



TRABAJO FIN DE MÁSTER

**LAS FERIAS COMO  
HERRAMIENTA  
DIVULGATIVA EN LA  
ENSEÑANZA DE LAS  
CIENCIAS EN LA ESO**

Estudiante: Ana de los Ángeles Bas Murcia

Especialidad: Biología y Geología

Tutor/a: Víctor Manuel Quesada Pérez

Curso académico: 2023-24



## ÍNDICE

1. Resumen y palabras clave.....	3
2. Introducción.....	4
3. Revisión bibliográfica.....	5
4. Propuesta.....	7
4.1. Contextualización y nivel educativo.....	7
4.2. Competencias clave.....	8
4.3. Objetivos de la etapa .....	8
4.4. Relación con los ODS .....	8
4.5. Saberes básicos .....	9
4.6. Metodología didáctica .....	9
4.7. Diseño de la propuesta .....	11
4.7.1. Temporalización y recursos para realizar la propuesta.....	11
4.8. Inclusión de la propuesta al estudiantado con necesidades especiales de aprendizaje .....	14
4.9. Criterios de evaluación (CE) .....	14
5. Conclusiones.....	16
6. Referencias.....	17



## **I. Resumen y palabras clave**

La divulgación científica es una herramienta clave para el intercambio de saberes y por tanto para el enriquecimiento científico-cultural de la etapa estudiantil. A día de hoy, hay gran cantidad de técnicas divulgativas como puede ser el uso de elementos audiovisuales, blogs, talleres, proyectos, ferias, etc. Esta revisión se ha centrado en el uso de ferias como elemento didáctico de divulgación científica aplicando un aprendizaje basado en problemas o proyectos. De este modo los estudiantes son los encargados de crear un proyecto y exponerlo al público. El objetivo principal de esto es fomentar el trabajo autónomo y que el alumnado no sea receptor pasivo de la información, sino que acabe compartiendo conocimiento de forma activa. El proyecto seleccionado para exponer en una feria ha sido el de realizar el experimento de T. H. Morgan con *Drosophila melanogaster* en el laboratorio escolar durante una duración de 8 sesiones para luego darlo a conocer en un stand.

**Palabras clave:** divulgación, feria de ciencias, genética, aprendizaje basado en proyectos (ABPr), aprendizaje basado en problemas (ABP) y *Drosophila melanogaster*.

## **Abstract**

Scientific dissemination is a key tool for the exchange of knowledge and therefore for the scientific-cultural enrichment of the student stage. Today, there are a large number of informative techniques such as the use of audiovisual elements, blogs, workshops, projects, fairs, etc. This review has focused on the use of fairs as a didactic element of scientific dissemination applying problem- or project-based learning. In this way, students are in charge of creating a project and exposing it to the public. The main objective of this is to encourage autonomous work and for students to not be passive recipients of information, but to end up actively sharing knowledge. The project selected to be exhibited at a fair has been the application of Morgan's experiment with *Drosophila melanogaster* in the school laboratory for a duration of 8 sessions and then presented at a stand.

**Key words:** dissemination, science fair, genetic, project based learning (PBL), problem based learning (PBLr) and *Drosophila melanogaster*.

## 2. Introducción

No se puede hablar de la importancia de la divulgación de la ciencia, sin recordar la “Declaración sobre la ciencia y el uso del saber científico” (Declaración de Budapest, 1999), donde se expuso que, “la investigación científica y sus aplicaciones pueden tener repercusiones considerables con vistas al desarrollo humano sostenible, comprendida la mitigación de la pobreza, y que el futuro de la humanidad dependerá más que nunca de la producción, la difusión y la utilización equitativa del saber”. Ya hace 25 años se destacaba la importancia de la investigación y todo lo que conlleva, siendo imprescindible la divulgación de los conocimientos obtenidos a ciudadanos de todas las edades, comunidades y colectivos. La ciencia no estaría completa si no llegara plenamente a todo el mundo (Escobar, 2023). Una de las grandes ventajas de este siglo son las herramientas de las que disponemos para ampliar el conocimiento científico, ya que el uso de las nuevas tecnologías permite divulgar de manera accesible y atractiva (Roca y Pardo, 2022).

A día de hoy, es imprescindible la alfabetización científica del estudiantado. Una persona se considera científicamente alfabetizada, cuando tiene la capacidad de utilizar conocimientos y habilidades científicas suficientes para entender el mundo y sus cambios. Para conseguir un desarrollo eficiente en el estudiante, es interesante el uso de estrategias que ayuden a crear en los jóvenes, espacios de reflexión, análisis e interpretación de una sociedad digital y sostenible (Milena, 2023).

