

Aplicación del Método Científico en el Laboratorio. Investigando el Proceso de Crecimiento en Organismos Pluricelulares

Scientific method application in the laboratory: Investigating the growth process of multicellular organisms

Jerónimo Torres Porras¹

Francisco Villamandos de la Torre²

1. Departamento de Didáctica de las Ciencias Sociales y Experimentales. Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Córdoba (España).

2. Departamento de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal. Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Córdoba (España).

*Autor para correspondencia:

RECIBIDO: 25/09/ 2015

APROBADO: 16/11/ 2015

RESUMEN

Las prácticas de laboratorio constituyen un método adecuado para la interrelación entre teoría y prácticas permitiendo que los alumnos se sientan partícipes del procedimiento científico. El laboratorio puede ser un lugar idóneo para que los estudiantes propongan hipótesis y para que trabajen en pequeños grupos que permitan y fomenten su participación y discusión. En este trabajo se muestra una propuesta de prácticas sobre el crecimiento de los seres pluricelulares que permite a los estudiantes emitir hipótesis, diseñar experimentos, realizar procedimientos científicos y trabajar en equipo.

Palabras clave: Prácticas, laboratorio, crecimiento, problemas, células.

ABSTRACT

Labs practices are a good way for the relationship between theory and practice allowing students to feel part of the scientific process. The laboratory can be an ideal place for students to propose hypotheses and to work in small groups to enable and encourage participation and discussion. This paper shows a practical proposal of the growth of multicellular organisms which allows students to issue hypotheses, design experiments, conduct scientific procedures and teamwork.

Keywords: Practices, laboratory, growth, problems, cells.

INTRODUCCIÓN

En Ciencias, la transmisión de conocimientos puede realizarse mediante clases teóricas, pero también se defienden en las propuestas curriculares la resolución de problemas como un objetivo básico, es necesario que se haga posible una integración entre teoría, práctica y resolución de problemas (Gil et al., 1999), es decir, son convenientes unas prácticas que fomenten la construcción del conocimiento mediante la interacción entre el pensamiento teórico, las aptitudes procedimentales y la discusión en equipo, a la hora de resolver situaciones problemáticas (Corominas y Lozano, 1994; Gil et al., 1999; Caballer y Oñorbe, 1999). Se debe promover el aprendizaje de las Ciencias a través de la investigación, ya que permite un papel activo del estudiante que resulta

Implicado en el proceso de enseñanza-aprendizaje propio del constructivismo (Belmonte, 2011; Caamaño, 2012; Franco-Mariscal, 2015), lo que puede permitir luchar contra la desmotivación (Rocard, 2007). En este caso, las

prácticas de laboratorio se muestran como un medio eficaz para que el estudiante manifieste y ponga en juego su propia epistemología (Séré, 2002) al mismo tiempo que aportan motivación (Lunetta y Tamir, 1979).

Algunos de los objetivos atribuidos al laboratorio son enseñar habilidades básicas, enseñar conceptos teóricos, desarrollar actitudes científicas e incentivar el desarrollo de un espíritu de investigación científica para la resolución de problemas (Barolli et al., 2010). La formación del ciudadano debe sobre todo dar oportunidades para interpretar la realidad y razonar sobre ella, una realidad que en muchos casos se asume, pero sin comprender ni interiorizar los procesos que se llevan a cabo y que hacen posible el mundo que nos rodea tal y como lo conocemos. Es necesario por lo tanto un primer paso en el que se cuestione la realidad y que permita profundizar en ella e interpretarla.

Otro aspecto importante en la enseñanza de las Ciencias es que los alumnos se sientan inmersos en ella, se sientan partícipes, entiendan cómo es el procedimiento científico, alcanzar



Figura1. laboratorio para uso educativo (Jerónimo Torres-Porras).

una visión más completa de la ciencia (Hodson, 1994), es decir, una participación en la práctica o en la cultura científica (Jiménez et al., 1998; McGinn y Roth, 1999) y esta inmersión en las Ciencias se puede realizar en las prácticas de laboratorio. Entender lo que es la Ciencia o lo que son las Ciencias forma parte del aprendizaje de las Ciencias (Désautels y Laroche, 1998; Leach et al., 2000) y se debe por lo tanto buscar el alcance de la competencia científica (Cañal, 2012; Pedrinaci et al., 2012).

