

LA IMPORTANCIA DEL INVESTIGADOR PROFESIONAL EN LA ENSEÑANZA CONTEXTUALIZADA DE LAS CIENCIAS

Francisco Martínez-Abarca

Structure, Dynamics and Function of Rhizobacterial Genomes; Department of Soil Microbiology and Symbiotic Systems; Estación Experimental del Zaidín, Consejo Superior de Investigaciones Científicas Granada, Spain.

Teresa Lupión Cobos

Universidad de Málaga. Facultad de Ciencias de la Educación. Didáctica de las Ciencias Experimentales.

José Manuel Palma

Antioxidants, Free Radicals and Nitric Oxide in Biotechnology Food and Agriculture; Department of Biochemistry and Molecular and Cellular Biology of Plants; ; Estación Experimental del Zaidín, Consejo Superior de Investigaciones Científicas Granada, Spain.

RESUMEN: Mejorar la formación científica del alumnado y favorecer vocaciones científicas en las aulas de secundaria son procesos de mejora a promover en la educación científica que desarrollamos en los centros. La realización de proyectos escolares asociados a líneas de investigación reales se muestra como una estrategia didáctica favorecedora de un aprendizaje significativo de los alumnos y promotor de sus competencias clave.

En este contexto, el programa SCIENCE-IES (anteriormente PIIISA; Pérez-Cáceres, 2014) es un modelo colaborativo entre estudiantes-científicos-profesores que permite al alumnado descubrir, en los propios Centros de Investigación, qué es la investigación científica y cómo se lleva a cabo. Para acompañar a los estudiantes y tutorizarles, se requieren una serie de capacidades y competencias a desarrollar por los investigadores y docentes participantes.

En esta comunicación se destaca la importancia de la participación del investigador en esta propuesta didáctica.

PALABRAS CLAVE: Formación investigadora, investigador, proyectos de Investigación, estímulo de vocaciones científicas.

OBJETIVOS:

- Intercambiar experiencias entre investigadores y docentes en las estrategias utilizadas que apoyen la actualización didáctica y que permita finalmente al alumnado desarrollar sus competencias claves en el aprendizaje del método científico, inherente al avance de la ciencia y la tecnología.
- Valorar los factores personales, sociales y profesionales que participan en el proceso formativo asociado a la experiencia.

ENFOQUE INDAGATIVO Y LA ADQUISICIÓN DE COMPETENCIAS CIENTÍFICAS

La utilización del enfoque indagativo en la enseñanza de las ciencias es un punto de referencia que permite al profesorado utilizar esta metodología didáctica como procedimiento para la enseñanza del conocimiento en la clase de ciencias. Pero también permite abordar la indagación como objetivo de aprendizaje, componente clave del conocimiento de la naturaleza de la ciencia.

A través de estrategias formativas centradas en la realización de investigaciones escolares se pueden abordar los objetivos de educación científica y contribuir al objetivo estratégico europeo de promover vocaciones científicas como apuesta clave para construir una sólida sociedad del conocimiento (NRC, 2013). Así, analizando la literatura educativa en torno a la enseñanza a través de la investigación y de las competencias científicas, importantes estudios resaltan las diferentes facetas que intervienen en la motivación general de los individuos (Ryan y Deci, 2000).

Desde una perspectiva interactiva, crear un clima de motivación hacia la tarea que debe emplearse supone establecer conexiones entre las estrategias de una metodología investigadora. Y eso pasa por cambiar de una actividad centrada en el profesor, a través de la transmisión de contenidos y con un papel pasivo de los estudiantes, a una propuesta de investigación escolar, donde el alumnado adquiere un papel más relevante al participar en un proceso de construcción del conocimiento científico asociado a dinámicas que conlleven la implicación y movilización de sus capacidades (Cañal y col. 2011; OECD, 2013). La utilización de actividades de indagación e investigación como estrategia didáctica permite favorecer aprendizajes significativos y promover las competencias clave del alumnado potenciando el desarrollo de sus aptitudes científicas (Caamaño, 2012; Couso, 2012; Lupión y Martín, 2016).