Existen multitud de métodos para fomentar la divulgación científica, entre los que cabe destacar: el uso del microrrelato (Roca y Pardo, 2022), las técnicas audiovisuales como el cine o la animación 3D, redes sociales (Amador, 2023), los podcasts científicos (Lara y Campo, 2018) con entrevistas a expertos, las webs sobre ciencia como “Science projects” (Buddies, 2022), el aprendizaje basado en proyectos (Ahedo-Gurrutxaga, 2022), las ferias y exposiciones en los que el alumnado pueda exhibir sus trabajos (Villareal-Romero et al., 2019), las visitas a museos interactivos como forma de aprender jugando (Robledo y Jáuregui, 2023), con crucigramas o rompecabezas (Vidal-Rosas y Fernández, 2022), las charlas y conferencias, los talleres prácticos y las salidas al campo.

El medio de divulgación seleccionado en este Trabajo Fin de Máster (TFM) para desarrollar la competencia científica en el estudiantado, es la feria de proyectos educativos. Se trata de una herramienta didáctica con la que el estudiantado expone en un stand científico un proyecto desarrollado en el aula. Las ferias son eventos en los cuales los estudiantes tienen la oportunidad de crear sus propios stands científicos y presentar proyectos que han ido elaborando durante el curso con el apoyo de sus correspondientes docentes. De esta forma, experimentan el rol de “pequeños investigadores”, lo que fomenta el espíritu científico. El objetivo de las ferias de proyectos educativos es crear una relación escuela-comunidad científica, mediante proyectos realizados por el alumnado (Rodríguez, 2018).

El uso de nuevas herramientas didácticas que estimulen la creatividad y aproximen la ciencia al estudiantado como, lo son las ferias, está en alza (Rodríguez–Losada, et al. 2019), siendo Estados Unidos el pionero en estos eventos (Utges y Cabanellas, 2004).

Uno de los principales objetivos de las ferias de proyectos es que el estudiantado explique de forma sencilla conceptos que *a priori* son complejos, de manera didáctica y accesible. Para ello, se permite acompañar la explicación del alumnado con proyectos, infografías, experimentos sencillos, maquetas y otros muchos elementos que el público puede manipular y tocar para interiorizar los conceptos de una forma lúdica (Rodríguez, 2018). En este TFM será el alumnado el que realizará los experimentos de Morgan con *D. melanogaster*. Cruzarán el fenotipo silvestre y el fenotipo mutante para ver in vivo la herencia ligada al sexo y posteriormente llevarán sus conclusiones a un stand de una feria.

### 3. Revisión bibliográfica

Las ferias de proyectos educativos, se basan en realizar un proyecto durante todo un periodo (curso, trimestre o unidad didáctica). Donde el conocimiento impartido por el docente debe ser representado a modo de proyecto por el alumnado y posteriormente explicado o expuesto en el stand de una feria de proyectos, siendo el estudiantado el que debe exponer el trabajo. Se busca la relación aula-laboratorio con el fin de fomentar el espíritu científico. Con esta metodología, se pretende desarrollar el trabajo en equipo, la creatividad, la toma de decisiones, la resolución de problemas y el uso de lenguaje científico (Velázquez et al., 2022). Esta técnica está ligada al aprendizaje basado en proyectos (ABPr), aprendizaje basado en problemas (ABP) y el trabajo autónomo. El estudiante pasa a ser un receptor de conocimiento activo, en vez de pasivo. De hecho, estudios realizados por Sousa (1995), demuestran que el conocimiento adquirido por un estudiante a las 24h de una clase magistral es del 5%, cuando hay discusiones en grupo del 50%, cuando se utilizan experiencias prácticas del 75% y cuando enseñan a otros, el 90%. El objetivo pretendido con la feria es llegar a ese 90% de conocimiento interiorizado.

Según Barrows (1986), el ABP es “un método de aprendizaje basado en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de nuevos conocimientos”. El ABP es una propuesta educativa innovadora donde el estudiantado, a través de pequeños grupos, busca resolver un problema guiado por el docente (Morales y Landa, 2004). Los inconvenientes que surgen en la resolución final del mismo, permiten desarrollar en el alumnado habilidades como el pensamiento crítico, la capacidad de analizar y resolver un problema, la evaluación y uso de recursos, el desarrollo de valores y actitudes para el trabajo cooperativo y el fomento del trabajo autónomo, autodirigido y continuo (Bueno, 2018).

El ABPr genera un producto, proyecto, servicio o experiencia final, en el que, el estudiante debe previamente investigar la temática, crear un plan, diseñarlo y obtener un producto. El docente siempre debe actuar como soporte para el acceso a la

información, instrucción, modelado y guía de cualquier problema a surgir. Es decir, debe ser meramente un orientador (Rodríguez-Sandoval y Cortés-Rodríguez, 2010). Se adquieren las mismas habilidades que en el ABP, mencionado anteriormente (Villanueva et al., 2022).

