacioncts.htm>.

corresponde al tercer año de la formación inicial de un profesor de biología para la educación media. Se trabajó el tema disciplinar en consonancia con una visión interdisciplinar y humanista. Se implementó para esto una estrategia de enseñanza utilizando el enfoque CTS (González, López y Lujan, 1996). Se vincularon los aspectos anatómicos y fisiológicos del grupo animal en estudio -los cefalópodos- con aspectos culturales, sociales y aplicaciones tecnológicas que los alude. La experiencia se dio en un instituto de formación de profesores del Uruguay, en el interior del país, ubicado al norte de Montevideo.

Se presentó a los estudiantes de Zoología I, a principio de 2015, seis temas propuestos por el programa oficial de la asignatura, para ser abordados con un enfoque de tipo CTS. Entre los alumnos se conformaron seis equipos que recibieron por sorteo uno de los temas propuestos. Cada equipo realizó a lo largo del año una investigación bibliográfica que condujo a la redacción de una monografía y, finalmente, la presentación oral al grupo clase del trabajo efectuado. Desde el docente de la asignatura se realizó un pautado de grandes tópicos a cubrir en cada uno de los seis temas; se fue reorientando el trabajo a partir de la corrección de avances o borradores de la monografía y, por último, se evaluó la experiencia. Se utilizó para todo el proceso el recurso documento y carpetas compartidas del Google Drive, lo que permitió un diálogo fluido y eficaz entre los alumnos de cada equipo constituido y el docente. Finalmente, en el momento del año que correspondía tratar el grupo animal involucrado en el tema CTS, el equipo correspondiente presentó a todo el grupo el trabajo realizado.

42

Uno de los seis equipos, el número 4, trabajó el grupo taxonómico de los cefalópodos, contenido en la Unidad n° 7 del programa oficial de la asignatura.<sup>2</sup> En consonancia con un enfoque educativo CTS, el pautado que se hizo del tema (para realizar la investigación bibliográfica y para la producción de la monografía) buscó orientar el trabajo hacia el establecimiento de vínculos entre los contenidos disciplinares zoológicos con aplicaciones tecnológicas y con distintas derivaciones sociales y culturales, referidas a la comunicación visual. En el **Cuadro 1** se presentan los principales puntos propuestos al equipo para realizar el trabajo. Como resultado del enfoque aplicado a esta unidad del programa, se obtuvo una significación diferente como lo muestra la evaluación realizada de la experiencia. Se recogen para este artículo algunos de los vínculos desarrollados, así como distintas conclusiones de la experiencia educativa extraídas de la evaluación realizada.

---

2. Programa disponible en: [http://www.cfe.edu.uy/images/stories/pdfs/planes\\_programas/profesorado/plan\\_2008/biologia/tercero/zoologia\\_1.pdf](http://www.cfe.edu.uy/images/stories/pdfs/planes_programas/profesorado/plan_2008/biologia/tercero/zoologia_1.pdf).

**Cuadro 1. Pautado del tema CTS n° 4. Orientaciones generales dadas al equipo para realizar la investigación bibliográfica y la producción monográfica**

**La comunicación visual en los cefalópodos**

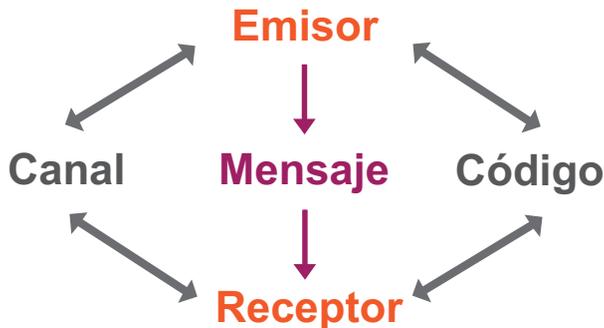
- \* Componentes de la comunicación visual: emisor, receptor, mensaje, código y canal
- \* Bases biológicas de la comunicación visual en cefalópodos
- \* Camuflaje, mimetismo y engaño en cefalópodos
- \* El “rey de la imitación” en los animales invertebrados: *Thaumoctopus mimicus*
- \* Piel, vestimenta y coloración en la comunicación visual de humanos: ¿hay puntos de comparación con lo que sucede en cefalópodos?
- \* Aplicaciones tecnológicas de los principios biológicos que se dan en el camuflaje de los cefalópodos

Fuente: elaboración propia

**1. Bases biológicas de la comunicación visual en cefalópodos. Una mirada científica del tema desde la zoología y la ecología.**

Para hablar de la comunicación visual en un grupo animal debemos definir que entendemos por comunicación. La palabra proviene del latín *comunicare*, que significa compartir, poner algo en común. El ser humano necesita comunicarse, una de las características principales que lo definen como ser social. Esta característica no es exclusiva de la especie humana o de los homínidos; por el contrario, es moneda corriente en los organismos del reino animal. La comunicación tiene diversos fines: reproductivos, alertar al grupo, ahuyentar a otro organismo y anunciar la presencia de alimento, entre otros.

