

Un congreso científico en secundaria: articulando el aprendizaje basado en proyectos y la indagación científica

Isabel Llorente¹, Xavier Domènech¹, Neus Ruiz¹, Imma Selga¹, Carles Serra¹, Jordi Domènech-Casal^{1,2}

¹Institut Marta Estrada (Granollers), ²Grup LIEC, Departament de Didàctica de les Matemàtiques i les Ciències, Universitat Autònoma de Barcelona
España

Citación: Llorente, I., Domènech, X., Ruiz, N., Selga, I., Serra, C., & Domènech-Casal, J. (2017). Un congreso científico en secundaria: articulando el aprendizaje basado en proyectos y la indagación científica. *Investigación en la Escuela*, 91, 72-89. Recuperado de <http://www.investigacionenlaescuela.es/articulos/R91/R91-5>

Resumen: Los Proyectos de Investigación son una aproximación didáctica que recoge elementos del Aprendizaje Basado en Proyectos y la Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación. Se describe el diseño y aplicación de un “Proyecto de Investigación” con alumnado de 1º de ESO del Instituto de Educación Secundaria Marta Estrada (Granollers) sobre los Ciclos Biogeoquímicos, la Hidrosfera y la Atmósfera. En éste el alumnado organiza y participa como investigador en un Congreso Científico Escolar sobre Contaminación. A partir de los resultados obtenidos en la aplicación, se identifican elementos de importancia en el diseño de Proyectos de Investigación, relativos a la autonomía del alumnado, el papel del contexto y el desarrollo de las dimensiones conceptual, procedimental y epistémica de la Competencia Científica.

Palabras clave: “Indagación”; “Proyectos de Investigación”; “Aprendizaje Basado en Proyectos”; “Competencia Científica”; “Ciencias de la Tierra”.

A Scientific Congress in Secondary school: bringing together Project-Based Learning and Scientific Inquiry

Abstract: Inquiry Projects are a didactic approach including elements from Project-Based Learning and Inquiry-Based Science Education. We describe the design and application of a “Research Project” with 12-years-old students on Biogeochemical Cycles, Hydrosphere and Atmosphere. In this project, students organize a Scientific Congress on Pollution and participate in it as researchers. From the results of the application, we identify key elements in developing Inquiry Projects, related to the students’ self-regulation, the role of the activity context and the development of the conceptual, procedural and epistemic dimensions of the Scientific Competence.

Key words: “Inquiry”; “Inquiry Projects”; “Project-Based Learning”; “Scientific Competence”; “Earth Sciences”.

Un Congrès Scientifique à l'École Secondaire: articulant l'Apprentissage Basé en Projets et l'Enquête Scientifique

Resumè: Les Projets d'Enquête sont une stratégie didactique qui contient des éléments de l'Apprentissage Basé en Projets et de l'Enseignement des Sciences Fondé sur l'Investigation. Nous décrivons le dessin et application d'un «Projet de Recherche» avec des élèves de 12 ans sur les Cycles Biogéochimiques, l'Hydrosphère et l'Atmosphère. Les étudiants organisent un Congrès Scientifique sur la Pollution et y participent comme des chercheurs. D'après les résultats de l'application, nous identifions des éléments clé dans le dessin de Projets d'Enquête, associés à l'autonomie des étudiants, le rôle du contexte et le déroulement des dimensions conceptuelle, procédurale et épistémique de la Compétence Scientifique.

Mostscle: “Enquête”; “Projet de Recherche”; “Apprentissage Basé en Projets”; “Compétence Scientifique”; “Sciences de la Terre”.

Introducción¹

La formación de ciudadanos competentes científicamente, más allá de conocer o reconocer los principales modelos científicos, implica también la adquisición de las habilidades y estrategias que conducen a la construcción del conocimiento científico (formulación de hipótesis, diseño de experimentos, análisis de datos, comunicación de resultados,...) (Hodson, 1994, Pedrinacci et al., 2012), además de la comprensión de los mecanismos y dinámicas sociales por los que la comunidad científica valida el conocimiento. En concreto, la OCDE estructura estos aspectos de la competencia científica (OCDE, 2006, 2013, Garrido y Simarro, 2014) en tres dimensiones: la dimensión conceptual abarca los conocimientos de ciencia (hechos, conceptos, teorías y modelos); la dimensión procedimental se ocupa de las prácticas y enfoques en los que se basa la investigación empírica (toma de datos, control de variables...); la dimensión epistémica se ocupa de la comprensión de la forma en que se genera el conocimiento científico y la función que desarrollan en la Ciencia las

¹ Los autores agradecen a la comunidad educativa del Institut Marta Estrada (Granollers) (alumnos, profesorado y familias) su apoyo en la aplicación de los marcos metodológicos propuestos. También agradecemos a los investigadores Manel Isnard, Jordi Camins y Marta Estrada su participación en el congreso y al Ayuntamiento de Granollers su apoyo en el desarrollo del proyecto y la cesión de los espacios del Centre Cívic Roca Umbert para la realización del congreso. Reflexiones incluidas en este artículo se enmarcan en la reflexión metodológica llevada a cabo en el grupo de investigación consolidado LICEC (referencia 2014SGR1492) por AGAUR y financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (referencia EDU2015-66643-C2-1-P).

preguntas, observaciones, teorías, hipótesis, modelos y argumentos). En el currículum actual (Ministerio de Educación, 2015), se hace mención explícita de habilidades científicas relacionadas con estas dimensiones en un bloque del currículum presente en todas las materias científicas llamado “Proyecto de Investigación”. Este bloque contiene los criterios de evaluación siguientes:

1. Planear, aplicar e integrar las destrezas y habilidades propias del trabajo científico.
2. Elaborar hipótesis y contrastarlas a través de la experimentación o la observación y argumentación.
3. Discriminar y decidir sobre las fuentes de información y los métodos empleados para su obtención.
4. Participar, valorar y respetar el trabajo individual y en grupo.
5. Presentar y defender en público el proyecto de investigación realizado.

Algunos autores describen que en la práctica, estas habilidades (que no pueden conseguirse con la mera “transmisión” de información) requieren metodologías activas en las que el alumnado participe en primera persona en actividades investigativas (Caamaño, 1992).

Marco conceptual

Las metodologías activas de Indagación

La Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación (en adelante, ECBI) se ha propuesto como vía para una adquisición más profunda de los conceptos y habilidades científicos (Caamaño, 2012; Hodson, 1994), y propone la instrumentalización de las habilidades de razonamiento científico por parte del alumnado para la construcción del conocimiento científico (Osborne y Dillon, 2008; Caamaño, 2012; Llewellyn, 2005). Según estos autores, las secuencias didácticas reproducirían en ECBI el proceso científico de creación del conocimiento en la escuela, estructurándose en varias etapas (Bogner, Boudalis y Sotiriou, 2012): 1) Formular preguntas investigables; 2) Dar prioridad a las evidencias; 3) Analizar las evidencias; 4) Formular una explicación basada en las evidencias; 5) Conectar la explicación con el conocimiento científico; 6) Comunicar y justificar la explicación; 7) Reflexionar sobre el proceso y el aprendizaje.