El trabajo autónomo se considera exitoso cuando un alumno ha sido capaz de: (i) ampliar sus conocimientos y agruparlos en un proyecto, (ii) colaborar de forma conjunta en tareas grupales y (iii) planificar y organizar tareas con resultados satisfactorios por voluntad propia (López, 2010). De forma general se espera que el estudiante desarrolle habilidades de autorregulación, colaboración y reflexión (Pegalajar, 2020).

El ABP y el ABPr no son estrategias incompatibles. Al contrario, son complementarias y buscan el desarrollo de unas habilidades muy similares. Ambos métodos son innovadores, sustituyen técnicas tradicionales unidireccionales y buscan el trabajo cooperativo y el diálogo educativo (Rodríguez-Sandoval y Cortés-Rodríguez, 2010).

Las ferias de proyectos permiten ir más allá del ABP y ABPr. Buscan la aplicación y exposición de lo aprendido, favorecen la divulgación científica, suplen las nuevas necesidades de la sociedad y la acercan a la ciencia (Velázquez, 2022). Son eventos en los que el alumnado muestra sus proyectos como si fuera un producto, él/la estudiante es él/la protagonista, ha producido su material a exponer en un stand y es él/la que va a transmitir la información relativa a su proyecto.

Según Franco (2021), hay tres tipos de ferias educativas:

- Feria de transmisión de conocimientos: el alumnado elabora un rincón/ambiente y le explica el contenido del conocimiento aplicado a ese rincón a los asistentes. Se utilizan posters e infografías principalmente.
- Feria de recursos educativos: el alumnado crea recursos innovadores para el aula y son los asistentes a la feria los que interactúan con el recurso (gamificados, virtuales, juegos de rol, etc).
- Feria de proyectos de indagación (práctica científica): el alumnado desarrolla un proyecto de indagación como puede ser un experimento científico y los asistentes realizan las experiencias.

Actualmente, el uso de las ferias de ciencia como herramienta divulgativa es uno de los productos más utilizados como elemento divulgador en un gran número de países (López, 2017), siendo la más importante la feria CIENTEC, Feria Internacional de Ciencia y Tecnología (<https://cientec.pe>), celebrada en América latina anualmente. Está dedicada principalmente a la tecnología. Sin embargo, cada año aparecen más proyectos relacionados con la biología como los que aparecen en la memoria CIENTEC de la feria realizada en 2023: “Evaluación del efecto antimicrobiano y antifúngico del aceite esencial de romero en una matriz cárnica” o “Fitobiomedicina ancestral” entre muchos otros proyectos (Feria Internacional de Ciencia y Tecnología, 2023).

En España también se promocionan las ferias desde hace años. El Libro verde de las Ferias de Ciencia (Chaparro, 2018), recoge las principales ferias de ciencias para estudiantes a nivel nacional, además de analizar y describir las características y fases que debe tener una feria. En este libro las ferias se consideran espacios de encuentro donde

el alumnado es el protagonista de la actividad y responsable de la comunicación e interacción con los participantes. El docente solo actúa de forma indirecta en la revisión y evolución del proyecto. Crea una nueva forma de enseñar, donde los/las alumnos/as son los que exponen la actividad y cambia la relación docente y alumno/a al trabajar de forma cooperativa. El objetivo de estos proyectos según Chaparro (2018) es aumentar el sentimiento científico del alumnado, buscar y crear talento y culturizar a la población ya que no solo implica al curso o grupo que realiza el proyecto, sino a todo el público que acude al evento. Fomenta el espíritu investigador e involucra agentes investigadores, ampliando también las salidas educativas de los alumnos, además de favorecer el desarrollo expositivo del alumnado.

Para gestionar un stand en una feria, se puede utilizar como apoyo los pasos propuestos por CIENTEC, siguiendo el manual publicado en su web para el desarrollo de proyectos (CIENTEC, 2023). En él, se propone dividir el proyecto en dos grandes partes. En la primera se escoge el tema. Para ello es necesario hacer una búsqueda e investigación acerca del tema escogido, crear un cronograma y planificar la parte experimental. Una vez planificada, se busca la aprobación del proyecto y acto seguido, se realiza el experimento, se analizan sus resultados y se exponen las conclusiones. En la segunda parte, se elabora un cuaderno de campo donde el alumnado debe recoger toda la información del proyecto, crear un informe con todas las fases del mismo y dar especial importancia al apartado de materiales, ya que será necesario tener todo el material para el stand de la feria.