EL PAPEL DEL INVESTIGADOR EN LA INICIATIVA SCIENCE-IES

El Proyecto de Iniciación a la Investigación e Innovación en Secundaria en Andalucía, enmarcado en el contexto SCIENCE-IES, es, además de un elemento pedagógico a desarrollar por los centros y profesionales de la educación, un proyecto de investigación en toda regla, liderado por un científico con experiencia en el campo. Por tanto, ha de concebirse como tal, con unos objetivos, con una información previa sobre el área en la que se va a desarrollar, con unas tareas y materiales adecuados, y un cronograma creíble y realista (ver Figura 1). Todo ello ejercerá un efecto positivo en la consecución de unos resultados que no han de ser meramente científicos y/o ponderables. La verdadera meta será la formación del alumno en el mundo de la ciencia y, por qué no, en lo social, ya que le va a permitir socializar en un entorno extraño para el que inicialmente no estaba preparado. SCIENCE-IES nos demuestra que el binomio Investigación-Formación es un teorema ejecutable en los laboratorios a través de las aulas y viceversa.

El diseño del Proyecto

No es fácil diseñar un proyecto de investigación para adolescentes sin experiencia. Evidentemente, tampoco lo es para solicitar fondos a los agentes de financiación de proyectos ya sean públicos (Comunidades Autónomas, estatales, europeos, ...) o privados (Empresas, Fundaciones). En estos proyectos el investigador ha de tener en cuenta nuevas variables. Las dificultades de mayor peso a tener en cuenta serían:

1. Heterogeneidad en la formación del alumnado (4º de ESO, 1º de Bachillerato, ...).
2. Procedencia de distintos centros de enseñanza distantes algunos de ellos unas decenas de kilómetros complicando el desplazamiento del alumnado.

3. El entusiasmo de los alumnos será heterogéneo también; no todos tomarán el proyecto con el mismo interés; los estímulos para abandonar pueden ser muchos si el investigador no actúa con tacto y sabiduría.
4. La idiosincrasia de la propia investigación, sobre todo si ésta es experimental, donde no todo es predecible. Eso puede generar desánimo que es necesario contrarrestar.

TRIMESTRE	ACCIONES DEL INVESTIGADOR
1º	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño y oferta de proyectos de investigación (deben de pensarse antes del comienzo del curso escolar), - Planificación e impartición de la 1ª sesión presencial de investigación. Se muestran instalaciones, se introduce la investigación propuesta (conceptos básicos, metodologías, procesos, materiales, instrumentación científica, hipótesis de investigación, tareas a realizar, creación de grupos de trabajo, inferencia de posibles resultados, etc.) e inician al alumnado en la toma de datos. -Planificación de sesiones adicionales (bien virtuales, bien presenciales). Contemplar la posibilidad de explicar el proyecto a las familias.
2º	<ul style="list-style-type: none"> - Contacto con su grupo de alumnado mediante e-mails, blogs de trabajo, WhatsApp, etc - Planificación e impartición de la 2ª sesión presencial de investigación en laboratorios de instituciones científicas. -Planificación de sesiones adicionales (en este trimestre, la labor experimental debe estar terminada)
3º	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento de contacto. Atención de posibles dudas de los alumnos y profesores en relación a la redacción final de documentos (manuscrito, póster). Definir el título de la comunicación. - Planificación e impartición de la 3ª sesión presencial de investigación en laboratorios de instituciones científicas. - Planificación y participación en el Congreso Científico, desde un auditorio compuesto por científicos, profesores, compañeros, familias, etc. (organizar algún ensayo previo).

Fig. 1. Resumen del rol del investigador a lo largo del Proyecto SCIENCE-IES

Para evitar esta casuística que puede dar al traste con todo, el diseño del proyecto debe atender a una serie de consideraciones. Ante todo, se debe de mostrar siempre entusiasmo. Éste es un proyecto ilusionante en la que unos jóvenes depositan toda su confianza en un investigador al que no conocen. Se proponen a continuación, algunas ideas que pueden ser útiles en su desarrollo:

- a) El proyecto ha de ser original, realista, pero no determinante ni crucial. Siempre es conveniente que la investigación a realizar sea diseñada ex profeso para esta finalidad y no ser una repetición de algo ya realizado. Es muy conveniente que desde el primer día los alumnos entren en el “laboratorio” y se familiaricen con los instrumentos, los equipos, etc. El proyecto debe de tener una “razonable” dosis de incertidumbre para el propio investigador y debe estar entroncado en sus propias líneas de investigación. Una opción que ya ha sido puesta en práctica por los autores de este trabajo es que los propios alumnos de secundaria diseñen su propio proyecto, una vez que han sido conocedores de las líneas de investigación llevadas en el laboratorio (Alché y col. 2016).
- b) Hay que entender que las capacidades y habilidades de los alumnos de secundaria siempre serán de un nivel inferior a estudiantes de enseñanzas superiores y, por tanto, no se les puede asignar tareas y responsabilidades que no son de su competencia, aunque siempre te pueden sorprender.