Los dos últimos pasos de esa secuencia son especialmente importantes, pues varios autores inciden en que gracias a la relación entre lenguaje y pensamiento es posible promover el desarrollo de las habilidades cognitivo-lingüísticas de las ciencias (describir, comparar, argumentar,...) mediante el uso de “andamios” lingüísticos orientados a la producción de textos científicos (Sanmartí, Izquierdo y García, 1999) y géneros lingüísticos propios del área (como artículos científicos, ensayos...). Además, es necesario que la indagación conlleve esfuerzos específicos relativos a la generación de modelos explicativos a partir de las evidencias (Simarro, Couso y Pintó, 2013) y se conecte a la elaboración de síntesis o conclusiones que modelicen los resultados de las investigaciones.

Las actividades ECBI pueden clasificarse según el grado de apertura en: cerradas (todo el proceso es decidido por el profesor), abiertas (en las que los alumnos toman las decisiones) o estructuradas (en las que el docente proporciona unas guías generales en las que los alumnos pueden decidir y planificar ciertos aspectos) (Caamaño, 1992); lo que tiene implicación en el grado de autonomía del alumnado.

Aprendizaje Basado en Proyectos

La metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) es muy similar a la ECBI en lo que respecta al rol activo que otorga al aprendiz. El ABP se basa en la resolución de conflictos o retos externos al aprendizaje y ubicados en contextos relevantes -lo que Kilpatrick (1918) llama “Purposeful act”- para el desarrollo instrumentalizado de objetivos de aprendizaje. De ese modo, el objetivo externo “construir un barco para una obra de teatro” constituye un conflicto ubicado en un contexto para distintos objetivos de aprendizaje de distintas materias (trabajar la madera, el dibujo técnico, la representación plástica, el cálculo de escalas...), promoviendo el trabajo integrado del currículum. El aprendizaje por proyectos comparte también los distintos niveles de autonomía del ECBI en la definición de ese conflicto o reto (Sanmartí, 2016), dando lugar a distintos proyectos, abiertos, estructurados o cerrados.

Aunque el Aprendizaje Basado en Proyectos es una propuesta pedagógica de una cierta antigüedad (Kilpatrick, 1918), implica la complejidad adicional de la convivencia en una misma actividad de objetivos de aprendizaje (contenidos y competencias) y objetivos de la actividad (construir un globo, realizar una exposición, etc.). En distintos esfuerzos recientes para su actualización (Trujillo, 2012, 2016; Ravitz et al., 2012; Baqueró y Majó, 2013; Larmer, Mergendoller y Boss, 2015; Chiva y Martí, 2016; Sanmartí 2016) se identifican desde la práctica varios aspectos que generan desconcierto en su definición y aplicación en secundaria (Domènech-Casal, 2016a; Del Moral, 2016; Lázpita, 2016):

1. Las dudas sobre si es posible trabajar contenidos mediante proyectos, o éstos son sólo un espacio competencial o de aplicación contextualizada de conocimientos obtenidos previamente de forma descontextualizada.
2. La dificultad organizativa que supone trabajar en contextos reales (por definición, interdisciplinarios) desde currículos fragmentados en materias estancas, que se reflejan en la estructura horaria.
3. La complejidad de compaginar en un mismo proyecto la vinculación estrecha con ítems concretos del currículum y, al mismo tiempo, una conexión con contextos externos, que suelen demandar un cierto grado de apertura e inclusión de elementos extracurriculares en el proyecto.
4. El punto de inicio en el diseño del proyecto: partir de un Tema o Temas con vinculación curricular para definir un Contexto que los acoja (del Tema al Contexto) o partir de un Contexto real y establecer enlaces curriculares a posteriori desde las distintas materias (del Contexto al Tema).

Los Proyectos de Investigación

Las dos metodologías descritas (ABP y ECBI) contienen elementos de interés para la enseñanza de las ciencias. Por un lado, la ECBI supone la incorporación de aspectos procedimentales y epistemológicos propios de las ciencias. Por el otro, el ABP supone el trabajo en contextos relevantes y el aprendizaje de los modelos científicos mediante su instrumentalización, no su construcción, lo que permite asegurar el trabajo con conceptos y modelos bien formulados. Los autores consideramos que la introducción explícita de dinámicas ECBI en las metodologías ABP puede ser una vía metodológica para el trabajo de habilidades científicas y dar respuesta a las necesidades de aprendizaje propuestas por la OCDE y el Currículum, y que es necesario el diseño, discusión y publicación de propuestas en ese sentido. Desde nuestra práctica, proponemos como

marco metodológico los “Proyectos de Investigación”, secuencias didácticas con características de la ECBI y el ABP, en las que (Domènech-Casal y Ruiz, 2017):

- Existe una pregunta u objetivo externo (y concomitante) con el aprendizaje.
- Se usan metodologías investigadoras (diseño de experimentos, modelización...).
- Se trabaja en equipo y mediante la discusión a partir de evidencias.
- Se genera un producto final colectivo en formato científico.
- Existe un contexto que instrumentaliza y conecta el currículum con el mundo real.

Objetivos

Nuestros objetivos en este trabajo son:

1. Testar el enfoque Del Tema al Contexto para el diseño de experiencias de Aprendizaje Basado en Proyectos y proponer un diseño didáctico que permita mantener vínculos estrechos con el Currículum y el Contexto.
2. Discutir el uso de los Proyectos de Investigación para el desarrollo de las tres dimensiones de la competencia científica (conceptual, procedimental y epistémica), y en particular la dimensión procedimental, como aportación a las habilidades del bloque del Currículum LOMCE “Proyecto de Investigación”.

Contexto y metodología

Se ha desarrollado y caracterizado la aplicación de una actividad como Proyecto de Investigación para la enseñanza de las ciencias. El Proyecto de Investigación ha sido diseñado y aplicado en el Institut Marta Estrada, de Granollers, un centro de secundaria de nueva creación cuyos ejes pedagógicos incluyen la orientación a la Ciencia y la Tecnología y la metodología ABP. El centro está formado en el curso 2015-2016 por 7 profesores y 58 alumnos, que constituyen el (único) nivel de 1º de ESO, lo que facilita la colaboración entre docentes para el trabajo interdisciplinar. La experiencia actual se llevó a cabo después de varias experiencias anteriores en ABP (Domènech-Casal y Ruiz, 2017, Domènech et al., 2016) y experiencias previas en el uso de dinámicas de comunicación científica para la contextualización de actividades (Domènech-Casal, 2014a, Álvarez et al., 2016), lo que ha implicado un cierto hábito en el alumnado para el trabajo por objetivos y en equipo. En la actividad se propuso al alumnado organizar y participar como investigadores en un Congreso Científico Escolar sobre la Contaminación en Capas Fluidas de la Tierra (Atmósfera e Hidrosfera).