Otra de las grandes guías a utilizar, es La Guía PMBOX (“A Guide to the Project Management Body of Knowledge” o cuerpo de conocimiento de gestión de proyectos, en español). Creada por el “Project Management Institute” (PMI) donde se documentan y estandarizan la información y gestión de proyectos según se establece en La Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOX). Actualmente va por la séptima edición, dividiendo la gestión de cualquier proyecto en cinco fases:

1. Iniciación: exposición y selección de un tema.
2. Planificación: recursos, materiales y financiación.
3. Ejecución: realización de maqueta.
4. Seguimiento y control.
5. Cierre: evaluación.

A toda esta gestión, habrá que incluir el alcance, el cronograma, los riesgos y la calidad que pretendemos alcanzar (Hernández, 2023).

## **4. Propuesta**

### **4.1. Contextualización y nivel educativo**

A continuación, se detalla cómo llevar a cabo un proyecto de ciencias relacionado con la biología, donde se trabajará con ejemplares de la mosca de la fruta, *Drosophila melanogaster* (a partir de ahora *D. melanogaster*). Este proyecto culminará en una feria de ciencias educativa. El alumnado escogido es el que cursa 4º de Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO) en la asignatura de Biología y Geología. La propuesta expuesta se plantea para un grupo de 20 alumnos.

#### 4.2. Competencias clave

Las competencias clave relacionadas con este proyecto para el alumnado de 4º de la ESO según el Decreto 107/2022, de 5 de agosto, del Consell, por el que se establece la ordenación y el currículo de la ESO, son las siguientes:

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS	OBJETIVOS A CONSEGUIR
Competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (STEM)	Comprender el mundo utilizando métodos científicos y el pensamiento.
Competencia digital (CD)	Uso seguro de las tecnologías digitales para el trabajo y la sociedad
Competencia personal, social y de aprender a aprender (CPSAA)	Implica la capacidad de reflexionar sobre uno mismo, mantener la resiliencia y ser capaz de trabajar de forma cooperativa desarrollando habilidades para el bienestar físico, mental y emocional propio y de las demás personas. Además, de ser capaz de abordar conflictos.
Competencia emprendedora (CE)	Enfoque vital dirigido a actuar sobre ideas y oportunidades para producir resultados de valor.

#### 4.3. Objetivos de la etapa

Los objetivos de etapa son los logros que el alumnado debe adquirir durante toda la ESO, según el Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la ESO. Los objetivos relacionados con esta propuesta son los siguientes:

- Desarrollar y habituar la disciplina y el estudio en el trabajo individual y colectivo. Requisito para realizar de forma eficaz tareas de aprendizaje y como medio de desarrollo personal.
- Incrementar el uso de fuentes de información veraz para adquirir nuevos conocimientos y desarrollar competencias básicas en tecnología.
- Percibir el conocimiento científico como un saber integrado que participa en diferentes disciplinas. Conocer y aplicar métodos para identificar problemas en campos del conocimiento y la experiencia.
- Fomentar el espíritu emprendedor y la confianza en uno mismo, la participación, el sentido crítico, la iniciativa personal y la capacidad de aprender a aprender, planificar, tomar decisiones y asumir responsabilidades.
- Aprender a comprender y expresar de forma correcta oral y por escrito en la lengua castellana.

#### 4.4. Relación con los ODS

La nueva agenda 2030 de desarrollo sostenible planteada en 2015 por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), propone 17 objetivos de desarrollo sostenible (Naciones Unidas, 2023). En este trabajo, se aborda principalmente el ODS-4 (Educación de calidad), que garantiza una educación inclusiva, equitativa y de calidad, donde se promueven oportunidades de aprendizaje durante toda la vida. Está relacionado con el trabajo cooperativo y divulgador de la ciencia generado en esta propuesta.

#### 4.5. Saberes básicos

Los saberes básicos (competencias) que debe adquirir el alumnado de 4º de la ESO según el Real Decreto 107/2022 aplicados a esta propuesta, son principalmente el Bloque A y B.

Bloque A: proyecto científico:

- Elaborar hipótesis, preguntas y conjeturas con perspectiva científica.
- Estrategias para la búsqueda de información, colaboración y comunicación de procesos, resultados o ideas científicas.
- Uso de fuentes fiables de información científica.
- Controles experimentales.
- Respuesta a cuestiones científicas con la experimentación y el trabajo de campo.
- Representación y comprensión de procesos o elementos naturales.
- Métodos de observación y toma de datos.
- Métodos de análisis de resultados.
- Evolución histórica del saber científico.

