



¿Piensan, sufren y charlan las plantas? Las metáforas en la comunicación de la ciencia: el caso de la neurobiología vegetal

por **Leonardo González Galli**

leomgalli@gmail.com

Las metáforas en la comunicación de la ciencia

Muchas veces, para comprender mejor alguna teoría o concepto, o para facilitar su comunicación, encontramos conveniente pensar y hablar acerca de las entidades incluidas en la teoría en cuestión como si fueran otra cosa. Así, por ejemplo, decimos que el corazón es como una bomba mecánica. Queda claro –o así debería serlo– que el corazón no es una bomba mecánica sino que, en algún sentido, es como una bomba mecánica. Esto significa que el corazón se parece en ciertos aspectos y en cierto grado a una bomba, lo que al mismo tiempo implica que difiere de dicho artefacto en otros aspectos. Cuando hacemos esto estamos creando y utilizando una metáfora o analogía (aunque con frecuencia se distinguen ambos términos, para nuestros fines podemos usarlos indistintamente). El tema central del presente artículo es, precisamente, el uso de las analogías en la comunicación de las ciencias. Para los análisis que siguen conviene introducir algo de terminología. Diremos que en una analogía se comparan dos campos semánticos o mundos de significado: uno que nos resulta familiar y comprensible y que nos ayudará a comprender otro, menos familiar. Al primero lo llamaremos campo fuente o simplemente, análogo y al segundo lo denominaremos campo blanco u objetivo. En el ejemplo del corazón, el campo fuente es el mundo de conceptos y significados propio de la mecánica mientras que el campo blanco es el de la fisiología y anatomía cardíaca.

La psicología cognitiva muestra claramente que las analogías son una parte central del pensamiento humano (Pinker, 2007): siempre que buscamos comprender algo nuevo nuestra mente, de un modo automático y muchas veces no consciente, busca compararlo con algo ya conocido. Este rasgo cognitivo humano se refleja notoriamente en el lenguaje: usamos todo el tiempo expresiones metafóricas y la mayoría de los términos y expresiones tienen de hecho un origen metafórico (Lakoff y Johnson, 2012).

Leonardo González Galli es Dr. en Ciencias Biológicas y Profesor de Enseñanza Media y Superior en Biología por la Universidad de Buenos Aires (UBA). Realizó su tesis doctoral sobre obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural. Actualmente se desempeña como Investigador Asistente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET) y como Profesor Adjunto en el Profesorado de Biología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA. Es parte del Grupo de Didáctica de la Biología (CeFIEC, FCEN, UBA). También dicta clases en la Escuela Argentina de Naturalistas (perteneciente a la ONG Aves Argentinas / Asociación Ornitológica del Plata), institución de la que fue director durante el período 2011-2015. Su actual línea de investigación se centra en los problemas para el aprendizaje y la enseñanza de los modelos de la biología evolutiva, tema sobre el que ha publicado numerosos artículos en revistas especializadas y capítulos de libros y ha dictado conferencias y cursos de formación docente.

Dicho esto, cabría suponer que la utilización de este recurso en la enseñanza formal y la divulgación (me referiré colectivamente a ambas actividades como comunicación de la ciencia) de la ciencia estaría fuera de toda duda. Sin embargo, no es ese el caso. En efecto, el recurso a las metáforas en la comunicación científica ha sido cuestionado a partir de dos fuentes. Desde ciertas posturas epistemológicas de corte positivista, se ha pretendido que la buena ciencia solo debería utilizar un lenguaje literal. Por otro lado, desde el ámbito de la enseñanza se ha señalado que las metáforas podrían generar confusiones, por ejemplo al sugerir semejanzas espurias entre las entidades comparadas, por lo que convendría evitarlas. Sin embargo, ambas posturas son insostenibles. Por un lado, la epistemología y la historia de la ciencia muestran que las metáforas son omnipresentes en el discurso científico (Ciapuscio, 2003) y en los procesos cognitivos que le dan origen. Por otro lado, dado lo dicho en el párrafo anterior, la pretensión de basar la comunicación científica en un lenguaje puramente literal es ilusoria; tal como dijo el lingüista Steven Pinker (2007), "(...) las personas no pueden colocar dos palabras juntas sin recurrir a las alusiones y las alegorías (...)".