Para el desarrollo de prácticas en el laboratorio lo más adecuado son grupos reducidos que fomentan la participación de todos los estudiantes, su socialización y capacidad de negociación (Solé, 1997), proporcionando oportunidades para que los alumnos construyan significados socialmente y desarrollen una comprensión conceptual más rica (Kelly et al., 1998). Los pequeños grupos, al favorecer la discusión, crean una ocasión perfecta para el desarrollo y la práctica de habilidades intelectuales, así como para promover la conceptualización y la profundización de la comprensión de los estudiantes (Kirschner, 1992). Además este trabajo cooperativo posibilita las soluciones que no serían posibles durante el aprendizaje individual, permite que los estudiantes asuman diferentes papeles, los confronta con sus conocimientos previos y con la inadecuación de sus estrategias y ayuda a desarrollar habilidades necesarias para el trabajo cooperativo (Brown et al., 1989). Esta es la manera por la cual la mayoría de las personas aprende y trabaja, aunque trabajar en grupo no garantiza el éxito en el aprendizaje (Barolli, 1998).

Las prácticas de laboratorio reciben un gran apoyo por parte de los profesores (Hodson, 1994), pero al mismo tiempo se critican muchas prácticas de laboratorio habituales (Gil et al., 1991), en particular las que no dan la oportunidad de razonar, de emitir hipótesis,

etc., por lo que una línea de investigación de didáctica de las ciencias es la que tiene como enfoque la mejora de las prácticas de laboratorio (ver Keiler y Woolnough, 2002).

El objetivo

De este trabajo es promover y facilitar el desarrollo del conocimiento científico integrando teoría, prácticas y resolución de problemas en el laboratorio, aplicando el método científico de formulación de hipótesis y contraste de las mismas. Con grupos reducidos que fomentan la participación de todos los alumnos abordando un tema concreto de biología como es el desarrollo de los seres pluricelulares mediante el proceso de división celular. Estas prácticas están dirigidas a alumnos del Grado de Educación Primaria de la Facultad de Ciencias de la Educación, ya que es necesario que los alumnos comprendan este proceso de crecimiento que constituye una de las principales características de los seres vivos, siendo un fenómeno de la vida diaria que todos pueden apreciar, lo que permite la propuesta de hipótesis en conexión con la realidad cotidiana del participante, metodología que podrían utilizar posteriormente durante su futura etapa laboral.

Desarrollo de la experiencia

La práctica que se propone se ha desarrollado durante hora y media en el laboratorio con 12 grupos de 20 alumnos de primer curso del Grado de Educación Primaria de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Córdoba. Los alumnos se disponían en el laboratorio en grupos muy reducidos de dos o tres alumnos e iban recogiendo cada uno en su cuaderno el desarrollo de la experiencia.

La práctica se puede dividir en tres partes, una primera en la que los estudiantes tienen que plantear hipótesis que expliquen el crecimiento



de los seres pluricelulares así como diseñar y realizar un experimento para discernir entre las hipótesis propuestas. Una segunda fase que se centra de forma teórica en el ciclo de división celular, dándole importancia al reparto de cromosomas que se produce durante la mitosis; y una tercera parte en la que los alumnos comprueban por ellos mismos la existencia de las distintas fases de la mitosis mediante la visualización, con ayuda del microscopio, de núcleos celulares en división.

Primera parte

La práctica comienza explicando al alumnado participante que el crecimiento es algo que todos conocen y han visto en plantas, animales y en su propio cuerpo, pero cómo se produce ese crecimiento es algo que seguramente no han podido observar.

Se les pregunta cómo creen que se produce ese crecimiento. Para facilitarles la pregunta y posterior desarrollo, se puede dibujar en la pizarra de modo sencillo un niño y un adulto, de

forma que se vea claramente el incremento en tamaño corporal. La primera respuesta será que por una multiplicación celular, pero se les hace ver que es algo que han aprendido y no comprobado, por lo que se les incita a postular más hipótesis, a ser críticos con lo que ya conocen y a cuestionarse las bases sobre las que se asientan sus propios conocimientos. En todos los grupos finalmente surgieron dos posibles hipótesis: (1) el crecimiento se produce por multiplicación celular y (2) el crecimiento se produce por incremento del tamaño celular.