- c) Para incentivar y estimular a los estudiantes se pueden emplear distintas estrategias. Así, en la Estación Experimental del Zaidín (EEZ-CSIC) de Granada los trabajos se redactan al final en formato de artículo científico para que se edite un libro o revista con ISBN o ISSN asignados (Alché y col. 2012-2016). Tampoco es mala idea que todos los alumnos presenten sus resultados en congresos creados *ad hoc* ante sus propios compañeros. O que, como se ha hecho también en proyectos EEZ, que los alumnos participen en congresos científicos al uso donde se presenten sus resultados; o que se reconozca su labor en artículos que se puedan generar años después (Pérez y col. 2014).
- d) Contar con el apoyo de las familias. Conseguir una comunicación directa con los padres y hacerles formar parte de los logros del propio proyecto es una manera de generar empatía. Plantear alguna reunión para explicarles el proyecto también a ellos es conveniente así como crear *blogs*, grupos de *whatsapp*, etc. que permitan su participación y seguimiento.

La Investigación propiamente dicha

Las distintas sesiones (citas) con los alumnos deben de prepararse a conciencia. Una de las realidades de estas sesiones es que “no hay tiempo que perder”. Todo se debe de ir recalando, pero a la vez se debe hacer partícipe a los estudiantes de los resultados que van saliendo. A su vez, prepararlos, conectarlos con noticias y/otros trabajos es una labor necesaria para ir consiguiendo que a lo largo de todo el curso se vayan “empapando” del proyecto. En la primera sesión, deberíamos ser capaces de explicar lo que hacemos (lo que hace nuestro grupo de investigación) y tan solo al final, contarles la tarea que se va a llevar a cabo. Es tremendamente útil solicitar de los alumnos una redacción en la que muestren sus impresiones (Alché y col. 2016). Permite al investigador calibrar el devenir futuro del propio proyecto. Las ansiedades, miedos, ilusiones, desconocimiento, ... quedan reflejadas en esos documentos que el investigador podrá compartir con el resto de proyectos y profesores participantes.

La distancia temporal entre las sesiones obliga a recalcar los objetivos del proyecto de manera constante a lo largo del curso. Llevar un blog paralelo, sin duda, contribuye a que el seguimiento del proyecto sea más dinámico. Ejemplos de ello podeis encontrar en: <http://mutandogenes.blogspot.com.es/>; <http://brainstorming-eez.blogspot.com.es/>.

El diseño de los experimentos debe de ser abordable por los estudiantes, p. ej. Crecimiento de bacterias en placas, estudio y morfología de colonias, ... ; pero a su vez desafiantes: cambios que impliquen la presencia o ausencia de un determinado gen, fenotipos explicables según los datos aportados en trabajos publicados previos, Los alumnos deben de entender la importancia del buen diseño experimental. Este diseño debería permitir responder a la pregunta planteada en el proyecto; de esta manera y poco a poco deberán apropiarse del proyecto y lo harán suyo. Esta “apropiación” consistirá en un proceso gradual que irá *in crescendo* a medida que el proyecto vaya avanzando. Tras la labor experimental, las últimas sesiones serán claves para vislumbrar la transformación en los adolescentes.

Entender los experimentos. Publicación/Exposición de los resultados

Tras la experimentación, toca analizar los resultados obtenidos. Una pregunta debe de estar siempre presente: “¿los resultados apoyan o no apoyan la hipótesis de partida?”. El mejor resultado es el que permite dilucidar entre ambos escenarios y por supuesto abrir nuevas preguntas que se abordarían en futuros proyectos. Pero, no siempre es el caso (falta de tiempo, falta de reproducibilidad,...). El análisis global de lo realizado permitirá que los alumnos puedan extraer por sí mismos las conclusiones del trabajo. En este contexto el investigador debe de nuevo recordar los objetivos del proyecto y seleccionar las preguntas para que los alumnos, respondiéndolas, recordando lo realizado, revisando sus notas, etc., vayan cayendo en la cuenta sobre el significado del resultado obtenido en relación a la hipótesis

de partida. Si el proyecto ha sido un éxito, el título del trabajo final no debería coincidir con el título del proyecto en su origen. P. ej.