La cuestión no es si conviene o no utilizar metáforas (es inevitable) sino, más bien, qué constituye una buena metáfora y cuáles son los buenos modos para utilizarlas (Oliva et al., 2001). En este sentido, la investigación en didáctica de las ciencias naturales ha explorado las mejores formas de utilizar este recurso. De acuerdo con Linares e Izquierdo Aymerich (2006) algunas conclusiones generales de estas investigaciones son:

- 1) El análogo debe ser más accesible (familiar y comprensible) que el objetivo.
- 2) La analogía debe ser concreta (se debe poder representar mediante esquemas o maquetas).
- 3) El análogo debe simplificarse tanto como sea posible (solo reteniendo aquellos aspectos necesarios para la comprensión del objetivo).
- 4) El grado de semejanza entre análogo y objetivo debe ser intermedio (si es demasiado grande pierde interés porque ambos se ven como la misma cosa y si es demasiado pequeño porque no se ve la relación entre ambos).
- 5) Deben evitarse los análogos para los cuales los estudiantes ya tengan sus propias concepciones.

Armados con estas definiciones y análisis nos proponemos entonces analizar las implicancias (potencialidades y riesgos) de la analogía que subyace a la denominada neurobiología vegetal.

¿Qué es la "neurobiología vegetal"?

Podríamos asociar el origen de la neurobiología vegetal (NBV) a la publicación de un artículo en la revista *Trends in Plant Science* titulado "Plant neurobiology: an integrated view of plant signaling"¹ (Brenner et al., 2006) en el año 2006 y la creación, en 2005, de la Society for Plant Neurobiology² (posteriormente llamada The Society of Plant Signaling and Behavior) y un journal específico (*Plant Signaling & Behavior*)³.

Pero, ¿en qué consiste exactamente la NBV? La cuestión podría plantearse así: algunos científicos que investigan los sistemas de coordinación vegetal consideran que los conceptos de la fisiología vegetal ortodoxa resultan insuficientes para dar cuenta de la complejidad y sofisticación de dichos sistemas. Como una manera de potenciar el modo en que tratamos de comprender estos rasgos de las plantas estos investigadores consideran que es conveniente pensar sobre estos sistemas como si de sistemas nerviosos se tratara. Es decir, proponen una analogía según la cual los sistemas de coordinación vegetal son como los sistemas nerviosos de los animales⁴. Así, el sistema nervioso sería el análogo y los sistemas de coordinación vegetal serían los objetivos.

La NBV busca integrar todas las áreas de investigación sobre plantas para estudiar los mecanismos de señalización, coordinación y comunicación a todo nivel (desde el nivel celular al ecosistémico). Algunos temas centrales de la neurobiología vegetal son el rol de las señales eléctricas de larga distancia en la regulación de las respuestas de la planta, la síntesis y el rol de moléculas similares a los neuroreceptores y neurotransmisores de los animales y las funciones de las auxinas (un tipo de hormona vegetal) análogas a las funciones de comunicación de célula a célula de los neurotransmisores animales. Todos estos fenómenos vienen siendo estudiados desde hace muchas décadas, aunque parece cierto que la sofisticación de estas capacidades vegetales se está revelando superior a lo que se creía. Por ejemplo, algunos temas y hallazgos notables son:

- Manipulación de animales: ciertas plantas cuando son atacadas por insectos liberan sustancias volátiles que atraen a los depredadores de esos insectos. Otras, producen cafeína que no solo actúa como toxina contra determinados enemigos sino que además ayuda a que las abejas recuerden a esa planta, incrementando las probabilidades de que vuelva y con ello de que se logre la polinización.
- Capacidades sensoriales: las plantas tienen equivalentes de la vista, el olfato, el tacto y ¡el oído! Por ejemplo, en un experimento se vio que una planta responde a una grabación del ruido

1- "Neurobiología vegetal: una visión integrada de la señalización en las plantas".

2- "Sociedad para la Neurobiología Vegetal", luego "Sociedad para la Señalización y Comportamiento Vegetal".

3- "Señalización y comportamiento de las plantas".