Para el diseño de la propuesta, y en relación a las dificultades sobre el ABP citadas en el marco teórico, se han seguido las siguientes estrategias:

- A. Del Tema al Contexto. Partiendo del tema de las capas fluidas de la Tierra (Hidrosfera y Atmósfera) identificamos un contexto de creación de conocimiento científico relevante: la realización de un congreso científico sobre contaminación de aire y agua. En este congreso los alumnos presentarían sus investigaciones experimentales, lo que llevó a definir Tareas (hacer experimentos, elaborar un póster, organizar un congreso) y Temas derivados (construir histogramas, hablar en público,...) de distintas materias (Figura 1).

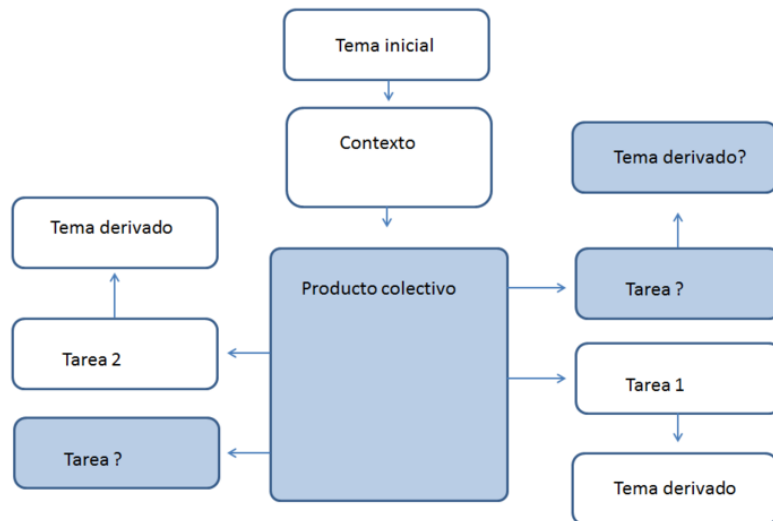


Figura 1. Diagrama de flujo representando nuestra interpretación sobre cómo un tema concreto (las capas fluidas de la Tierra) inspira un contexto complejo (Un congreso científico escolar), que a su vez “llama” a otras tareas y temas derivados

B. Dos niveles didácticos. El Contexto resultante suponía, de hecho, un trabajo a dos niveles: por un lado, planificar, desarrollar y comunicar una investigación por equipos (nivel cerrado y muy vinculado a objetivos de aprendizaje y habilidades científicas específicas) y, por otro, la organización del evento (abierto a la planificación por parte de los alumnos en la consecución de un objetivo externo y de carácter más competencial y menos predecible). Para cada nivel se optó por distintas organizaciones y horarios, que se describen en el apartado siguiente.

Para evaluar de forma cualitativa los distintos aspectos planteados en la introducción, se han recogido y evaluado las actividades presentadas por los alumnos y se han anotado de forma no sistemática observaciones de aula.

Estructura y descripción de la propuesta didáctica

Se propuso al alumnado la organización y celebración del congreso científico escolar “1st Earth Fluids Scientific Congress”. Los materiales de apoyo generados están disponibles en la página web creada ad hoc: <https://sites.google.com/site/airwatercongress/>. La propuesta se estructura en dos niveles didácticos, los “Equipos de Investigación” y las “Comisiones de Organización”, en los que participan de forma paralela todos los alumnos.

Los equipos de investigación

En este nivel didáctico los alumnos tienen como objetivo planificar, desarrollar y comunicar una investigación sobre calidad de aire y/o agua. Se formaron equipos de investigación de tres alumnos que trabajaron siguiendo varias etapas, que reproducen las de la ECBI:

- 1ª. Diseño del experimento.
- 2ª. Realización del experimento y recogida de muestras.
- 3ª. Elaboración del póster sobre su investigación.

4ª. Elaboración de un review, o resumen, sobre un tema concreto.

Como apoyo para cada una de las etapas se propusieron al alumnado actividades y materiales de apoyo para trabajar aspectos curriculares (conceptos y habilidades) necesarios para el desarrollo de la investigación (Tabla 1). Estos distintos aspectos curriculares se trabajaron con los alumnos no como actividad previa descontextualizada, sino en su inmediata aplicación en la investigación, desde las respectivas asignaturas. Esto se hizo sin necesidad de hacer cambios horarios, y comunicando siempre a los alumnos qué papel jugaría cada elemento en el proyecto.

Tabla 1

Algunos de los elementos curriculares tratados con el alumnado para el desarrollo de la investigación

Matemáticas	Recoger datos en forma de tablas y representarlos en forma de histogramas mediante el programa ofimático Calc.
Ciencias Naturales	Dimensión conceptual: Ciclos biogeoquímicos (agua, carbono, fósforo, azufre,...) y relación con fenómenos (ciclo del agua, efecto invernadero) y problemáticas (contaminación, crisis hídrica, cambio climático) ambientales. Aplicación a interpretación de contextos reales. Dimensión procedimental: Formular preguntas. Diseñar y realizar experimentos. Registro de datos. Sacar conclusiones de datos. Comunicar científicamente. Dimensión epistémica: Motivos epistémicos en la estructura de un póster científico (separación de datos y conclusiones...) y dinámicas sociales de la ciencia (discusión en el aula y congreso científico).
Lengua	Aspectos lingüísticos de la comunicación científica (argumentar, describir, justificar). Comunicación oral y discusión en la comunicación de un póster.

La investigación se propuso como una tarea estructurada. Se ofrecieron a los alumnos distintas técnicas analíticas (detección química de contaminantes específicos mediante colorimetría, análisis biológico de muestras mediante microscopía,...) de distintos compuestos y parámetros (fosfatos, carbonatos, nitratos, nitritos, ozono, sulfatos, temperatura...) y se les invitó a elegir muestras que comparar en respuesta a una pregunta de su elección del tipo: “¿Existen variaciones de contaminantes a lo largo del río?”, “¿Y según el día de la semana?”, determinando ellos mismos qué muestras debían recoger y qué análisis debían realizar.

Una vez realizados los experimentos y terminada la colección de datos, los alumnos elaboraron los pósters y practicaron su defensa en las clases de Ciencias y Lengua y llevaron a cabo actividades de co-evaluación con ayuda de una rúbrica para mejorar los pósters (cada equipo propuso mejoras a pósters de otros dos equipos). Una parte de los alumnos (18 alumnos) elaboró, además, durante el congreso cinco “review”, “state-of-the-art” o resúmenes científicos de las distintas comunicaciones desde alguna perspectiva en concreto (fosfatos, tramo del río...), con el objetivo de promover una lectura atenta y evaluación de los pósters de los compañeros y reproducir una dinámica real en los congresos científicos, la de observar las comunicaciones con el propósito de vincular los datos y conclusiones de distintos autores a un campo o tema específico y transversal (véase figura 2).