Se les explica que son dos posibles hipótesis que podrían plantearles sus futuros alumnos y que siguiendo el método científico, el siguiente paso sería diseñar un experimento en el que se pueda determinar qué hipótesis es la correcta, o si ambas lo son.

Tras dejarles tiempo para reflexionar y plantear posibilidades, con la intención de facilitarles el diseño de dicho experimento, se puede dibujar de forma esquemática un órgano, como el hígado con sus células, en el dibujo

anterior del niño y dibujar dos adultos de mayor tamaño con sus hígados. Uno con células del mismo tamaño que las del niño, pero muchas más (hipótesis 1) y el otro con el mismo número de células pero de mayor tamaño (hipótesis 2). Tras unos minutos de diálogo entre los grupos, alguno de los alumnos comentará que se podrían tomar muestras de un ejemplar joven y uno adulto y ver si el tamaño de las células es similar o distinto, otro experimento que plantean es tomar muestras al mismo individuo de joven y transcurrido un tiempo, de adulto, lo que permitiría discernir entre ambas hipótesis.

Entonces el profesor explica el experimento que van a realizar por parejas, que consiste en la idea que han aportado. Se toman con unas pinzas unas muestras de la cubierta de un par de tomates, uno muy pequeño y otro de mayor tamaño.

Estas muestras las depositan en un portaobjetos y las observan al microscopio óptico a diferentes aumentos. Así es posible ver sin necesidad de tinción las células vegetales de la cubierta del tomate. Se les pide que cada grupo se ponga de acuerdo y determine qué hipótesis consideran correcta, lo que en muchos casos implica ponerse de acuerdo. Tras un tiempo prudencial se fue preguntando a cada grupo y se fueron apuntando en la pizarra las respuestas de cada uno.

Al final se observa que la mayoría ha decidido que la hipótesis correcta es la de multiplicación celular, ya que el tamaño de las células observadas es similar, aunque algunos habrán elegido la otra hipótesis por considerar que existe alguna diferencia entre células, aunque sea mínima. Estas discrepancias suscitan mayor interés y fomentan la discusión. Se comenta que habría que haber definido cuál es la diferencia en tamaño celular mínima a partir de la cual asumir que existen diferencias, esa diferencia en tamaño celular debería poder explicar la diferencia macroscópica observada en el organismo. Final-

mente un porcentaje muy elevado avala la hipótesis de la multiplicación celular. Se puede explicar que en las afirmaciones científicas siempre se indica el porcentaje (95%, 99%) de seguridad de estar eligiendo la hipótesis verdadera, pero que suele quedar un reducido porcentaje de haber seleccionado una hipótesis errónea.

Se termina esta primera parte comentándoles que mediante el método científico de formulación y contraste de hipótesis han llegado ellos mismos a la conclusión de que los seres vivos pluricelulares crecen mediante una multiplicación celular.

Segunda parte

Esta segunda parte se focaliza en explicar el ciclo de división celular: interfase, mitosis y citocinesis, centrándose en las distintas fases de la mitosis (profase, metafase, anafase y telofase) y haciéndoles entender la importancia y complejidad del reparto de cromosomas. Es importante que los alumnos discutan en el proceso por el cual una célula consigue dividirse y la necesidad de que las dos células resultantes obtengan el mismo número de cromosomas, es decir que no disminuye en cada división. Para ello se puede dibujar un núcleo con algunos cromosomas y que los alumnos discutan la manera de repartir estos cromosomas para finalmente obtener dos núcleos idénticos. Comprenderán que la única forma de hacerlo es realizar previamente una duplicación de cada cromosoma para luego poder repartirlos. Esto sirve de comienzo de la explicación de las distintas fases del ciclo de división celular y de la mitosis.

Tercera parte

Una vez que se ha explicado el ciclo de división celular y con dibujos en la pizarra se han mostrado las fases de la mitosis y cómo se observan en cada una los cromosomas, se re-

parten unas muestras ya preparadas de raíces de cebolla que permiten ver a través del microscopio los cromosomas teñidos y por lo tanto los alumnos pueden comprobar por ellos mismos el proceso de la mitosis.