Se define comunicación animal como el tipo de interacción donde la información transmitida por un animal (o grupo de animales) afecta el comportamiento de otros animales (Martínez, 2003). El primer intento registrado por entender el proceso comunicativo se remonta a la Grecia Antigua. En sus tratados filosóficos, Aristóteles diferenció al hombre de los animales por la capacidad de tener un lenguaje; habló de tres elementos básicos en la comunicación: emisor, mensaje y receptor. En el siglo XX se proponen distintos modelos de la comunicación que suman a la propuesta aristotélica dos elementos más: el concepto de código y de canal. Se entiende por código al sistema de significados que tanto el emisor como el receptor comparten, permitiéndoles entender la información del mensaje; el canal es el medio físico por el que se transmite el mensaje (**Figura 1**). Este esquema básico de la comunicación es aplicable no sólo a los humanos sino a los animales en general.

**Figura 1. Modelo de la comunicación animal**

Nota: la propuesta tiene su origen en Aristóteles, con el agregado posterior de los componentes “código” y “canal”.  
Fuente: elaboración propia

Existen diversas maneras o tipos de comunicación en los animales: verbal, no verbal, escrita, kinésica, proxémica, auditiva y química. Cada una de ellas utiliza un código diferente para hacer llegar el mensaje al receptor. Tan amplia es la gama en cuanto a la comunicación animal que hay una ciencia, la zoosemiótica, que estudia los métodos y fenómenos que utilizan los diferentes animales para comunicarse entre sí.

44

En este trabajo nos centramos en la comunicación del tipo visual; es decir: aquella que tiene como vía de recepción de la información el sentido de la vista. Específicamente veremos la comunicación que se da en organismos cefalópodos y en el aspecto social del enfoque CTS, y estableceremos algunos vínculos con la comunicación visual humana. En el aspecto tecnológico consideraremos algunas aplicaciones que se están haciendo a partir del modelo biológico de los cefalópodos. Audesirk plantea que la comunicación visual es una de las más eficaces a corta distancia (Audesirk, Audesirk y Byers, 2013). La clasifica en activas, cuando hay un movimiento o una determinada postura del animal, y pasivas cuando es el tamaño, la forma o el color del animal la manera de comunicar información. Los cefalópodos utilizan de manera notable las dos maneras o formas de comunicación visual.

Los cefalópodos son una clase dentro del *Filo Mollusca*, considerada la más especializada dentro del taxón. Fueron los primeros seres inteligentes del planeta, como lo demuestran los estudios sobre el genoma y el sistema nervioso de los pulpos (Albertin *et al.*, 2015). No obstante, en términos evolutivos se los considera una clase en decadencia: hoy en día se conocen unas 400 especies en comparación con las más de 10.000 formas fósiles que se han encontrado.

Por varias razones son animales peculiares dentro de los invertebrados: algunos alcanzan a tener los mayores tamaños dentro de esta clase. Cuentan con un cuerpo alargado y blando que les permite cambiar de forma. Producto de la evolución, el

cuerpo se alargó en sentido del eje dorso ventral que se transformó en el eje anteroposterior, por un cambio funcional en el modo de locomoción. La cavidad del manto, originalmente posterior, pasa a ser ventral; los tentáculos se encuentran en la parte anterior del cuerpo y la giba visceral en la posterior (Ruppert y Barnes, 1996).

La mayoría de los cefalópodos son pelágicos: nadan por expulsión rápida de agua combinada con sistemas de flotación que les permiten desplazarse sin demasiado esfuerzo. Algunos calamares pueden alcanzar velocidades de nado superiores a cualquier otro invertebrado acuático.

Son animales carnívoros que cuentan con una lengua de “dientes” raspante llamada “rádula”; complementa el sistema un par de “mandíbulas” en forma de pico que les permite morder y desgarrar. Poseen numerosos brazos, así como una glándula productora de tinta, la que liberan si el animal se siente amenazado. Esta tinta genera una distracción para la amenaza y permite que el animal huya o se camufle; además, la tinta contiene tirosinasa y otros compuestos que reducen la eficiencia de los órganos gustativos y olfativos que son los que utilizan algunos depredadores de los pulpos, como es el caso de los tiburones (Harmon, 2014).

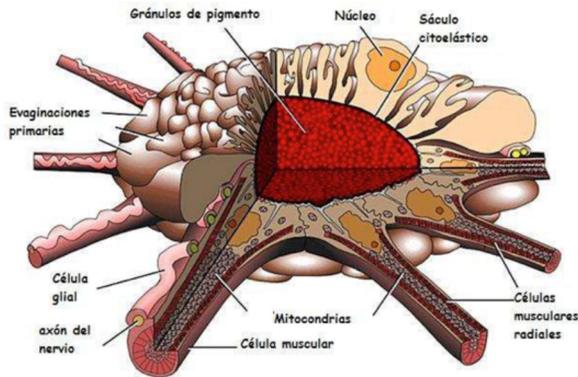
La destreza nadadora y el hábito carnívoro de estos animales están en estrecha relación con el gran desarrollo del sistema nervioso. Cuentan con un cerebro formado por la fusión de todos los ganglios cerca del esófago. El grado de desarrollo es tal que se ha comprobado experimentalmente que determinados ganglios tienen determinadas funciones o controlan determinadas zonas en el cuerpo del animal.

45

Si bien todas las características anteriormente mencionadas lo hacen un grupo animal muy peculiar, la característica más notable es el desarrollo de lo visual como principal forma de comunicación. En particular la capacidad de mimetizarse con el entorno es una de las más notables desarrolladas por organismos del reino animal.