Para la elaboración de los procesos y productos científicos se proporcionaron al alumnado distintos “andamios” lingüísticos disponibles en la web del ProyectoC32 (Domènech-Casal, 2016b), incluyendo:

- Andamio didáctico para el diseño de experimentos.
- Plantilla para la elaboración de pósters científicos escolares.
- Rúbrica de co-evaluación de pósters científicos escolares.
- Plantilla para colección de datos y elaboración de un review.

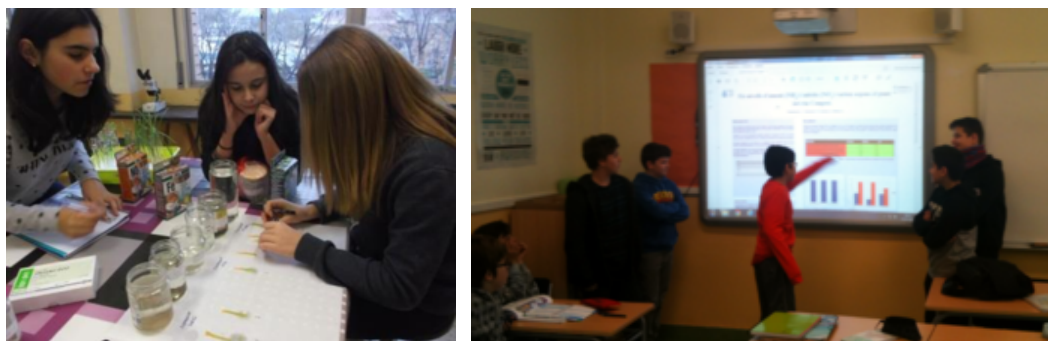


Figura 2. Se dedicaron sesiones de la materia de Ciencias Naturales al análisis de las muestras y la colección de datos, así como a la elaboración y coevaluación de pósters

Las comisiones de organización

Esta parte de la actividad se realizó en paralelo al desarrollo de las investigaciones e implicaba un mayor grado de apertura y auto-gestión. Al inicio del trimestre, se mostraron a los alumnos imágenes de congresos científicos y se les explicaron los tipos de comunicaciones (pósters y comunicaciones orales), figuras (chairman, ponente...) y liturgias habituales en estos eventos (registro, ponencia de bienvenida, coffee-break, clausura) para que pudieran imaginarse su propio evento. A partir de ahí, se realizó con ellos un listado de tareas necesarias para la organización, decidiéndose que se invitaría a investigadores reales para la realización de ponencias alternadas con las sesiones de defensa de pósters. A partir de las tareas propuestas, el profesorado propuso la formación de Comisiones de organización del congreso a las que los alumnos se inscribieron según su interés (véase tabla 2).

Tabla 2

Comisiones formadas y cometidos

Área gráfica	Diseñar el logo del congreso, elaborar las tarjetas identificativas para cada participante.
Espacios, horario y programa	Definir el marco horario del evento, su programa y los espacios para cada actividad. Contacto con instituciones públicas para conseguir la cesión de un espacio para realizar el congreso.
Logística	Planificar los materiales (sillas, paneles, cañón proyector, ordenador, altavoces) para el evento y encargarse de su correcta disposición y recogida.

² Web del Proyecto Didáctico ProjecteC3: <https://sites.google.com/a/xtec.cat/c3/home>.

Patrocinio y coffee-break	Buscar patrocinadores para financiar el coffee-break y encargarse de su gestión.
Relaciones públicas	Establecer y mantener la comunicación con los Investigadores invitados u otros agentes externos.
Comunicación	Planificar y realizar la difusión externa (web del centro, reportaje fotográfico) del evento. Mantener y publicar un diario de la organización del congreso.
Equipo de chairmans y “seguridad”	Preparar y realizar las presentaciones de los ponentes, dar paso a las distintas partes del congreso y ocuparse del buen desarrollo del acontecimiento.

Para el trabajo en la organización del congreso, los 58 alumnos trabajaron de forma auto-gestionada en comisiones acompañadas por profesores (2-3 comisiones por profesor) una hora a la semana (véase figura 3).

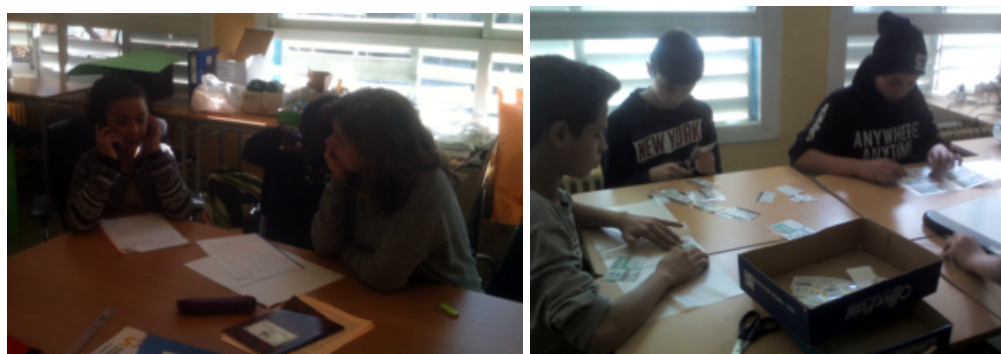


Figura 3. Alumnos en el trabajo por comisiones: a) llamando por teléfono para invitar a un investigador; b) elaborando las tarjetas identificativas personales para los participantes

Desarrollo y evaluación

Los pósters resultantes se ubicaron todos entre los niveles “Correcto” o “Muy Bien” de la rúbrica en prácticamente todos los aspectos, destacando especialmente en un aspecto de calado epistémico como la separación entre “Resultados” y “Conclusiones”. Sólo en un 10% de ellos se detectó que las conclusiones finales eran vagas o no se correspondían con las hipótesis u objetivos. En cambio, fueron minoría (cerca del 10%) los pósters que en sus conclusiones relacionaban sus resultados con conceptos generales como el ciclo del agua o las fuentes de contaminación ambiental, trabajados durante la secuencia. Están disponibles on line para su consulta varios de los pósters en formato digital³.