4- Como con tantos otros temas, Darwin (1880) fue pionero en esto cuando sugirió –en su libro "El poder del movimiento en la plantas" de 1880- que la punta de las raíces de algunas plantas podría funcionar como el cerebro de los animales "inferiores".

que hacen las orugas cuando mastican hojas y que produce químicos anti-insectos sin haber entrado en contacto con la oruga. Otros estudios sugieren que las raíces de algunas plantas pueden "escuchar" el ruido que hace el agua que corre bajo tierra y dirigir su crecimiento en esa dirección ¡Algunos investigadores sugieren incluso que ciertas plantas podrían usar alguna forma de ecolocalización (como ciertos murciélagos, algunos cetáceos y los sonares humanos) para orientar la dirección de crecimiento!

- Reconocimiento de parientes: en algunos casos las plantas parecen limitar sus respuestas competitivas cuando sus raíces entran en contacto con las de otra planta que es un pariente cercano (un fenómeno muy conocido en animales).

- Cooperación y reciprocidad: según varias investigaciones los árboles pueden transferir nutrientes a árboles jóvenes (especialmente si son parientes cercanos) que por estar sombreados no pueden hacer la suficiente fotosíntesis, hasta que alcanzan una altura que les permite captar la luz solar necesaria para el crecimiento. En un bosque de abetos y abedules se pasan nutrientes entre sí, usando la red de hongos del suelo como viaducto, de modo que la especie que es siempre verde le pasa azúcares a la caducifolia durante el invierno y durante el verano se cobra el favor.

Desde ya, muchas de estas ideas son objeto de debate y no existe consenso al respecto pero en cualquier caso, todo esto es sin dudas, muy impresionante. Basados en la analogía entre el sistema nervioso de los animales y los sistemas de coordinación que permiten estas destrezas de las plantas algunos autores hablan de "memoria", "aprendizaje", "comunicación", "comportamiento" e "inteligencia" vegetal. Todos estos términos refieren a conceptos desarrollados en la biología animal. La pregunta es: ¿Es necesario recurrir a esta analogía o podemos entender todos estos fenómenos con la terminología, conceptos y modelos de la fisiología vegetal ortodoxa? Esa es la cuestión en juego.

Tal como cabría esperar, la pertinencia y conveniencia de esta metáfora es objeto de discusión entre los expertos en fisiología vegetal. En este artículo no nos interesa –ni podemos– resolver esta cuestión⁵. Sí pretendemos, en cambio, discutir algunas implicancias del recurso a esta metáfora para la comunicación de la ciencia en general. A tal fin, nos resultará útil reseñar algunas transposiciones que este debate académico tuvo en los medios masivos de comunicación, especialmente Internet a través de medios digitales de comunicación.

La neurobiología vegetal en los medios de comunicación

Buena parte de la difusión de este tema en Internet se debe a reportajes y notas de divulgación basadas en las declaraciones del biólogo italiano Stefano Mancuso⁶, uno de los investigadores que fundaron la NBV. Uno de los aspectos del debate se relaciona con la pertinencia de hablar de "inteligencia" en el caso de las plantas. Esta es una de las tantas consecuencias inevitables de adoptar la metáfora en cuestión. Si el sistema nervioso dota a los animales de inteligencia y los sistemas de coordinación y regulación vegetal son como los sistemas nerviosos de los animales, entonces: ¿No cabe esperar que dichos sistemas doten a las plantas de algo así como la inteligencia? En tal caso, ¿por qué no hablar lisa y llanamente de inteligencia vegetal? Por supuesto, la respuesta a la pregunta de si las plantas poseen inteligencia dependerá de qué definición de inteligencia adoptemos. Y, como es bien sabido, si hay una noción difícil de definir es la de inteligencia.