El desarrollo del sistema nervioso y las características del tegumento son la base biológica del desarrollo de la comunicación visual en estos moluscos. Los cromatóforos son las células de la piel responsables de la coloración; son los portadores de los pigmentos. Actúan de una manera particular: dependen de la contracción o relajación de fibras musculares que se insertan en la periferia de ellos para que el color del pigmento se visualice más o menos (**Figuras 2 y 3**). Son células controladas principalmente por el sistema nervioso central, siendo la visión el estímulo principal para desencadenar la respuesta. En muchos casos el cambio de la coloración del animal (que le permite el camuflaje), responde a estímulos visuales externos.

**Figura 2. Estructura de un cromatóforo**



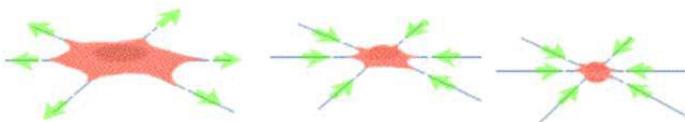
Nota: presenta una célula portadora de pigmento (cromatóforo propiamente dicho), varias células musculares, nervios de cada una de ellas y glías que lo acompañan. El pigmento se encuentra dentro de un órgano llamado sáculo citoelástico, de paredes extensibles. Entre cuatro y 24 células musculares se anclan a la célula radialmente por la membrana y ésta a su vez se ancla al sáculo citoelástico.

Fuente: [http://alooptico.us.es/portaleto/comunicacion\\_cefalopodos/cefa\\_neuroanatomia.htm](http://alooptico.us.es/portaleto/comunicacion_cefalopodos/cefa_neuroanatomia.htm)

46

Algunas especies poseen cromatóforos de varios colores, lo cual les permite mimetizarse de mejor manera con su entorno. Entre los colores que cuentan están el negro (melanóforos), amarillos (xantóforos), rojos (eritróforos), azules (cianóforos), los que pueden disponerse agrupados o dispuestos en capas superpuestas. De esta manera, la coloración cambiará dependiendo de la contracción de las fibras musculares que están asociadas a los cromatóforos de una capa u otra del tegumento.

**Figura 3. Fisiología del cromatóforo**

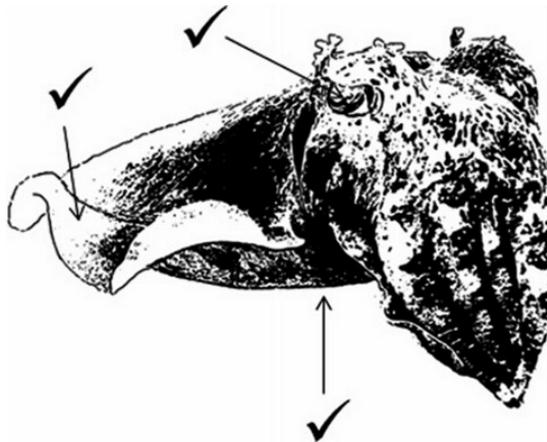


Nota: cuando se contraen los músculos, el cromatóforo se extiende para formar una gran placa, haciendo notorio o visible el pigmento que contiene en el sáculo citoelástico (dibujo de la izquierda). Cuando se relajan las fibras musculares, el pigmento se hace menos notorio.

Fuente: producción propia

El calamar de la especie *Loligo vulgaris* es generalmente de coloración muy pálida y se oscurece solamente cuando se siente amenazado. Presenta colores que podrían considerarse “defensivos” con manchas en su cuerpo que alertan de su estado. Diversos estudios realizados indican que los cefalópodos cuentan con otro método para “ver”: utilizan la piel. En 2010 el biólogo marino Roger Hanlon y su equipo encontraron “opsinas” (proteínas sensibles a la luz) en la piel de los cefalópodos, lo cual sugería que estos animales podrían llegar a ver a través de su piel (Mâthger, Roberts y Hanlon, 2010) (**Figura 4**).

**Figura 4. Ubicación de la opsina dérmica en *Sepia officinalis***



47

Nota: los estudios realizados en esta especie indicaron que la secuencia de aminoácidos de la opsina fue idéntica para la retina del ojo y la piel de la aleta, mientras que en la piel ventral diferían por un único aminoácido.

Fuente: <http://rsbl.royalsocietypublishing.org/content/6/5/600>

Este descubrimiento abrió nuevas posibilidades y diferentes científicos se interesaron por el tema. Desmond Ramírez y Tood Oakley experimentaron con pulpos y pudieron comprobar que estas opsinas podían captar estímulos luminosos y como respuesta la coloración de la piel cambiaba, corroborando así las suposiciones de Hanlon y su equipo (Ramírez y Oakley, 2015). Ramírez afirma que “la piel de este pulpo no detecta la luz con el mismo detalle que sus ojos y su cerebro (...) Sin embargo, sí puede sentir un aumento o cambio en la luz. Su piel no registra, por tanto, los contornos o el contraste, sino más bien el brillo”.<sup>3</sup>