(i) Proyecto: ¿“Dónde” mutan preferentemente los genes?

Título Final: “Variations in the spontaneous mutation rate of a soil bacterium. Effect of gene location”

(ii) Proyecto: “Tormenta de ideas en la investigación de la biología de plantas: aprende a diseñar, desarrollar y divulgar tu propio proyecto sobre la biología del pimiento”.

Título Final: “Brainstorming in Agricultural Sciences: Seeking the antioxidative enzymes in pomegranate (*Punica granatum* L.)” (Alché y col. 2016)

Los alumnos adquieren el verdadero significado del conocimiento científico. Llegan a entender cómo a través de sus propios experimentos se pueden extraer conclusiones que trascienden su propia investigación.

Tras entender el trabajo realizado queda la escritura, pero para ello todas las ideas expuestas, los métodos llevados a cabo y, de nuevo, los resultados obtenidos deben de estructurarse. Una vez más el alumnado tiene que, de un vistazo, recordar todas y cada una de las sesiones realizadas. La primera sesión debe de servirnos en la Introducción del trabajo, las distintas sesiones experimentales, así como lo apuntado en nuestras libretas, deben de terminar componiendo el apartado de Material y Métodos. Los alumnos deben entender que una buena descripción del método utilizado debería reproducir los mismos resultados. Los Resultados deben exponerse de manera matemática (gráficos, errores, etc...) o bien en imágenes ilustrativas. Como en toda investigación todos estos apartados requerirán de la ayuda experta del investigador, sin por ello dejar de asegurarse de que entiendan todo lo que se ha llevado a cabo por sí mismos. El investigador debe notar que la mente de los alumnos ha cambiado. Éstos no son los mismos que aparecieron en la primera sesión. Ejemplos de ello lo podéis apreciar en los apartados de “*my own ideas*” en los libros de *proceedings* publicados (Alché y col. 2012, 2013, 2014, 2015, 2016).

Toda investigación debe de hacerse pública. Desde sus inicios, en el centro desde donde participamos (EEZ-CSIC) los proyectos terminan en material escrito (libro de proceedings), material gráfico (pósters) y exposiciones orales. Es este último formato la guinda del proyecto. Para ello los estudiantes deben terminar exponiendo en 10-15 min el resumen del trabajo de todo un curso escolar. Es la verdadera guinda tras una experiencia inolvidable y que en algún caso marcará su futuro no tan lejano. Es, tras la exposición, cuando todo el colectivo, los estudiantes, el profesorado, las familias y el propio investigador, son plenamente conscientes de lo alcanzado.

CONCLUSIONES

Las investigaciones llevadas a cabo en SCIENCE-IES promueven, a través de una estrategia indagativa, el desarrollo de competencias científicas en el alumnado de secundaria; competencias relacionadas con procesos cognitivos, además de sus habilidades de tipología procedimental más directamente implicadas en la experimentación. Todo ello dará lugar al fomento de una actitud positiva y a la vez crítica hacia la ciencia. Pero, además son “verdaderos” mini-proyectos de investigación. De hecho, las investigaciones propuestas en cada convocatoria surgen de las propias líneas de investigación desarrolladas en campos donde los científicos participantes tienen sobrada experiencia (disponen de datos, equipos, infraestructura, etc.). Todo proyecto resume y concentra en pocas sesiones de investigación a lo largo de todo un curso escolar el trabajo realizado en dichos departamentos. Ello obliga a que estos proyectos deban pensarse de manera adecuada. Para que el proyecto termine siendo un éxito se necesita que tanto el investigador como los alumnos se impliquen en verdaderas sesiones científicas, donde la discusión y

evaluación de los resultados jugará un papel transformador clave en los adolescentes. Finalmente resaltar que quizás la iniciativa SCIENCE-IES contribuya a conciliar la labor investigadora en los Centros y Facultades con la tarea de ilusionar a jóvenes aun antes de que comiencen sus estudios superiores.

AGRADECIMIENTOS

Las investigaciones realizadas bajo esta iniciativa están en deuda con el Profesor F.J.P. Cáceres, y han sido financiadas, entre otros, por los proyectos (MICINN): FCT-FECYT:12-3552; CSD2009-00006, BIO-2011-24401, BIO2014-51953-P.