Uno de los principales autores que trabajan en este campo (Trewavas, 2003, 2005) define "inteligencia" como "el crecimiento y desarrollo adaptativo durante la vida de un individuo". Según otra definición, "es la capacidad intrínseca para procesar información de estímulos bióticos y abióticos que permite tomar decisiones óptimas sobre actividades futuras en un dado ambiente" (Pollan, 2013). Otras veces se define simplemente como "la capacidad de resolver problemas" (Quijada, 2015). El problema con estas definiciones es que si las aceptamos, entonces todo ser vivo posee inteligencia ya que ningún organismo puede mantenerse vivo y reproducirse sin poder resolver problemas adaptativos. Así, todo lo vivo tendría inteligencia, con lo que el concepto queda vaciado de significado y resulta, en definitiva, un sinónimo de adaptación. De hecho, el propio Mancuso dice: "La inteligencia es una propiedad de la vida". Queda claro así que la capacidad a la que estamos refiriendo con el término inteligencia tiene ahora poco que ver con esa capacidad humana en la que –más allá de las dificultades para adoptar una definición precisa– pensamos cuando habitualmente usamos este término. Peor aún, Mancuso pasa fácilmente de hablar de inteligencia a hablar de conciencia cuando dice que: "Si inteligencia es la capacidad para resolver problemas, las plantas son capaces de responder de manera adecuada a estímulos externos e internos, es decir: son conscientes de lo que son y de lo que las rodea". También se afirma que las plantas tienen intencionalidad: "¿Un árbol puede voluntariamente mandar savia a una planta pequeña?" pregunta un periodista, "Sí. Las plantas requieren luz para vivir, y para que una semilla llegue a la luz deben pasar muchos años; mientras tanto, son nutridas por árboles de su misma especie" responde Mancuso (Sanchís,

5. Los principales aspectos de la discusión sobre este tema en el área de la fisiología vegetal pueden verse en Brenner et al., (2006), Alpi et al., (2007) y Brenner et al., (2007).
6. Además de las publicaciones científicas, Mancuso ha divulgado sus ideas en incontables medios de divulgación y en un libro (Mancuso y Viola, 2015).

2010). Este tipo de declaraciones da lugar a titulares como “No hay diferencia entre la inteligencia de los animales y la de las plantas” (Quijada, 2015) y “Las plantas tienen neuronas, son seres inteligentes” (Sanchís, 2010).

Estas comunicaciones de los temas de la NBV presentan al menos dos problemas. En primer lugar, no explicitan la analogía al utilizar un lenguaje literal que la oculta. Así, se dice que “las plantas son capaces de pensar” y no de hacer algo como pensar. En segundo lugar, se establecen analogías espurias entre los campos analogados (al tiempo que se oculta la analogía), por ejemplo cuando se afirma que “Las plantas tienen neuronas”, afirmación que tomada literalmente (y así se la presenta) es simplemente falsa (Alpi et al., 2007).

De este modo, como se afirma en base a esta analogía que las plantas piensan, se afirma también que sienten. Nuevamente, quienes sostienen esto lo hacen en base a una definición de sensibilidad lo suficientemente amplia y vaga, algo así como la capacidad de responder a cambios en las condiciones ambientales. Tal como dijimos para el caso de la inteligencia, si definimos la sensibilidad de este modo todos los seres vivos son sensibles. Pero a partir de esta observación, trivial por cierto, muchos divulgadores (incluidos los propios investigadores en ese rol) pasan a afirmar que las plantas pueden sufrir. Luego, otros sacan las inevitables e insostenibles conclusiones del caso, por ejemplo que el veganismo que propone no consumir materia de origen animal por el sufrimiento que implica el sistema de producción, está equivocado porque las plantas también –esto es, al igual que los animales– sufren (Periodismo.com, 2013). Al igual que en ciertos casos de mala divulgación, el discurso se desliza desde una vaga noción de inteligencia a la conciencia, en este caso lo hace desde una vaga noción de sensibilidad a la capacidad de sufrimiento. Nuevamente, en estos casos vemos los problemas antes mencionados: se oculta la analogía y se la lleva demasiado lejos. Ambas operaciones se retroalimentan.

¿La neurobiología vegetal al aula?