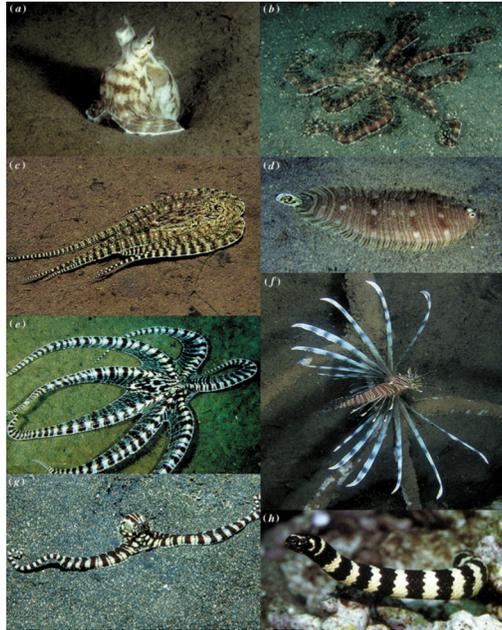
3. Más información en: [http://www.tendencias21.net/Un-pulpo-californiano-ve-por-la-piel\\_a40479.html](http://www.tendencias21.net/Un-pulpo-californiano-ve-por-la-piel_a40479.html).

## 2. Camuflaje, mimetismo y engaño. Una mirada social al tema de la comunicación

En la comunicación visual de los animales podemos reconocer dos grandes formas de engaño utilizadas con el objetivo de evitar la depredación, conseguir alimento, aparearse u otra razón biológica. Ellas son el mimetismo y el camuflaje. El primero se da cuando un animal se asemeja a otro de diferente especie; el camuflaje refiere al parecido que tiene una especie animal a un objeto inanimado. Ambas modalidades explotan la imitación y representan formas de engaño bastante habituales en distintos grupos animales.

Uno de los mayores imitadores de la naturaleza es un cefalópodo: el “pulpo imitador”, *Thaumoctopus mimicus*. Además de mimetizarse con el fondo marino, arena o rocas, imita a otros animales tanto en su coloración como en la forma y comportamiento. Cuando no está imitando, su coloración es blanca y negra lo que sugiere cierta peligrosidad para algún potencial depredador. Cuando se ve amenazado puede llegar a imitar al animal que mayor peligro representa para el depredador que lo acecha. Es capaz de asemejarse en apariencia física y en los movimientos a más de quince especies diferentes de animales; algunos de ellos son: una serpiente marina ponzoñosa (*Laticauda colubrina*), el pez león (*Pterois antennata*), el lenguado, la anémona, la anguila, la estrella de mar, el cangrejo gigante, la raya, la platija, la medusa y el camarón mantis (Norman, Finn y Tregenza, 2001) (**Figura 5**).

**Figura 5. Mímicas de *Thaumoctopus mimicus***



49

Nota: a) estado centinela en la boca de una madriguera; b) patrón de color normal en el pulpo; c) con un patrón de coloración apropiado, el pulpo aplana su cuerpo y nada al ras del fondo con los tentáculos estirados hacia atrás; se asemeja así a un lenguado; d) lenguado del género *Zebra sp*; e) pulpo imitando al pez león; f) pez león del género *Pterois sp*; g) ante la amenaza de un pez damisela, el pulpo oculta seis de sus tentáculos y junta los otros dos al tiempo que adquiere el patrón de colores propio de una serpiente marina ponzoñosa; h) serpiente ponzoñosa de mar del género *Laticauda sp*.  
Fuente: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1088805/>

*T. mimicus* comunica visualmente a otras especies no sólo por los cambios de coloración que experimenta, sino también por los cambios en su aspecto morfológico general, así como por el comportamiento en el desplazamiento y el nado. De esta forma, el individuo logra evitar potenciales depredadores o utilizar el cambio como herramienta para cazar a sus presas.

El pulpo imitador es un cefalópodo que utiliza muy bien el denominado mimetismo aposemático: un animal inofensivo imita a otro que sí es peligroso, logrando así salir con éxito de la situación que se le plantea. Lo que más sorprende en los cefalópodos, y en el pulpo imitador en particular, es la versatilidad con que puede mimetizarse en ausencia de la especie imitada.

Además de ser utilizado como estrategia de supervivencia, el mimetismo les sirve como estrategia de cortejo o galantería. Veamos este aspecto. Salvo algunas excepciones los cefalópodos son por lo general dioicos y su reproducción implica cópula. Uno de los brazos del macho se modifica y pasa a llamarse “hectocótilo”, que

funciona como órgano copulador. La cópula tiene lugar mientras los animales nadan. Como generalmente los machos superan en número a las hembras (en algunos casos por diez a uno), se da una verdadera batalla entre los diferentes individuos para lograr el objetivo. Los machos exhiben colores brillantes antes del apareamiento para alertar a los demás congéneres y mostrar a las hembras fortaleza y buena salud, pues son éstas las que eligen con quién van a reproducirse.

La coloración de galanteo que adquieren los machos consiste en rayas blancas y negras; con sus tentáculos también intentan llamar la atención de las hembras formando una especie de cestas, siguiéndolas a todas partes hasta lograr el objetivo. Durante el galanteo las hembras también suelen cambiar de color, aceptando el macho o demostrando su incomodidad con él. El mimetismo también es utilizado por machos pequeños para poder acercarse a las hembras que están rodeadas por grandes machos. Estos animales de menor porte se camuflan de tal manera que se asemejan a las hembras tanto en coloración como en comportamiento; de esta manera logran acercarse a la hembra y copular. Se ha observado que muchas hembras eligen a machos más pequeños que desarrollan esta capacidad.