Esta actividad es importante ya que comprueban por ellos mismos que los cromosomas son algo real y tangible. Deben buscar en la muestra, identificar las diferentes fases de la mitosis y enseñárselas a sus compañeros. Una vez han observado las distintas fases, se termina mostrando un vídeo de internet en el que mediante grabaciones reales se pueden apreciar las diferentes fases de la mitosis y cómo es el proceso de forma animada.

■ CONCLUSIONES

Con esta práctica de investigación en el laboratorio, los alumnos profundizan en el procedimiento del crecimiento de los organismos pluricelulares, se acercan al método científico, razonan por ellos mismos para solucionar problemas y se fomenta el obtener y consensuar conclusiones en pareja o grupo. Diferentes autores coinciden en que la enseñanza-aprendizaje por investigación es un buen método para abordar las Ciencias (Gil, 1986; 1993; Burbules y Linn, 1991; Wheatley, 1991; Pavón Martínez y Martínez Aznar 2014), fomentando el desarrollo de competencias científicas y constituyendo al mismo tiempo una metodología motivadora capaz de combatir la desmotivación hacia la ciencia (Caamaño, 2012).

La enseñanza de esta forma se orienta hacia la comprensión con un enfoque constructivista del aprendizaje (Driver y Oldham, 1986), así se integran los problemas junto con el marco teórico y los procedimientos necesarios para la resolución de los mismos (Cortés Gracia y de la Gándara Gómez, 2006). Se les incita a razonar, a ser críticos y cuestionarse lo que ya saben, no

dando por supuesto los conocimientos que adquieren y se consigue crear un espacio flexible de teoría y prácticas.

Se fomenta a su vez el aprendizaje significativo de este proceso biológico al ser los propios estudiantes los que diseñan la metodología a seguir y es que tienen que comprender que aunque el docente conozca la solución del problema, la Ciencia avanza de la misma forma, aplicando el método científico para encontrar respuestas a problemas actuales en los que se desconoce la solución, por lo que la indagación se convierte en un medio pero también en un fin (Abd-El-Khalick *et al.*, 2004; Prince y Felder, 2006).

Por otra parte, el realizar esta actividad como alumnos, les posibilita utilizar la misma metodología de indagación en el futuro, en los centros escolares, lo que ha sido contemplado en los currículos oficiales, facilitando de este modo la educación científica de los escolares y su formación como ciudadanos (Keys y Bryan, 2001; Schwartz, Lederman y Crawford, 2004) promoviendo la capacidad de analizar y comprender los procesos naturales.

Con este tipo de metodología se procura que el alumnado encuentre aplicación práctica de los conocimientos científicos en la interpretación de la realidad que le rodea.

LITERATURA CITADA

Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N.G., Mamlok-Naaman R., Hofstein, A., Treagust, D., & Tuan, H-L., (2004). Inquiry in Science Education: International perspective. *Science Education*, 88, 397-419.

Barolli, E., Laburú, C. E., & Guridi, V. M., (2010). Laboratorio didáctico de ciencias: caminos de investigación. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9, (1), 88-110.

Barolli, E., & Villani, A., (1998). Subjetividade e Laboratório Didático. *Investigações em Ensino de Ciências*, 3, (3), 143-159.

Belmonte, M., (2011). Enseñar a investigar. Libro del profesorado. Bilbao: Mensajero.

Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P., (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18, 32-42.

Burbules, N., Linn, M., (1991). Science education and philosophy of science: congruence or contradiction?, *International Journal of Science Education*, 13, (3), 227-241. Caamaño, A., (2012). ¿Cómo introducir la indagación en el aula?, *Alambique. Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 70, 83-91. Caamaño, A., (2012).

La investigación escolar es la actividad que mejor integra el aprendizaje de los diferentes procedimientos científicos, en: Pedrinaci, E.; Caamaño, A.; Cañal, P. y de Pro, A. (Eds.), 11 ideas clave: El desarrollo de la competencia científica, Barcelona: Graó.

Caballer, M. J., Oñorbe, A., (1999). Resolución de problemas y actividades de laboratorio, en del Carmen, L. (Coord.). *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la Educación Secundaria*, Barcelona: ICE Universidad de Barcelona/Horsori.

Cañal, P., (2012). ¿Cómo evaluar la compe-

tencia científica? *Investigación en la Escuela*, 78, 5-17.