Los alumnos mostraron en su defensa de los pósters un dominio adecuado de términos científicos (Fosfatos, Tratamiento, Conclusión...). Los experimentos desarrollados presentaron un diseño experimental correcto, si bien poco robusto al faltar en muchos casos (aproximadamente en el 40%) réplicas o tratamientos control, si bien consideramos que no son errores graves en ese nivel

³ Pósters elaborados por el alumnado: <https://app.box.com/s/vf3hj54cpkm8fsgcbvkiatwrshwb399>.

educativo. Una parte de los alumnos (cerca del 20%) mostraron dificultades al justificar el diseño del experimento. En los reviews recogidos a los alumnos, éstos muestran que son capaces de identificar en los pósters de los compañeros los ítems vinculados al tema elegido, aunque sólo en dos de los cinco reviews apareció alguna mención a modelos científicos generales como el ciclo del agua o contextos inmediatos como la contaminación (véase figura 4).

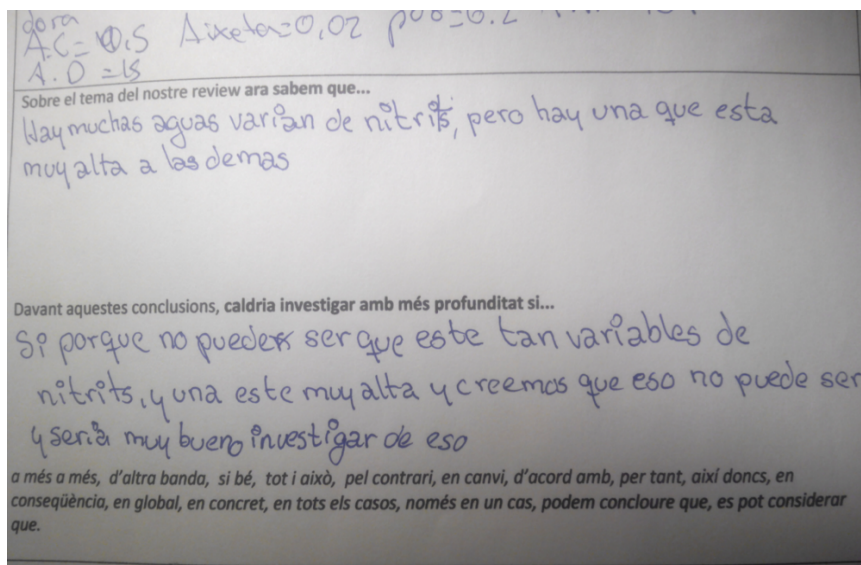


Figura 4. Parte de uno de los “reviews”. Los alumnos identifican anomalías y datos discrepantes, proponiéndolos como posibles inicios de investigaciones, pero no vinculan este análisis con modelos científicos generales como el ciclo del agua

En las Comisiones, los alumnos desarrollaron sus propias estrategias y herramientas, dando lugar, por un lado, a soluciones inesperadas (crear un logo a partir de logos de eventos precedentes) y aprendizajes competenciales (saber realizar una llamada formal por teléfono, medir cualitativamente el espacio en una sala para el congreso, comprender el funcionamiento de un equipo de sonido, etc.) distintos para cada comisión y de vinculación al currículum no estructurada ni planificada.

El Congreso tuvo lugar el día 18 de marzo de 2016 en las instalaciones amablemente cedidas por el Centre Cívic Roca Umbert, de Granollers. A él asistieron como ponentes invitados por los alumnos los científicos Manel Isnard, Jordi Camins y Marta Estrada, cuyas ponencias fueron intercaladas por sendas sesiones de pósters en las que los alumnos defendieron sus investigaciones ante los asistentes (el programa completo del evento está disponible en formato de tríptico digital⁴) (véase figura 5).

⁴ Programa digital del *1st Earths Fluids Scientific Congress*: <http://agora.xtec.cat/institutgranollers/wp-content/uploads/usu289/2016/03/TRIPTIC.jpg>.



Figura 5. Los alumnos participan en el congreso como participantes y defienden los pósters de sus investigaciones (a) y también como organizadores, encargándose, por ejemplo, de presentar a uno de los ponentes (b)

El congreso tuvo un impacto en medios locales de comunicación y, además de los alumnos y ponentes, asistieron familiares de alumnos. Los aspectos organizativos del congreso funcionaron en todos sus aspectos, y detectamos en la observación en el aula que el hecho de desarrollar un rol activo en su organización ayudó a los alumnos a apropiarse del congreso e implicarse más en su desarrollo.

Conclusiones e implicaciones didácticas

El Contexto y el Currículum en el diseño didáctico del proyecto

En relación a los objetivos planteados, consideramos en primer lugar que la estrategia de generar un contexto (Congreso científico) a partir de un tema (capas fluidas de la Tierra) ha sido una estrategia exitosa que nos ha permitido mantener el Proyecto de Investigación vinculado a aspectos curriculares clave, y ha generado, en segunda instancia, Temas derivados también pertenecientes al currículum de otras materias, como la expresión escrita y oral en Lengua y la representación gráfica de datos en Matemáticas.

A nivel organizativo, el Proyecto creado se ha estructurado en dos niveles didácticos: un “nivel estructurado” de trabajo en pequeños equipos de investigación alrededor de un conflicto fuertemente anclado a los contenidos y habilidades disciplinarias y un “nivel abierto” de trabajo en comisiones auto-gestionadas alrededor de un evento o producto colectivo, centradas en las competencias Aprender a Aprender, Ciudadanía y Autonomía e Iniciativa Personal.

Consideramos que esta organización en dos niveles didácticos permite compaginar en un mismo proyecto la vinculación estrecha con ítems concretos del currículum, y al mismo tiempo, una conexión con contextos externos y puede resultar aplicable para el desarrollo de otros proyectos. En particular, observamos que se establece una alimentación mutua entre los dos niveles, ya que la apropiación del producto colectivo promueve el interés y contextualización para el trabajo estructurado, mientras que el trabajo estructurado fomenta la seguridad y empoderamiento del alumnado para la participación en el evento colectivo.

El proyecto resultante ha sido posible con mínimas afectaciones del horario escolar. La necesidad de que los alumnos participaran en su planificación ha hecho que distribuyéramos el trabajo en el marco horario convencional a lo largo del trimestre, lo que a nuestro entender es una

mejor distribución que evidencia la conexión entre los aprendizajes realizados en las áreas (dirigidos a una finalidad colectiva, el congreso) y el propio proyecto. El desarrollo por parte de los alumnos de un rol organizativo en un contexto que emula el real y el trabajo colaborativo son también aspectos descritos por otros autores (Ruiz, 2013; Redondo, 2015) que consideramos que deben fomentarse en el desarrollo de futuros proyectos.

Los Proyectos de Investigación como herramienta para la Competencia Científica

El “Proyecto de Investigación” ha implicado el trabajo de las tres dimensiones de la competencia científica (Figura 6), en especial la dimensión procedimental, estrechamente vinculada al bloque del Currículo LOMCE de habilidades científicas mencionado en el marco teórico.