En algunos casos también los machos pueden polarizar su coloración. En la zona del cuerpo que la hembra ve su color, éste es el de galanteo; en la zona corporal que los demás machos están viendo se asemeja a otra hembra. De esta manera evitan la competencia con otros individuos de su mismo género (**Figura 6**).

50

**Figura 6. Camuflaje polarizado en sepias**



Nota: el ejemplar de la derecha es un macho que está mostrando a la hembra (ubicada hacia su izquierda) un patrón de colores tipo cebra, propio del galanteo o cortejo. La mitad derecha del cuerpo del macho presenta un patrón de colores propio de las hembras, confundiendo así a otros machos que podrían serle potenciales competidores.

Fuente: <http://www.n-tv.de/wissen/Tintenfische-flirten-getarnt-article6639831.html>

Hay una relación entre el estado de ánimo de un pulpo y los cambios de color que experimenta: aparecen ondulaciones azules cuando está excitado, se vuelve pálido cuando tiene miedo y dominan los colores rojizos cuando está furioso. La piel de los cefalópodos es, pues, un reflejo de intenciones biológicas y de estados de ánimo.

En este trabajo nos preguntamos: ¿qué podemos decir de los humanos en estas cuestiones de comunicación visual vinculadas con la sexualidad y con los estados de ánimo? ¿Hay un sustrato fisiológico compartido con animales como los cefalópodos? No cabe duda de la relevancia que el sentido de la visión tiene para los homínidos y para los humanos en particular. Por medio de los ojos capturamos la imagen de lo que nos gusta y de quién nos gusta. Para nosotros el color no es sólo sensación, sino también emoción. Como en los cefalópodos, bajo determinadas circunstancias la piel es un buen indicador del estado anímico de una persona. Así, por ejemplo, la cara se ruboriza por vergüenza, júbilo o estrés, y palidece con la ira y el pánico (Tribó, 2006). La entrevista psicológica atiende muy especialmente estas manifestaciones del paciente en la consulta. En el plano de lo psicopatológico, la piel pasa a ser muchas veces el depositario de las somatizaciones. La psicodermatología es una rama de la ciencia que se ocupa del estudio de los pacientes que consultan al dermatólogo y cuyo proceso cutáneo tiene asociado un componente psicológico o psiquiátrico. Por su parte, la psiquiatría estudia las manifestaciones dermatológicas de los pacientes con depresión (Zamorano, 2004).

Heller (2008) afirma que colores y sentimientos no se combinan de manera accidental. Por el contrario, sus asociaciones dependen de experiencias universales profundamente enraizadas desde la infancia en nuestro lenguaje y pensamiento. El efecto de cada color está determinado por su contexto; es decir: por la conexión de significados en la cual percibimos el color. El contexto pasa a ser así el criterio para determinar si un color resulta agradable, falso y carente de gusto, entre otros.

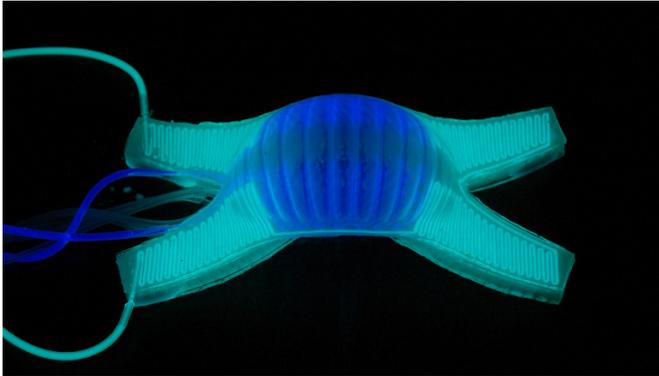
Las conexiones entre color y atracción sexual en los humanos han sido y son un tema de amplio estudio. Muchos de estos buscan las raíces biológicas. Según la teoría cromoterapéutica (que tiene sus bases contemporáneas en la propuesta del Dr. Dinshah Ghadiali, realizadas en 1933), la luz y los colores activan diferentes procesos bioquímicos en el cuerpo humano, sobre todo en la sexualidad. Así, cada color tendría, según esta teoría, un uso para diferentes fines. Por ejemplo, el rojo demuestra pasión, el rosa representa la ternura o el amor dulce, mientras que el violeta es la fantasía y el erotismo. Por su parte, los estudios realizados por el psicólogo Adrew Elliot muestran que nuestra ropa, principalmente su color, influye de manera directa en la atracción sexual. El color rojo hace que los hombres sean más atractivos para las mujeres, ya que resalta su masculinidad y los hace ver arriesgados y decididos. Elliot identificó que las mujeres relacionan a quienes se visten de rojo con el estatus, el dinero y las posibilidades de éxito. Esta respuesta tiene raíces biológicas que la conectan con lo que sucede en los machos *alfa* de especies como los mandriles (Elliot y Niesta, 2008; Elliot *et al.*, 2010).