Corominas, J., Lozano, M. T., (1994). Trabajos prácticos para la construcción de conceptos: experiencias y experimentos ilustrativos, *Alambique*, 1, (2), 21-26.

Cortés Gracia, A. L., de la Gándara Gómez, M., (2006). La construcción de problemas en el laboratorio durante la formación del profesorado: una experiencia didáctica, *Enseñanza de las Ciencias*, 25 (3), 435-450.

Désautels, J., Larochelle, M., (1998). The epistemology of students: the «thingified» nature of scientific knowledge, en: Fraser, B. y Tobin, K., (Eds.), *International handbook of science education*, Dordrecht: Kluwer.

Driver, R., Oldham, V., (1986). A constructivist approach to curriculum development in science, *Studies in Science Education*, 13, (1), 105-122.

Franco-Mariscal, A. J., (2015). Investigación con helados para caracterizar las propiedades de la materia. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 80, 73-82.

Gil, D., (1986). La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias*, 4, (2), 111-121.

Gil, D., (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación, *Enseñanza de las Ciencias*, 11, (2), 197-212.

Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C., Martínez-Torregrosa, J., (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*, Barcelona: ICEHorsori.

Gil, D., Furió, C., Valdés, P., Salinas, J., Martínez-Torregrosa, J., Guisasola, J., González, E.,

Dumas-Carré, A., Goffard, M., Pessoa, A., (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio?, *Enseñanza de las Ciencias*, 17, (2), 311-320.

Hodson, D., (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio". *Enseñanza de las Ciencias*, 12, (3), 299-313.

Jiménez, M. P., Díaz, J., Duschl, R. A., (1998). Scientific culture and school culture: epistemic and procedural components, Reunión anual de NARST. San Diego.

Keiler, L. S., Woolnough B. E., (2002). Practical work in school science: the dominance of assessment. *School Science Review*, 83, (204), 83-88, 2002.

Kelly, G. J., Druker, S., Chen, C., (1998). Students' reasoning about electricity: combining performance assessments with argumentation analysis, *International Journal of Science Education*, 20, (7), 849-871.

Keys, C.W., Bryan, L.A., (2001). Co-constructing Inquiry-Based Science with teachers: essential research for lasting reform, *Journal of Research in Science Teacher*, 38, (6), 631-645.

Kirschner, P. A., (1992). Epistemology, practical work and academic skills in science education, *Science y Education*, 1, 273-299.

Leach, J., Millar, R., Ryder, J., Séré, M. G., (2000). Epistemological understanding in science learning: the consistency of representations across contexts, *Learning and Instruction*, 10, (6), 497-527.

Lunetta, V. N., Tamir, P., (1979). Matching laboratory activities with teaching goals, *The Science Teacher*, 46, (5), 22-24.

McGinn, M. K., Roth, W. M., (1999). Preparing Students for competent scientific practice:

implications of recent research in Science and Technology studies, *Educational Researcher*, 28, (3), 14-24.

Pavón Martínez, F., Martínez Aznar, M.M., (2014). La metodología de resolución de problemas como investigación (MRPI): una propuesta indagativa para desarrollar la competencia científica en alumnos que cursan un programa de diversificación, *Enseñanza de las Ciencias*, 32, (3), 469-492.

Pedrinaci, E.; Caamaño, A.; Cañal, P. y de Pro, A., (2012). 11 ideas clave: El desarrollo de la competencia científica, Barcelona: Graó.

Prince, M.J. y Felder, R.M., (2006). Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons and Research Bases, *Journal Engineering Education*, 95, (2), 123-138.

Rocard, M., (2007). Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe. Bruselas, Comisión Europea.

Schwartz, R.S.; Lederman, N.G. y Crawford, B.A., (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: an explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry, *Science Education*, 88, (4), 610-645.

Séré, M.G., (2002). La enseñanza en el laboratorio. ¿Qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia?, *Enseñanza de las Ciencias*, 20, (3), 357-368.

Solé, I., (1997). Reforma y trabajo en grupo, *Cuadernos de Pedagogía*, 255, 50-53.

Wheatley, G. H., (1991). Constructivist perspectives on Science and Mathematics learning. *Science Education*, 75, (1), 9-21.