Bloque D: genética y evolución:

- Modelo simplificado de la estructura del ADN y ARN.
- Estrategias de extracción de ADN de una célula eucariota.
- Etapas de expresión génica, características del código genético y resolución de problemas.
- Relación entre las mutaciones, replicación del ADN, cáncer, evolución y biodiversidad.
- Proceso evolutivo.
- Fenotipo y genotipo (definición y diferencias).
- Estrategias de resolución de problemas sencillos de herencia con relación de dominancia y recesividad con uno o dos genes.
- Estrategias de resolución de problemas sencillos de herencia del sexo y herencia genética con relación de codominancia, dominancia incompleta, alelismo múltiple y ligada al sexo con uno o dos genes.

#### 4.6. Metodología didáctica

Como ya se ha mencionado anteriormente, la intervención para este proyecto va dirigida a un grupo de 20 alumnos de 4º de la ESO que cursa la asignatura de Biología y Geología. Para la realización del experimento serán necesarias 8 sesiones de 1h de duración cada una de ellas, distribuidas a razón de una sesión semanal. La primera sesión se realizará en el aula habitual, las 6 siguientes en el laboratorio de biología y la última en la feria de ciencias. Los alumnos realizarán el experimento por parejas, de forma que en el laboratorio se cubrirán 10 puestos de trabajo.

En el curso seleccionado, el alumnado empieza a conocer la genética y dentro de esta, la herencia ligada al sexo, que a menudo supone un enigma para ellos y suelen necesitar imágenes/vídeos explicativos de refuerzo para afianzar sus conocimientos. Por ello, en esta propuesta se busca aprender de una forma práctica los cruzamientos que realizó el genetista Thomas Hunt Morgan utilizando la mosca *D. melanogaster* (1908) para que entiendan de una forma práctica la herencia ligada al sexo en este díptero.

Morgan quiso comprobar las leyes mendelianas utilizando como animal modelo *D. melanogaster* y los mutantes de esta especie que obtuvo en su laboratorio. Es importante no confundir a *D. melanogaster* con *Ceratitis capitata*, llamada también “mosca de la fruta”, ya que esta última es una plaga en los países mediterráneos.

Seleccionó este pequeño díptero debido a su gran capacidad reproductiva (50-75 huevos por día) y su corto ciclo de vida (9,5-10 días). Actualmente, es un organismo modelo en genética ya que se cultiva fácilmente en el laboratorio, tiene descendencia abundante y es fácil de capturar y manejar. Su genoma está constituido por cuatro pares de cromosomas y se han descrito multitud de estirpes mutantes, lo que facilita el estudio de los patrones de herencia y los rasgos afectados por las mutaciones de las que son portadoras (Ramos, 1993).

Para realizar su experimento, Morgan seleccionó dos tipos de mosca, una con ojos rojos, que a partir de ahora se denominará tipo silvestre y otra con ojos blancos que se denominará tipo mutante. Con los resultados que obtuvo en los cruzamientos, concluyó que el color de ojos estaba ligado al cromosoma X, es decir, que presenta un patrón de herencia ligado al sexo.

En su experimento, Morgan seleccionó hembras silvestres ( $X^A X^A$ , ojos rojos) y machos mutantes ( $X^a Y$ , ojos blancos) para realizar el cruzamiento parental. Una vez realizado el cruzamiento, obtuvo una  $F_1$  de hembras y machos con ojos rojos (100%), como se muestra en la Figura I (A). Al cruzar los individuos de la primera generación entre sí ( $F_1 \times F_1$ ) obtuvo una proporción de 50% hembras de ojos rojos, 25% machos de ojos rojos ( $X^A Y$ ) y 25% machos de ojos blancos (Figura IB). Con estos resultados, se puso de manifiesto que las moscas macho y las moscas hembra heredaban el carácter del color de los ojos de manera distinta. Morgan propuso que este carácter estaba ligado al cromosoma X (ligado al sexo) y por esta razón no encontró hembras con ojos blancos (carácter recesivo frente al dominante, color de ojos rojos).