## 2. Cefalópodos, camuflaje y tecnología. Una mirada “T” en el enfoque CTS

A partir de lo interesante que resultan los cefalópodos por las habilidades que presentan en el camuflaje, distintas investigaciones biotecnológicas se han abierto. Una de las ramas de interés es la del camuflaje militar; la industria busca aquí desarrollar prendas que tengan características similares a la piel de los cefalópodos. El camuflaje militar es la habilidad por la cual un objetivo pasa desapercibido de la mirada de un soldado enemigo, confundiendo con el entorno que le rodea. El objetivo del camuflaje es disimular la presencia de soldados, tropas, armas, material de guerra u otro componente militar, dándoles una apariencia que engañe al contrario. La primera unidad militar de camuflaje fue creada durante la Primera Guerra Mundial por el ejército francés en 1915. El cambio introducido representó el fin de los coloristas uniformes decimonónicos, que tanto habían contribuido en las batallas a ser blanco fácil para el enemigo. Científicos de las Universidades de Illinois y Houston presentaron un nuevo tipo de camuflaje inspirado en los pulpos y calamares (Yu *et al.*, 2014). Funciona con una tecnología denominada “camuflaje optoelectrónico”, basada en una red de microceldas de un milímetro y adaptadas con conductores de calor. Por ahora el sistema desarrollado solamente puede trabajar sobre blanco y negro con una escala de grises, pasando al tono oscuro a bajas temperaturas y a colores claros cuando la temperatura sube por encima de los 47°C.

La ropa para el camuflaje militar es un área de aplicación de esta tecnología, pero no la única. La industria apunta también a la creación de ropas inteligentes que además de vestir a las personas puedan enfriarnos (en situaciones de alta temperatura) o calentarnos (en situaciones de baja temperatura). La ropa con computadoras añadidas y con otras virtudes tecnológicas ha pasado de ficción propia de las películas futuristas a ser una realidad cada vez más posible. La biomimesis puede transformarse en un futuro próximo en una potente tecnología para desarrollar sistemas basados en los éxitos evolutivos que organismos como los cefalópodos fueron acumulando a lo largo de los tiempos geológicos.

Otra de las innovaciones tecnológicas es la creación de robots con capacidades similares a pulpos calamares y sepias en cuanto a la imitación de su entorno. Además de la capacidad de mimetizarse, esta nueva generación de robots busca un cambio: imitando a los pulpos, estos nuevos artefactos son blandos y flexibles, a diferencia de los ordinarios. Un posible campo de aplicación para esta nueva tecnología es el de la cirugía (**Figura 7**).

**Figura 7. Biomimesis**

Nota: los robots duros requieren un mecanismo de retroalimentación sofisticado para determinar la cantidad de fuerza que deben aplicar durante la cirugía, con el fin de no dañar los tejidos. Por el contrario, los robots blandos, como el prototipo que se muestra en la imagen, entrarían en espacios pequeños reconfigurando su forma y reduciendo la probabilidad de daño quirúrgico.

Fuente: <http://www.pbs.org/wgbh/nova/next/tech/soft-robots-could-provide-surgical-relief/>

Los casos presentados integran una nueva tecnología que se abre paso con ímpetu, la biomimesis: tecnología que imitando la naturaleza crea robots y aparatos. A diferencia de la robótica convencional, que es rígida e inflexible, la biomimesis se enfoca en las estructuras cambiantes que la naturaleza sabe producir (como por ejemplo el camuflaje de los cefalópodos). Los llamados músculos artificiales son un producto de esta rama tecnológica. Utilizando polímeros “inteligentes”, electroactivos, conectados a un circuito eléctrico, se logra que se contraigan y vuelven al estado original con un cortocircuito. Estos músculos artificiales creados pueden imitar la acción muscular y dan lugar a un potente efecto óptico (Rossiter, Yap y Conn, 2012; Wilson *et al.*, 2013).

53

### Conclusión y reflexiones

La evaluación de la experiencia educativa incluyó la corrección del trabajo monográfico producido, la valoración del equipo en el desempeño en la clase dada al grupo para presentar lo investigado, la observación de las prácticas pre-profesionales en la escuela de práctica y la aplicación de un cuestionario donde se valoró toda la experiencia. Con base en los resultados de estas evaluaciones efectuadas, haremos algunas reflexiones y consideraciones de la propuesta educativa desarrollada en formación docente.

Un buen profesor debe realizar vínculos entre los contenidos de su especialidad (biología en nuestro caso) con la vida cotidiana y con las demandas de la sociedad donde se vive y participa (Grilli, 2015 y 2016). El enfoque CTS dado al tratamiento de

algunos temas del programa oficial de la asignatura Zoología I mostró resultados alentadores en la conformación de un profesor de ciencias con las características señaladas. Así, por ejemplo, se observó en las prácticas docentes pre-profesionales el tratamiento de temas que buscaban integrar el conocimiento disciplinar, promover la interacción e intercambio interdisciplinar y humanizar la ciencia. Un caso concreto de esto se dio en la enseñanza de los “niveles de organización de los seres vivos”, un tema del programa de biología para la educación media básica uruguaya. El tema fue trabajado por los profesores practicantes con y a través de distintos grupos animales estudiados en el curso de Zoología I: tenia *Echinococcus granulosus* del perro y lombriz de tierra *Eisenia foetida*. La enseñanza se realizó con un enfoque de tipo CTS, abarcando no sólo lo estrictamente disciplinar sino otros aspectos referidos al proceso constructivo del conocimiento, las implicancias o repercusiones en el pensamiento social y cultural, y posibles aplicaciones tecnológicas que involucran los animales considerados. La enseñanza también implicó algunas instancias de coordinación con profesores de otras asignaturas que conforman la malla curricular de la educación media básica, por ejemplo historia y geografía, lo cual sirvió para dar una visión más amplia de la realidad estudiada.