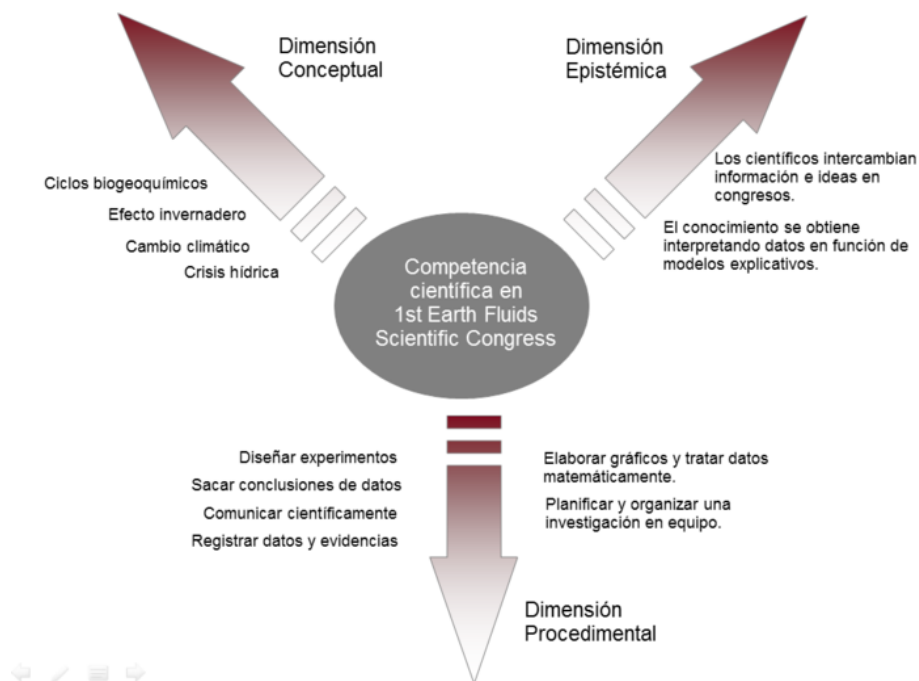


Figura 6. Dimensiones de la competencia científica trabajadas en el “Proyecto de Investigación”

Si bien el alumnado ha mostrado un desarrollo notable de la dimensión procedimental, y algunos pequeños pasos en la dimensión epistémica, muestra un desarrollo incompleto de la dimensión conceptual: los alumnos son capaces de enunciar el ciclo del agua o el efecto invernadero, pero muy pocos alumnos han relacionado las conclusiones de sus investigaciones con esos modelos científicos. Esta dificultad para vincular el trabajo práctico con modelos globales ha sido ya observada en actividades similares por otros autores (Lupi3n y Prieto, 2014) e identificada como carencia de las actividades de indagaci3n (Viennot, 2011, Couso, 2014). Como indicaci3n para el desarrollo de futuros proyectos, proponemos como posibles v3as para mejorar ese aspecto:

- Incorporar m3s eventos de “modelizaci3n” y revisi3n de las conclusiones, en forma de di3logos en el aula que inviten a ir m3s all3 de la simple constataci3n de regularidades o datos: “¿Qu3 significa esto? ¿C3mo podr3a resolverse? ¿Cu3les son las causas? ¿Cu3les son las consecuencias?”. Esta estrategia ha sido usada con 3xito en otras experiencias llevadas a cabo en el centro educativo (Dom3nech-Casal y Ruiz, 2016). La construcci3n de maquetas que representen los procesos, como proponen otros autores, podr3a ser un v3a de

modelización de los resultados del alumnado (Simarro, Couso y Pintó, 2013; Nebot y Márquez, 2014) que podría resultar en productos relevantes para el congreso científico.

- “Contextualizar” la actividad, ubicando la actividad investigadora en la resolución de un conflicto o problema concreto, vinculado a un contexto cercano, o una controversia socio-científica, más allá del contexto del congreso científico, puede ayudar al alumnado en el establecimiento de relaciones con los distintos conceptos, tal como proponen otros autores en actividades sobre contaminación atmosférica y fluvial (Jaén, Esteve y de Pro, 2014; Domènech-Casal, 2016c). En la propuesta actual, el contexto es en sí mismo el congreso científico, pero éste no está enfocado a tratar o resolver un tema cercano más allá de la experiencia de creación del conocimiento científico.

Además de los ya citados, el lector encontrará de interés trabajos de otros autores relativos a eventos científicos escolares como contexto de aprendizaje (Fuentes y García, 2010; Álvarez et al., 2016; Sánchez y Carretero, 2008), actividades investigativas alrededor de la contaminación atmosférica (Carmona, 2005) y técnicas de laboratorio concretas para medir componentes atmosféricos (Roc et al., 1991).

Referencias

- Álvarez, J. A., Domènech-Casal, J., Garrote, A., Gasco, J., Oliveros, C., & Rodríguez, L. (2016). Investiguem i ens comuniquem científicament: una proposta de centre com a dinamització de la Competència Científica. *Revista Ciències*, 31, 12-20.
- Baqueró, M. & Majó, F. (2013). ¿Cómo organizar un proyecto interdisciplinario? *Aula de Innovación Educativa*, 218, 77-81.
- Bogner, F., Boudalis, A., & Sotirou, S. (Eds.) (2012). *Pathway. Best Practices of Inquiry-Based Science Education. Methods and Activities*. Epinoia: Pallini Attikis, Greece.
- Caamaño, A. (1992). Los trabajos prácticos en ciencias experimentales. Una reflexión sobre sus objetivos y una propuesta para su diversificación. *Aula de Innovación Educativa*, 9, 61-68.
- Caamaño, A. (2012) ¿Cómo introducir la indagación en el aula? Los trabajos prácticos investigativos. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 70, 83-91.
- Carmona, A. (2005). Relaciones CTS en el estudio de la contaminación atmosférica: una experiencia con estudiantes de secundaria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), 1-17.
- Chiva, O. & Martí, M. (2016). *Métodos pedagógicos activos y globalizadores. Conceptualización y propuestas de aplicación*. Barcelona: Graó.
- Couso, D. (2014). De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. *XXVI Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Huelva (Andalucía).
- Del Moral, S. (2016). Del conocimiento al aprendizaje, un camino sin retorno. Materias y competencias en el ABP. *Cuadernos de Pedagogía*, 472, 51-54.
- Domènech, X., Llorente, I., Ruiz, N., Serra, C., Ulldemolins, M., Arrizabalaga, A., & Domènech-Casal, J. (2016). XYZ-Stars i Solar System Pathway: una experiència museística de treball per projectes sobre les constel·lacions i el Sistema Solar. *Revista Ciències* 31, 21-28.
- Domènech-Casal, J. (2013). Secuencias de apertura experimental y escritura de artículos en el laboratorio: un itinerario de mejora de los trabajos prácticos en el laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(3), 249-262.
- Domènech-Casal, J. (2014a). Indagación en el aula mediante actividades manipulativas y mediadas por ordenador. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 76, 17-27.