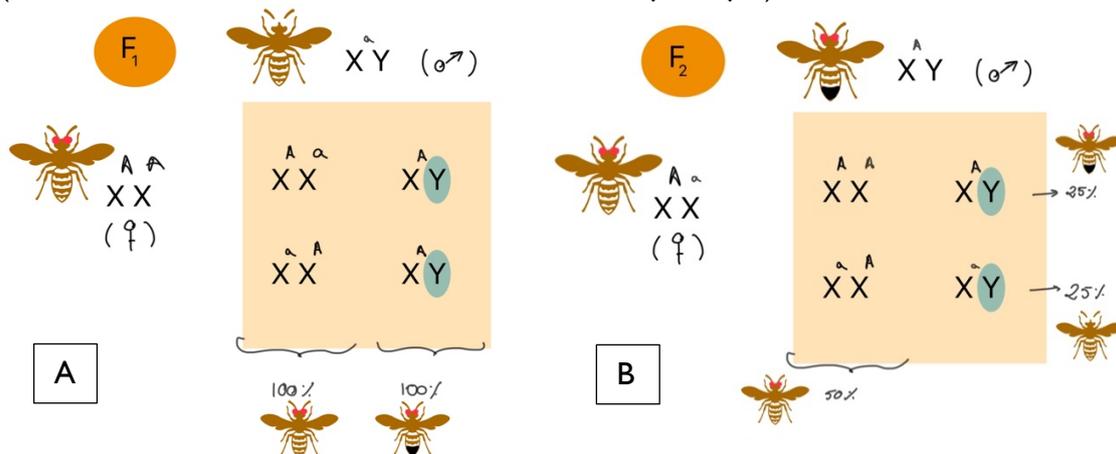


Figura I. Resultados obtenidos por Morgan en la  $F_1$  tras cruzar una mosca hembra de ojos rojos con un macho de ojos blancos (A) y en la  $F_2$  tras cruzar entre sí hembras y machos de la  $F_1$  (B).

En este proyecto, serán los estudiantes de 4º de la ESO los que cultivarán *D. melanogaster* in vivo en el laboratorio de biología y realizarán cruzamientos entre moscas silvestres y mutantes para aplicar la teoría a la práctica.

#### 4.7. Diseño de la propuesta.

La realización del proyecto se basa en tres partes. En primer lugar, el docente explicará en clase el temario de genética correspondiente e introducirá el proyecto explicando en qué consiste el experimento de Morgan y cómo se va a aplicar (sesión 1). Y a continuación, se lleva a cabo la parte experimental del mismo. El proyecto culmina con la exposición en la feria de ciencias (Figura 2).

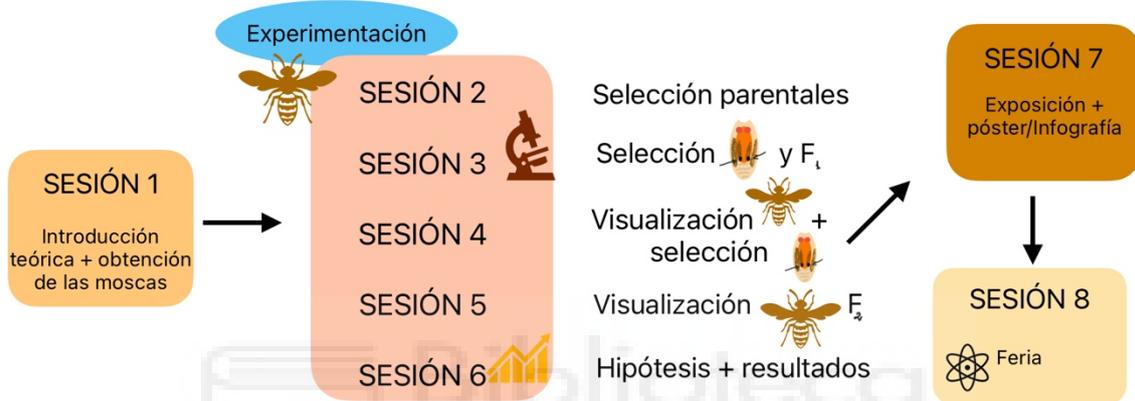


Figura 2. Diagrama explicativo del diseño de la propuesta

##### 4.7.1. Temporalización y recursos para realizar la propuesta.

Semana 1: explicación del experimento de Morgan, ciclo de vida, características de *D. melanogaster* y objetivos a conseguir. Los/las estudiantes deben iniciar en casa el experimento y empezar esa semana con la recolección de las moscas. Deben dejar un recipiente con restos frutales en un sitio con ventilación para atraer moscas. Una vez aparezcan las moscas deben ir capturándolas e introduciéndolas en un recipiente de cristal con un medio de cultivo en la base (Agar-agar) y un tapón de algodón en su apertura, proporcionado durante la sesión explicativa del docente. Las moscas obtenidas por los alumnos serán el fenotipo silvestre. El fenotipo mutante será cedido por el docente Miguel Leiva Brondo de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV).

Semana 2: los alumnos deben traer a clase sus moscas, se inspeccionarán (anestesiándolas previamente con éter) con la lupa binocular, se observarán sus características y seleccionarán 10 hembras. Las hembras se diferencian de los machos en su abdomen principalmente, este es más puntiforme en hembras y redondeado en machos. Además, las hembras presentan una franja dorsal oscura de menor tamaño que la del macho. Por otro lado, se observará la muestra de moscas con fenotipo mutante cedidas por la UPV y se seleccionarán 10 machos con ojos blancos. Con esta selección formarán la generación parental del experimento.