La estrategia educativa de abordar temas programáticos de la disciplina con un enfoque de tipo CTS ayudó al estudiante de profesorado a dar sentido y relevancia a lo aprendido. Contribuyó a que en la educación superior se dé lo que López y Puentes (2011) llaman “cambios en los principios organizativos del conocimiento”: pasar de estructuras curriculares agregadas, yuxtapuestas, enciclopédicas a estructuras curriculares integradas, interdisciplinarias, abiertas, y dialogantes. Lograr este cambio es un importante desafío para la educación superior y para la formación docente en particular.

Acevedo-Díaz y García Carmona (2016) señalan la importancia de una formación del profesorado con un currículo de ciencia escolar y de implementación en el aula que atienda la NDC. Construir conocimientos escolares en sintonía con lo que sucede en la comunidad científica, viendo los vínculos de ésta con la sociedad y con la tecnología, es encaminarnos al objetivo de formar docentes con una adecuada concepción de la NDC. Al respecto nos parecen significativas las expresiones de un estudiante que, valorando la experiencia, señaló: “Enseñar y aprender zoología con un enfoque de tipo CTS nos llevó a tratar cuestiones insospechadas en una clase de zoología. Nunca me había puesto a pensar que algunos conocimientos de la anatomía y fisiología de los animales cefalópodos pudieran tener influencia en las producciones tecnológicas vinculadas con la biomimesis y con la producción de vestimentas humanas”.

Los profesores en formación que vivieron la experiencia educativa señalaron también como valiosos otros aspectos de la propuesta. Un estudiante sostuvo: “La tarea de producir un trabajo monográfico con los estándares propios de un texto académico fue muy formador”. Se remarca el valor que tuvo el “tener que aprender a buscar y seleccionar información, de distintas fuentes, pertinente al objetivo que se tenía y atendiendo al carácter científico de la misma”. Cumplir con esto trajo aparejado, en más de una oportunidad, la necesidad de utilizar bibliografía en inglés,

para lo cual el manejo de traductores *online*, así como el establecimiento de vínculos con compañeros estudiantes y con docentes del profesorado de lengua inglesa, fue fundamental.

Otro aspecto de la realización de un trabajo monográfico con un enfoque de tipo CTS que los estudiantes resaltan como muy formativo fue el pautado o guía que el docente del curso aportó para armar la monografía. Desde los aspectos formales como la correcta citación y referenciación bibliográfica, hasta las cuestiones de estética y diagramado del texto, son señalados como motivadores y relevantes. Finalmente, pero no menos importante, el acompañamiento del docente a través de la carpeta y documentos compartidos del *Google Drive* permitió aportar materiales y recibir orientaciones oportunas durante todo el proceso de producción textual.

Finalizamos las conclusiones con la siguiente reflexión de un estudiante: “La propuesta de trabajo nos llevó a analizar las construcciones teóricas junto con los procesos sociales, culturales y tecnológicos que se van dando a la par y que están intrincados con ellas de una u otra forma”. Enseñar y aprender en formación docente temas de ciencias con un enfoque de tipo CTS es una opción que apunta claramente a un profesional abierto, crítico y participativo. La forma en que se abordan los temas disciplinares durante la formación inicial de un profesor tiene mayor incidencia en la conformación de la identidad profesional que el discurso teórico pedagógico que recibe.

55

## Bibliografía

ACEVEDO-DÍAZ, J.A. y GARCÍA-CARMONA, A. (2016): “«Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado». Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica”, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 13, n° 1, pp. 3-19. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10498/18010>.

ALBERTIN, C., SIMAKOV, O., MITROS, T., WANG, Z., PUNGOR, J., EDSINGER-GONZALES, E., BRENNER, S., RAGSDALE, C. y ROKHSAR, D. (2015): “The octopus genome and the evolution of cephalopod neural and morphological novelties”, *Nature*, vol. 524, pp. 220–224. DOI: 10.1038/nature14668.

AUDESIRK, T., AUDESIRK, G. y BYERS, B. (2013): *Biología. La vida en la Tierra*, México, Pearson Educación de México.

BLANCO, N. (1999): “Aprender a ser profesor/a. El papel del prácticum en la formación inicial”, en F. Angulo Rasco, J. Barquín Ruiz y A. Pérez Gómez (coords.): *Desarrollo profesional del docente: política, investigación y práctica*, Madrid, Akal, pp. 379-398.

BOLIVAR, A. (2007): “La formación inicial del profesorado de secundaria y su identidad profesional”, *Estudios sobre Educación*, vol. 12, pp. 13-30.

ELLIOT, A. y NIESTA, D. (2008): "Romantic red: Red enhances men's attraction to women", *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 95, nº 5, pp. 1150-1164. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1037/0022-3514.95.5.1150>.