La noción de sistema viviente implica, entre otros componentes, la de subsistemas de regulación y coordinación. Por tal motivo, el currículo de biología en la formación de profesores y en el nivel secundario debería, sin dudas, incluir el

estudio de dichos subsistemas. Tradicionalmente, en la enseñanza formal se le da más importancia al estudio del sistema nervioso humano que a los sistemas de regulación y coordinación en plantas ¡Y está bien que así sea! Pero idealmente, sería deseable que los estudiantes también construyeran algunas ideas básicas sobre regulación en plantas. Con respecto a este objetivo la pregunta es, ¿serviría la analogía analizada a este fin? Dados los análisis precedentes, muchos podrían concluir que la respuesta es negativa. Sin embargo, la analogía en cuestión ya está ampliamente difundida en los medios de comunicación, por lo que la opción de ignorarla no está disponible. El tema es, entonces, qué uso didáctico podemos hacer de la misma.

El problema es que lejos está de quedar en claro, si esta analogía podría servir al principal fin didáctico que sería facilitar la comprensión de un modelo blanco cuyo aprendizaje resulte arduo: ¿Cuál de los dos sistemas (el sistema nervioso animal o el sistema de coordinación vegetal) constituiría la fuente? Lo cierto es que, desde esta perspectiva, la analogía es insalvable: ninguno de los dos campos es conocido y familiar para los estudiantes. Presuntamente, el sistema nervioso animal sería el campo fuente y, por lo tanto, familiar y fácilmente comprensible. Sin embargo, este supuesto es inaceptable para cualquier docente con experiencia: lograr el aprendizaje de un modelo de sistema nervioso mínimamente complejo es en sí un gran desafío.



¡Pero no todo está perdido! Una de las actividades más ricas en el trabajo didáctico con analogías consiste en, una vez presentada la analogía en cuestión, analizar explícitamente los aspectos en que ambos campos se parecen (alcances) y aquellos en los que difieren (limitaciones). Una actividad interesante podría ser llevar a cabo este análisis después de que los estudiantes hayan aprendido al menos una versión básica de ambos modelos independientemente. Un segundo uso didáctico potencialmente rico consiste en utilizar este caso (como hemos hecho en este artículo) para un análisis crítico del discurso a partir del tratamiento mediático del tema. Asimismo, se pueden seleccionar algunos de los muchos textos disponibles en la web y discutir cuestiones tales como: ¿Qué metáforas se usan en los textos? ¿Con qué fines se usan? ¿Cómo evaluamos ese recurso y por qué? ¿Qué responsabilidad cabe al científico y cuál al divulgador? Se trata de analizar qué es y cómo se construye la ciencia, es

decir, no solo de aprender ciencia sino también sobre la ciencia (ámbito denominado naturaleza de la ciencia). Ambas propuestas se relacionan ya que un modo interesante de identificar los alcances y limitaciones consiste, justamente, en evaluar críticamente las relaciones analógicas (por ejemplo: "Las plantas tienen neuronas, son seres inteligentes") que aparecen explicitadas en el ámbito de la mala divulgación. Una tercera virtud de tratar este tema en el aula es que los estudiantes pueden aprender acerca de su propio pensamiento y de cómo aprenden (metacognición) ya que podrán tomar conciencia de que ellos mismos recurren a analogías cuando intentan comprender un tema nuevo.

Además de los tres posibles usos propuestos en el párrafo anterior, la analogía tiene al menos otra potencialidad desde el punto de vista didáctico. Hay investigaciones que sugieren que las personas no atribuyen fácilmente todas las propiedades de lo vivo a las plantas. Probablemente esto se deba a que, en general, atribuimos propiedades a otros seres en base a un razonamiento analógico en el que la fuente somos los humanos, esto es, en base a una proyección antropomórfica. De este modo, cuanto más semejante a nosotros sea un organismo más dispuestos estaremos a atribuirle nuestras propiedades. En un extremo, esto nos lleva a antropomorfizar en exceso ciertos animales como los chimpancés y, en el otro, nos lleva a no percibir semejanzas con seres como la plantas. De esta forma, nos puede resultar difícil percibir o aceptar que las plantas se comunican⁷ y se mueven (los niños suelen creer que una diferencia entre las plantas y los animales es que, a diferencia de los segundos, las primeras no se mueven). También es posible que esta limitación se deba simplemente a una cuestión de escala temporal: las plantas hacen todo muy lentamente para las escalas temporales humanas. Así lo señaló el gran divulgador David Attenborough (1995) en su libro sugestivamente titulado: *La vida privada de las plantas*. Historia natural del comportamiento botánico cuando afirmó sobre las capacidades vegetales que: "La razón por la que la mayoría de nosotros apenas advierte estos acontecimientos ni el poder y sensibilidad de nuestras protagonistas es, según creo, porque las plantas viven a una escala temporal distinta de la nuestra". Así, la discusión de estas analogías podría servir para poner en evidencia que las plantas cumplen, a su propio modo y con su propio tiempo, con todas las funciones propias de los seres vivos. Esto tendría, desde ya, la virtud de acercar la comprensión de los estudiantes a los modelos científicos sobre la vida vegetal, pero podría también tener otras ventajas. Por ejemplo, el sesgo de los estudiantes hacia los animales (dado por sus razonamientos en base a la analogía antropomórfica y, probablemente, también por la enseñanza