Una vez diferenciadas, se introducen machos y hembras en el recipiente de cristal. Es importante dejar las moscas con la botella de cristal en horizontal hasta que se despierten, ya que, si no, caerán al agar y se quedarán con restos de agar en las alas,

impidiéndoles el vuelo. El objetivo es que en una semana ya se haya producido el cruzamiento entre parentales y estén las pupas en la zona del cuello de la botella.

**Semana 3:** el ciclo de vida de la mosca comprende diferentes estadios: huevo (1 día), larva (3 días), pupa (4-5 días) y mosca o imago (9-10 días). Una semana después del inicio del experimento, las pupas deben estar en el cuello de la botella. Los alumnos seleccionarán pupas hembras y macho mirando el cerco sexual (Figura 3) y separarán 10 hembras y 10 machos que conformarán la  $F_1$ . Para realizar el cruzamiento han de partir de cepas vírgenes para evitar la contaminación de la muestra (las hembras presentan retención espermática y son capaces de ser fecundadas por varios machos), por eso el hecho de seleccionar la mosca en su estado de pupa y no en su estadio adulto. Una vez seleccionados, se introducen en un nuevo recipiente de vidrio con el fin de que se desarrollen y los adultos (vírgenes) se crucen entre ellos ( $F_1 \times F_1$ ) sin tener contaminación de la generación parental. El mantenimiento de la  $F_1$  debe realizarse en una incubadora o estufa a 27°C.

Hembra Macho

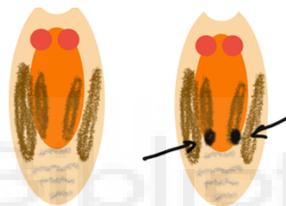


Figura 3. Pupa hembra y macho de *D. melanogaster*. Las flechas indican el cerco sexual.

**Semana 4:** en esta semana las  $F_1$  ya habrán madurado a su estadio adulto y habrán puesto las siguientes pupas ( $F_2$ ). En este paso los/las alumnos/as observarán el fenotipo de la  $F_1$  adulta (bajo anestesia) y anotarán los rasgos de las moscas para ver si se cumple con la  $F_1$  esperada de Morgan. Con las pupas repetirán el mismo proceso de la semana anterior, separarán 10 hembras y 10 machos para que una vez maduren generen  $F_2$ .

**Semana 5:** la  $F_2$  ya estará en fase adulta y los alumnos volverán a anestesiarse las moscas y a observar sus rasgos anotando sus características.

**Semana 6:** elaboración por parte del alumnado de un diario individual donde expliquen la evolución de sus moscas con las características obtenidas, si sus resultados cumplen o no cumplen el experimento de Morgan y sus conclusiones.

**Semana 7:** elaboración de póster e infografía sobre el experimento de Morgan con imágenes y experiencias propias. Puesta en escena de los alumnos para explicar su experimento entre sus compañeros. Se evaluará la explicación por parejas en una pequeña exposición de 5 min y el diario de forma individual.

**Semana 8:** una vez realizado y terminado el experimento en el centro educativo, se extrapola a la feria de ciencias programada. Los/las alumnos/as son los/las encargados/as de exponer su trabajo y explicar al público sus conclusiones. Se llevará el material elaborado en la sesión anterior al stand, además de lupas binoculares y moscas vivas en la botella de vidrio con el tapón de algodón y muertas (las que hayan fallecido a lo largo

del experimento) para que el público pueda visualizar sus diferencias directamente. Se llevarán las moscas fallecidas para evitar la manipulación de éter en un espacio sin controlar.

Es importante que el stand se divida por secciones, de forma que tengamos en una primera sección, posters con infografías de *D. melanogaster*. Los asistentes necesitarán conocer su ciclo, anatomía y el dimorfismo sexual que presenta tanto en forma de pupa como en forma adulta y por ello es importante contar con material gráfico explicativo. Una segunda sección con ejemplares de *D. melanogaster* en botes de cristal sobre una mesa y una tercera sección con ejemplares fallecidos de *D. melanogaster* en placas Petri y un par de lupas binoculares. Así los participantes pueden ir viendo en directo los rasgos de las moscas.

Cronograma resumen:

SESIÓN 1	Explicación del experimento.
SESIÓN 2	Visualización de ejemplares y selección de parentales.
SESIÓN 3	Selección de pupas y obtención de la F <sub>1</sub>
SESIÓN 4	Visualización de moscas F <sub>1</sub> adultas y selección de pupas para obtener la F <sub>2</sub>
SESIÓN 5	Visualización F <sub>2</sub> adultas.
SESIÓN 6	Elaboración de un diario con hipótesis y resultados.
SESIÓN 7	Realización de póster e infografía. Exposición en el aula.
SESIÓN 8	Exposición en Stand de feria.