ELLIOT, A., NIESTA, D., GREITEMEYER, T., LICHTENFELD, S., GRAMZOW, R y MAIER, M. (2010): "Red, Rank, and Romance in Women Viewing Men", *Journal of Experimental Psychology*, vol. 139, nº 3, pp. 399-417. DOI: 10.1037/a0019689.

FERNÁNDEZ, M. (1999): *La profesionalización del docente: perfeccionamiento, investigación en el aula, análisis de la práctica*, Madrid. Siglo XXI de España Editores.

GARCÍA, E., GONZÁLEZ, J., LÓPEZ, J., LUJÁN, J., GORDILLO, M., OSORIO, C. y VALDEZ, C. (2001): *Ciencia, Tecnología y Sociedad: una aproximación conceptual*, OEI para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

GONZÁLEZ, M., LÓPEZ, J. y LUJÁN, J. (1996): *Ciencia, Tecnología y Sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*, Madrid, Tecnos.

GRILLI, J. (2015): "Sevend Pounds y Biología. Zoología y transplante de órganos en el epílogo del film, una experiencia en formación de docente", *Revista Didáctica de la Ciencias Experimentales y Sociales*, vol. 29, pp. 233-246.

GRILLI, J. (2016): "Cine de ciencia ficción y enseñanza de las ciencias. Dos escuelas paralelas que deben encontrarse en las aulas", *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 13, nº 1, pp. 137-148.

HARMON, K. (2014): *Octopus!: The Most Mysterious Creature in the Sea*, Nueva York, Penguin Group.

HELLER, E. (2008): *Psicología del color. Como actúan los colores sobre los sentimientos y la razón*, Barcelona, Editorial Gustavo Gili.

LÓPEZ, N. y PUENTES, A. (2011): "Modernización curricular de la Universidad Surcolombiana: integración e interdisciplinariedad", *Revista Entornos*, vol. 24, pp. 103-122.

MARCELO, C. (1995): *Formación del profesorado para el cambio educativo*, Barcelona, EUB.

MARCELO, C. (2007): "La formación docente en la sociedad del conocimiento y la información: avances y temas pendientes", *Olhar de professor, Ponta Grossa*, vol. 10, nº 1, pp. 63-90.

MARTÍNEZ, Y. (2003): "Comunicación animal. Un punto de vista humano", *Revista La Tadeo*, vol. 68, pp. 31-39.

MÂTHGER, L., ROBERTS, S. y HANLON, R. (2010): "Evidence for distributed light sensing in the skin of cuttlefish, *Sepia officinalis*", *Biol. Lett.*, vol. 6, pp. 600–603, DOI: 10.1098/rsbl.2010.0223.

NORMAN, M., FINN, J. y TREGENZA, T. (2001): "Dynamic mimicry in an Indo-Malayan octopus", *Proc. R. Soc. Lond. B*, vol. 268, pp. 1755-1758. DOI: 10.1098/rspb.2001.1708.

PRIETO, M. (2004): "La construcción de la identidad profesional del docente: un desafío permanente", *Revista Enfoques Educativos*, vol. 6, n° 1, pp. 29-49.

RAMÍREZ, M. y OAKLEY, T. (2015): "Eye-independent, light-activated chromatophore expansion (LACE) and expression of phototransduction genes in the skin of *Octopus bimaculoides*", *The Journal of Experimental Biology*, vol. 218, pp. 1513-1520. DOI: 10.1242/jeb.110908.

ROSSITER, J., YAP, B. y CONN, A. (2012): "Biomimetic chromatophores for camouflage and soft active surfaces". *Bioinspir. Biomim*, vol. 7. DOI: 10.1088/1748-3182/7/3/036009. Disponible en: <http://iopscience.iop.org/1748-3190/7/3/036009>.

RUPPERT, E. y BARNES, R. (1996): *Zoología de los Invertebrados*, México, McGraw Hill-Interamericana.

TRIBÓ, M. (2006): "Razones de Ser y Utilidad de la Psicodermatología", *Revista Elsevier*, artículo 141.353, vol. 21, n° 2, pp. 51-53.

57

VEZUB, L. (2002): "Los residentes en acción. Las tareas y preocupaciones en el proceso de inducción al magisterio", en M. C. Davini (coord.): *De aprendices a maestros. Enseñar y aprender a enseñar*, Buenos Aires, Papers Editores, pp. 79-119.

WILSON, E., ASSAF, T., PEARSON, M., ROSSITER, J., ANDERSON, S. y PORRIL, J. (2013): "Bioinspired Adaptive Control for Artificial Muscles", en N. Lepora, A. Mura, H. Krapp, P. Verschure y T. Prescott (2013): *Biometric and Biohybrid Systems. Second International Conference*, Living Machines 2013, London, UK, July 29–August 2, 2013. Proceedings, Springer.

YU, C., LI, Y., ZHANG, X., HUANG, X., MALYARCHUK, V., WANG, S., SHI, Y., GAO, L., SU, Y., ZHANG, Y., XU, H., HANLON, R., HUANG, Y. y ROGERS, J. (2014). "Adaptive optoelectronic camouflage systems with designs inspired by cephalopod skins", *PNAS*, vol. 111, n° 36, pp. 12998-13003.

ZAMORANO, E. (2004). *Sospecha de depresión en la consulta de Atención Primaria. Depresión y patología dermatológica*, Barcelona, EDIKAMED.