BIBLIOGRAFIA

- ALCHÉ, J. D., ARANDA, E., CAMPOS, M., GARCÍA-ROMERA, I., JIMÉNEZ-ZURDO, J.I., MARTÍNEZ-ABARCA, F., PALMA, J.M., PAREDES, D., SAMPEDRO, J.I. (Eds.) (2012). High School Students for Agricultural Science Research. I. Ed. Estación Experimental del Zaidín, Granada 38 pp. ISBN-13: 978-84-615-8735-3; ISSN 2340-9746.
- ALCHÉ, J.D., ALGUACIL, A., ARANDA, E., CASTRO, A.J., CORPAS, F.J., GARCÍA ROMERA, I., MARTÍNEZ-ABARCA, F., PALMA, J.M., RAMOS, M.E., ROBLES, A.B. (Eds.) (2013). High School Students for Agricultural Science Research. II. Ed. Estación Experimental del Zaidín, Granada 74 pp. ISSN 2340-9746.
- ALCHÉ, J.D., BELVER, A., CASTRO, A.J., CLEMENTE, A., CORPAS, F.J., DELGADO, L., ESPINOSA, M., JAIME, N., MARTÍNEZ-ABARCA, F., OLÍAS, R., PALMA, J.M., RODRÍGUEZ-SERRANO, M., ROMERO, E., ROMERO-PUERTAS, M.C., RUIZ, C., SAHRAWY, M., SANDALIO, L.M., SERRATO, A. (Eds.) (2014). High School Students for Agricultural Science Research.III. Ed. Estación Experimental del Zaidín, Granada 109 pp. ISSN 2340-9746.
- ALCHÉ, J.D., ESPINOSA, M., MARTÍNEZ-ABARCA, F. (Eds.) (2015). High School Students for Agricultural Science Research.IV. Ed. Estación Experimental del Zaidín, Granada 57 pp. ISSN 2340-9746.
- ALCHÉ, J.D., ESPINOSA, M., MARTÍNEZ-ABARCA, F. PALMA, J.M. (Eds.) (2016). High School Students for Agricultural Science Research.V. Ed. Estación Experimental del Zaidín, Granada. 69 pp. ISSN 2340-9746.
- CAÑAL, P., TRAVÉ, G. y POZUELOS, F. (2011). Análisis de obstáculos y dificultades de profesores y estudiantes en la utilización de enfoques de investigación escolar. *Investigación en la Escuela*, 73, 5-26.
- CAAMAÑO, A. (2012). La investigación escolar es la actividad que mejor integra el aprendizaje de los diferentes procedimientos científicos. En Pedrinaci, E., Pro, A., Caamaño, A. y Cañal, P. (coords.). 11 ideas claves. El desarrollo de la competencia científica, 127-146. Graó.
- COUSO, D. (2012). “De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: una reflexión crítica”. Conferencia plenaria inaugural de los XXVI Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales de APICE. Huelva. Consultado el 16 de Diciembre de 2015. http://uhu.es/26edce/actas/docs/conferencias/pdf/26ENCUENTRO_DCE-ConferenciaPlenariaInaugural.pdf
- LUPIÓN, T. y MARTÍN, C. (2016). Scientific school research: in-service teachers assessment of educational contents and strategies. In J. Lavonen, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto and K. Hahl (eds.) *Science Education Research: Engaging learners for a sustainable future*, 1466-1472. Helsinki: ESERA.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (2013). Next generation science standards. Board on Science Education, Center for Education. Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: National Academies Press.

- OECD (2013). Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy". OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264190511-en>
- PÉREZ J, JIMÉNEZ-ZURDO JI, MARTÍNEZ-ABARCA F, MILLÁN V, SHIMKETS LJ, MUÑOZ-DORADO J. (2014). Rhizobial galactoglucan determines the predatory pattern of *Myxococcus xanthus* and protects *Sinorhizobium meliloti* from predation. *Environ Microbiol.* 16:2341-2350.
- PÉREZ-CÁCERES, F.J. (2014). PIIISA: Project to introduce research and innovation into secondary schools in Andalucía. The young science in search of the future...or viceversa. En A. Romero, T. Ramiro y M.P. Bermúdez (coords.). *Actas del II Congreso Internacional de Ciencias de la Educación y del Desarrollo*, 468. Universidad de Granada.
- RYAN, R. M. & DECI, E.L. (2000). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and. New Directions. *Contemporary Educational Psychology* 25, 54-67.