- Domènech-Casal, J. (2014b). Una secuencia didáctica en contexto sobre evolución, taxonomía y estratigrafía basada en la indagación y la comunicación científica. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 78, 51-59.
- Domènech-Casal, J. (2016a). Apuntes topográficos para el viaje hacia el ABP. *Cuadernos de Pedagogía*, 742, 59-62.
- Domènech-Casal, J. (2016b). Proyecto C3: indagación científica, lengua y contextos en la ESO. *Aula de Secundaria*, 19, 15-19.
- Domènech-Casal, J. (2016c). Contextos de indagación y controversias socio-científicas para la enseñanza del Cambio Climático. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 22(3), 267-276.
- Domènech-Casal, J. & Ruiz, N. (2016). De l'epiteli de ceba a la indagació. Un marc per a construir pràctiques investigadores cap a la Competència Científica. *Revista Ciències*, 32, 12-22.
- Fuentes, B. & García, F.J. (2010). El alumnado, gran héroe en pequeños trabajos de investigación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(1), 93-106.
- Garrido, A. & Simarro, C. (2014). El nou marc d'avaluació de la competència científica PISA 2015: Revisió i reflexions didàctiques. *Revista Ciències*, 28, 21-26.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias* 12(3), 299-313.
- Jaén, M. & Barbudo, P. (2010). Evolución de las percepciones medioambientales de los alumnos de educación secundaria en un curso académico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(núm. extra.), 247-259.
- Jaén, M., Esteve, P. & de Pro, A. (2014). ¿Ingenio o ingeniería? Actividades sobre problemas de contaminación de las aguas. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 77, 35-44.
- Kilpatrick, W.E. (1918). *The Project Method: the use of the purposeful act in the educative process*. Teachers College, Columbia University.
- Larmer, J., Mergendoller, J.R., & Boss, S. (2015). *Setting the Standard for Project Based Learning*. ASCD.
- Lázpita, A. (2016). ¿Solo en la bolera? El Aprendizaje Basado en Proyectos desde una asignatura. *Cuadernos de Pedagogía*, 472, 47-50.
- Lupián, T. & Prieto, T. (2015). La contaminación atmosférica: un contexto para el desarrollo de competencias en el aula de secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(1), 159-177.
- Llewellyn, D. (2005). *Teaching High School Science through Inquiry: A case study approach*. Corwin Press & NSTA Press.
- Marcén, C. (2005). Los múltiples semblantes del agua: análisis de algunas ideas de los escolares sobre el agua. *IV Congreso Ibérico de Gestión y Planificación del Agua*. Zaragoza. Fundación Nueva Cultura del Agua.
- Montañés, S. & Jaén, M. (2015). ¿Qué características presentan los contenidos relacionados con las problemáticas ambientales propuestos en los libros de texto de 3º de la ESO? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 130-148.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2015). Currículum de Biología y Geología, 4º de ESO. Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. *Boletín Oficial del Estado*, A-2015-37, 211-213.
- Nebot, R. & Márquez, C. (2014). El ciclo del agua en el laboratorio. Una propuesta de modelización. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 77, 17-24.
- OCDE (2006). Marco conceptual para la evaluación PISA 2006. París. *OECD Pub. Service*.
- OCDE (2013). *PISA 2015. Draft Science Framework*. En: <<https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Science%20Framework%20.pdf>>. (Consultado el 15/03/2015).

- Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections*. Londres: Nuffield Foundation.
- Pedrinacci, E., Caamaño, A., Cañal, P. & De Pro, A. (2012). *11 ideas clave. El desarrollo de la competencia científica*. Barcelona: Graó.
- Ravitz, J., Hixson, N., English, M., & Mergendoller, J. (2012). Using project based learning to teach 21st century skills: Findings from a statewide initiative. In *American Educational Research Association Conference*. Vancouver, Canadá.
- Redondo, J.L. (2015). Colonizadores de Marte. Ludificación analógica, emoción y sentimientos. *Comunicación y pedagogía: Nuevas tecnologías y recursos didácticos*, 281/282, 73-78.
- Roc., A., Torres, M.C. & Miralles, L. (1991). Experiencias didácticas sobre los componentes del aire y agentes contaminantes. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 5, 49-58.
- Ruiz, I. (2013). El trabajo colaborativo: experiencias de aula. *Comunicación y pedagogía: Nuevas tecnologías y recursos didácticos*, 267/268, 58-62.
- Domènech-Casal, J. & Ruiz, N. (2017). Mission to stars: un proyecto de investigación alrededor de la astronomía, las misiones espaciales y la investigación científica. *Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(1), 98-114.
- Sánchez, M.A. & Carretero, M.B. (2008). El alumnado como protagonista de la jornada científica sobre el agua. *Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(3), 347-355.
- Sanmartí, N., Izquierdo, M. & García, P. (1999). Hablar y escribir. Una condición necesaria para aprender ciencias. *Cuadernos de Pedagogía*, 281, 54-58.
- Sanmartí, N. (2016). Trabajo por proyectos: ¿Filosofía o metodología? *Cuadernos de Pedagogía*, 472, 44-46.
- Simarro, C., Couso, D. & Pintó, R. (2013). Indagació basada en la modelització: un marc per al treball pràctic. *Revista Ciències*, 25, 35-43.
- Trujillo, F (2012). *Propuestas para una escuela en el siglo XXI*. Fuencarral (Madrid): Catarata.
- Trujillo, F. (2016). El diseño de proyectos y el currículo. *Cuadernos de Pedagogía*, 472, 66-69.
- Viennot, L. (2011). Els molts reptes d'un ensenyament de les Ciències basat en la indagació: ens aportaran múltiples beneficis en l'aprenentatge? *Revista Ciències*, 18, 22-36.

Información sobre los autores

Autor: Jordi Domènech-Casal

Institución: Institut Marta Estrada(Barcelona); Departamento de Didáctica de las Matemáticas y las Ciencias Experimentales, Universidad Autónoma de Barcelona.

E-mail: jdomen44@xtec.cat

Información biográfica: Jordi Domènech-Casal (1976) es Doctor en Biología y Licenciado en Humanidades. Entre los años 1998-2007 se dedicó a la investigación básica en genética molecular y química inorgánica (Universidad de Barcelona, Université Paris VII, Università di Bologna) y la divulgación científica. Es Profesor de Secundaria desde 2008 (actualmente en el Institut Marta Estrada, Barcelona) y desde 2013 asesor y formador de profesorado en el Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya. Coordina el grupo de trabajo de profesorado de ciencias EduWikiLab, y el proyecto C3 de enseñanza competencial de las ciencias. Es Profesor Asociado de Didáctica de las Ciencias en la Universitat Autònoma de Barcelona y miembro del consejo asesor de la revista Cuadernos de Pedagogía. Ha publicado en varias revistas de

ámbito nacional e internacional artículos alrededor de la auto-regulación de los aprendizajes, la Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación y el Aprendizaje Basado en Proyectos.