tradicional que suele relegar a las plantas) les dificulta la extrapolación de los modelos evolutivos al mundo vegetal: las plantas no evolucionan, solo los animales lo hacen. Por consiguiente, el tratamiento de la analogía entre las funciones de coordinación y regulación animal y vegetal podría estrechar esta brecha y facilitar la extensión de la teoría de la evolución (y otras) aprendida al mundo vegetal.

En suma, podemos sintetizar algunas sugerencias didácticas en relación con este caso:

1- La metáfora analizada no tiene muchas virtudes didácticas como para basar en ella la enseñanza inicial de ninguno de los sistemas analogados.

2- Dada su amplia presencia en los medios de comunicación y en la propia ciencia no conviene evitarla por completo.

3- Se puede explicitar la analogía y analizar sus alcances y limitaciones (en qué se parecen y en qué no los sistemas de coordinación y regulación de plantas y animales).

4- Es de gran utilidad también llevar cabo un análisis metacientífico explícito sobre qué es una metáfora o analogía y sobre cómo y para qué usan las metáforas los científicos y los comunicadores, así como sobre cuáles son las virtudes y los peligros de este recurso.

5- Este análisis podría ayudar a construir un modelo más adecuado de planta que incluya algunas propiedades que con frecuencia los estudiantes solo atribuyen a los animales.

6- El trabajo propuesto podría, además, facilitar la reflexión metacognitiva sobre el pensamiento y aprendizaje de los estudiantes.

A modo de conclusión

Las metáforas y analogías constituyen un recurso cognitivo y comunicativo de gran importancia. No se trata de un recurso opcional: todos los humanos (científicos incluidos) recurrimos constantemente a ellas. Los docentes las utilizamos también continuamente; unas veces de un modo más bien improvisado -e incluso inconsciente- y otras, las menos, de un modo consciente, explícito y premeditado. Dado que se trata de un recurso inevitable, la pregunta, desde el punto de vista didáctico, es cómo utilizarlas. La abundante literatura de investigación sobre el tema ofrece pautas muy concretas para el trabajo en el aula. El caso aquí analizado constituye una buena oportunidad para hacer un uso planificado de este recurso. El contenido científico implicado (los sistemas de coordinación y regulación de los seres vivos) es central para la

7. Decir que las plantas (o cualquier otro organismo no humano) se comunican no supone que decir que posee un lenguaje en sentido estricto (con una gramática, recursividad, etc.). Creer que la capacidad comunicativa implica lenguaje es, nuevamente, llevar la analogía planta-animal demasiado lejos del mismo modo que sucede cuando nos deslizamos de la sensibilidad a la capacidad de sufrimiento o de la capacidad de resolver problemas a la inteligencia de tipo humano. Pero, nuevamente, el mundo de la divulgación se permite estos deslizamientos. Así, por ejemplo, una nota aparecida en *El País* se titula "¿De qué hablan las plantas?" (Ariza, 2015)..

construcción de un modelo rico y potente de ser vivo y se relaciona con temas de interés para el alumnado: ¿Son las plantas como los animales? ¿En qué sentido? ¿Pueden sufrir? El caso de la Neurobiología Vegetal también puede servir como insumo para analizar abiertamente en las clases tópicos metacientíficos tales como la naturaleza de las metáforas y su rol en la ciencia y en su comunicación, así como en el pensamiento y aprendizaje de los propios estudiantes.