<https://jordidomenechportfolio.wordpress.com/>

ORCID: orcid.org/0000-0002-7324-0000

Autor: Isabel Llorente

Institución: Institut Marta Estrada(Barcelona);

E-mail: illorent@xtec.cat

Información biográfica: Licenciada en Filología. Profesora de Lengua en Secundaria desde 1992. Interesada en temas educativos de cohesión social, ciudadanía e inclusión. Coautora de varias publicaciones i materiales y agente activo en espacios de asociacionismo para difundir estos valores. Formadora de profesorado en el cambio de modelo educativo desde 2008. Ejerce cargos directivos y de coordinación en centros educativos desde 2008.

Autor: Xavier Domènech

Institución: Institut Marta Estrada(Barcelona);

E-mail: xdomene2@xtec.cat

Información biográfica: Xavier Domènech es ingeniero industrial, especialidad mecánica, por la Universitat Politècnica de Catalunya. Después de trabajar varios años en diversas empresas dedicadas al software de ingeniería, se dedica desde el 2005 a la docencia de tecnología en secundaria. Actualmente trabaja en el Institut Marta Estrada de Granollers impartiendo materias de diseño y programación.

Autor: Neus Ruiz

Institución: Institut Marta Estrada(Barcelona);

E-mail: nruiz12@xtec.cat

Información biográfica: Licenciada y Doctora en Biología. Profesora de Ciencias en Secundaria. Ha ejercido varios cargos de coordinación y dirección en centros de Secundaria. Ha publicado en varias revistas de ámbito nacional e internacional artículos alrededor de la didáctica de las ciencias.

Autor: Imma Selga

Institución: Institut Marta Estrada(Barcelona);

E-mail: msselga22@xtec.cat

Información biográfica: Imma Selga es Licenciada en Ciencias de la Educación, especialidad Terapéutica. Terapeuta en Psicología Humanista. Diplomada en Focusing. Actualmente trabaja en el Institut Marta Estrada de Granollers como Psicopedagoga de centro.

Autor: Carles Serra Marimon

Institución: Institut Marta Estrada(Barcelona);

E-mail: rserra39@xtec.cat

Información biográfica: Ingeniero técnico agrícola (UPC, 1996) y Máster en viticultura y enología (UPC 1997). Profesor de Tecnologías de la ESO des del 2007.



Revista internacional de investigación e innovación educativa

Número 91

06 de julio de 2017

ISSN 2443-9991



Los/as lectores/as pueden copiar, mostrar, y distribuir este artículo, siempre y cuando se de crédito y atribución al autor/es y a Investigación en la Escuela, se distribuya con propósitos no-comerciales, no se altere o transforme el trabajo original. Más detalles de la licencia de CreativeCommons se encuentran en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0> Cualquier otro uso debe ser aprobado en conjunto por el autor/es, o Investigación en la Escuela.



Revista Editada por la Universidad de Sevilla. <https://editorial.us.es/es/revista-investigacion-en-la-escuela>

Contribuya con comentarios y sugerencias en la [web de la revista](#). Por errores y sugerencias contacte a investigacionescuela@ddcc.uhu.es

Investigación en la escuela

Consejo de dirección: **Ana Rivero García** (Universidad de Sevilla), **Nicolás de Alba Fernández** (Universidad de Sevilla), **Pedro Cañal de León** (Universidad de Sevilla), **Francisco F. García Pérez** (Universidad de Sevilla), **Gabriel Travé González**, (Universidad de Huelva), **Francisco F. Pozuelos Estrada** (Universidad de Huelva)

Dirección: **Ana Rivero García** y **Nicolás de Alba Fernández**
Secretaría de edición: **Elisa Navarro Medina**

Consejo editorial

José Félix Angulo Rasco. Universidad de Cádiz
Rosa M^a Ávila Ruiz. Universidad de Sevilla
Pilar Azcárate Goded. Universidad de Cádiz
Juan Bautista Martínez Rodríguez. Universidad de Granada
Nieves Blanco García. Universidad de Málaga
Fernando Barragán Medero. Universidad de La Laguna
José Carrillo Yáñez. Universidad de Huelva
José Contreras Domingo. Universidad de Barcelona.
Luis C. Contreras González. Universidad de Huelva
Ana M^a Criado García-Legaz. Universidad de Sevilla
Rosario Cubero Pérez. Universidad de Sevilla
José M^a Cuenca López. Universidad de Huelva
Jesús Estepa Giménez. Universidad de Huelva
Rafael Feito Alonso. Universidad Complutense (Madrid)
Francisco José García Gallardo. Universidad de Huelva
Soledad García Gómez. Universidad de Sevilla
J. Eduardo García Díaz. Universidad de Sevilla

Fernando Hernández Hernández. Universidad de Barcelona
Salvador Llinares Ciscar. Universidad de Alicante
Alfonso Luque Lozano. Universidad de Sevilla
Rosa Martín del Pozo. Universidad Complutense (Madrid)
José Martín Toscano. IES Fernando Herrera (Sevilla)
Jaume Martínez Bonafé. Universidad de Valencia
F. Javier Merchán Iglesias. Universidad de Sevilla
Emilia Moreno Sánchez. Universidad de Huelva.
Rosario Ortega Ruiz. Universidad de Córdoba
Antonio de Pro Bueno. Universidad de Murcia
Fco. de Paula Rodríguez Miranda. Universidad de Huelva
Pedro Sáenz-López Buñuel. Universidad de Huelva
Antoni Santisteban Fernández. Universidad Autónoma (Barcelona)
Emilio Solís Ramírez. Catedrático de IES.
M^a Victoria Sánchez García. Universidad de Sevilla.
Magdalena Suárez Ortega. Universidad de Sevilla

Consejo asesor

Manuel Área Moreira. Universidad de La Laguna
Jaume Carbonell. Director Cuadernos de Pedagogía. Barcelona
César Coll. Universidad de Barcelona
Christopher Day. Universidad de Nottingham. U.K.
Juan Delval. Universidad Nacional de Educación a Distancia
John Elliott. Universidad de East Anglia. Norwich. U.K.
José Gimeno Sacristán. Universidad de Valencia
André Giordan. Universidad de Paris VII y Ginebra
Francisco Imbernón. Universidad de Barcelona
Ángel Pérez Gómez. Universidad de Málaga
Rafael Porlán Ariza. Universidad de Sevilla
Francesco Tonucci. Instituto de Pedagogía del C.N.R. Roma
Jurjo Torres Santomé. Universidad de A Coruña