Referencias bibliográficas

- Alpi, A., Amrhein, N., Bertl, A., Blatt, M., Blumwald, E., Cervone, F., Dainty, J., De Michelis, M., Epstein, E., Galston, A., Goldsmith, M., Hawes, C., Hell, R., Hetherington, R., Hoffe, H., Juergens, G., Leaver, C., Moroni, A., Murphy, A., Oparka, K., Perata, P., Quader, H., Rausch, T., Ritzenhaller, T., Rivetta, A. y Robinson, D. (2007). Plant neurobiology: no brain, no gain? *Trends in Plant Science*, 12 (4), 135-136.
- Attenborough, D. (1995). *La vida privada de las plantas. Historia natural del comportamiento botánico*. Barcelona: Planeta.
- Ariza, L. M. (2015). ¿De qué hablan las plantas? *El País Semanal*. Recuperado el 15 de abril de 2016 de: http://elpais.com/elpais/2015/04/20/eps/1429527193_202410.html
- Brenner, E., Stahlberg, R., Mancuso, S., Baluška, F. y Van Volkenburgh, E. (2007). Response to Alpi et al.: Plant neurobiology: the gain is more than the name. *Trends in Plant Science*, 12 (7), 285-286.
- Brenner, E., Stahlberg, R., Mancuso, S., Vivanco, J., Baluška, F. y Van Volkenburgh, E. (2006). Plant neurobiology: an integrated view of plant signaling. *Trends in Plant Science*, 11 (8), 413-419.
- Ciapuscio, G. (2003). Metáforas y ciencia. *Ciencia Hoy*, 76 (13), 60-66.
- Darwin, C. (1880). *The Power of Movement in Plants*. Londres: John Murray.
- Lakoff, G. y Johnson, M. (2012). *Metáforas en la vida cotidiana*. Madrid, España: Cátedra.
- Linares, R. e Izquierdo Aymerich, M. (2006). El rescate de la princesa encerrada en lo más alto de la más alta torre. Un episodio para aprender sobre analogías, símiles y metáforas. *El Hombre y la Máquina*, 27, 24-37.
- Mancuso, S. y Viola, A. (2015). *Sensibilidad e inteligencia en el mundo vegetal*. Barcelona: Galaxia Gutenberg.
- Oliva, J. M., Aragón, M. M., Mateo, J. y Bonat, M. (2001). Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de las analogías en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 19 (3), 453-470.
- Pinker, S. (2007). *El mundo de las palabras. Una introducción a la naturaleza humana*. Barcelona: Paidós.
- Pollan, M. (2013). The Intelligent Plant. Scientists debate a new way of understanding flora. *The New Yorker*. Recuperado el 15 de abril de 2016 de: <http://www.newyorker.com/magazine/2013/12/23/the-intelligent-plant>
- Periodismo.com. (2013). Científica Noruega abandona el veganismo luego de demostrar que las plantas también sienten. Recuperado el 15 de abril de 2016 de: <http://www.periodismo.com/2013/06/24/cientifica-noruega-abandona-el-veganismo-luego-de-demostrar-que-las-plantas-tambien-sienten/>
- Quijada, P. (2015). Entrevista a Stefano Mancuso: "No hay diferencia entre la inteligencia de los animales y la de las plantas". *ABC Ciencia*. Recuperado el 15 de abril de 2016 de: <http://www.abc.es/ciencia/20150320/abci-plantas-inteligencia-macuso-201503181813.html>
- Sanchís, I. (2010). Las plantas tienen neuronas, son seres inteligentes. *La Vanguardia/La contra*. Recuperado el 15 de abril de 2016 de: <http://www.lavanguardia.com/lacontra/20101229/54095622430/las-plantas-tienen-neuronas-son-seres-inteligentes.html>
- Trewavas, A. (2003). Aspects of plant intelligence. *Annals of Botany*, 92 (1), 1-20.
- Trewavas, A. (2005). Green plants as intelligent organisms. *Trends in Plant Science*, 10 (9), 413-419.

APORTES A LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA

Si usted es docente y/o investigador y desea difundir su trabajo en esta sección, contáctese con María Teresa Ferrero, responsable de la misma. (mtferreroroque@gmail.com)