El docente debe estar a modo de guía durante todo el proceso, pero sin intervenir de forma directa. Deben ser los alumnos los que experimenten y lleguen a sus propias conclusiones. Sin olvidar que es el docente el que tiene que estar supervisando en todo momento la seguridad del experimento ya, que se realiza en el laboratorio y los alumnos manipulan elementos volátiles y altamente inflamables como lo es el éter.

Es importante que el docente contacte con las ferias de ciencias que se sitúan alrededor de la ubicación del centro para asegurar su plaza en las mismas. Una vez contactado se formaliza la inscripción dentro del plazo determinado por el organismo organizador y se solicita una plaza. La plaza puede ser dentro de una infraestructura como bibliotecas o auditorios o al aire libre. Si fuera al aire libre, es importante buscar una carpa para que no se quede expuesto el material aportado. Además, se necesitarán un par de mesas y atriles para colocar todo el material.

También debe responsabilizarse el docente de tener el material necesario en el laboratorio por puesto de trabajo, siendo el siguiente: batas de laboratorio (20), lupa binocular, botellas de cristal de cuello ancho de 250ml, medio de cultivo (agar-agar), tubos de ensayo, placas Petri y pinceles. Además de una incubadora o estufa y éter. Y del material necesario para la feria, siendo este: dos mesas plegables, dos microscopios binoculares, placas Petri, botellas de cristal de cuello ancho de 250ml con moscas en su interior, batas para el alumnado, pósters y atriles.

#### 4.8. Inclusión de la propuesta al estudiantado con necesidades especiales de aprendizaje.

Según el Decreto 104/2018, de 27 de julio, el Consell Valencià declara la necesidad de tener un sistema educativo basado en la equidad y la inclusión, garantizando los derechos y oportunidades de cada alumno como individuo.

Por ello, hay que tener en cuenta las diferencias en la forma de aprendizaje, contexto socioeconómico, inteligencia emocional entre muchos otros aspectos, que se encuentran en el aula.

Un buen punto de partida es estimular y motivar al alumnado con temas interesantes donde puedan participar de forma activa, además de personalizar y adecuar los contenidos y medios a ellos.

Este proyecto está adaptado para cubrir las necesidades de algunos estudiantes que necesiten medidas de nivel I-III. Son aquellos alumnos que no necesitan medidas de carácter extraordinario para su inclusión, como son: dificultades de aprendizaje, trastornos del desarrollo, discapacidades intelectuales...

Es decir, esta propuesta cuenta con trabajo individual (búsqueda de información autónoma) y cooperativo para discutir o ampliar la información recabada de forma individual y ayuda a que los colectivos que necesitan cierto apoyo e inclusión se sientan integrados. Además, de contar con material manipulativo, atrayente y muy visual.

#### 4.9. Criterios de evaluación

Competencias específicas vinculadas al Real Decreto 107/2022 relacionadas con la propuesta.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
CE1. Interpretar y transmitir información y datos científicos de forma argumentada y utilizando diferentes formatos para analizar conceptos y procesos de las ciencias biológicas y geológicas.	1.1. Analizar conceptos y procesos biológicos interpretando información de diferentes formatos, manteniendo una actitud crítica. 1.2. Transmitir opiniones propias fundamentales e información en formato y terminología adecuada 1.3. Analizar y explicar fenómenos biológicos con material gráfico.
CE2. Identificar, localizar y seleccionar información, contrastando su veracidad, organizándola y evaluándola críticamente, para resolver preguntas relacionadas con las ciencias biológicas y geológicas.	2.1. Resolver cuestiones y profundizar en aspectos biológicos utilizando distintas fuentes y citándolas correctamente. 2.2. Contrastar la veracidad de información sobre información biológica utilizando fuentes fiables y actitud crítica. 2.3. Valorar la contribución científica hacia la sociedad y la labor de las personas dedicadas a ello.
CE3. Planificar y desarrollar proyectos de investigación, siguiendo los pasos de las metodologías científicas y cooperando cuando sea	3.1. Plantear preguntas e hipótesis que puedan ser respondidas o contrastadas con métodos científicos. 3.2. Diseñar la experimentación, toma de datos y análisis de fenómenos biológicos y geológicos que permitan contrastar o corroborar hipótesis.

necesario, para indagar en aspectos relacionados con las ciencias geológicas y biológicas.	3.3. Realizar experimentos, tomar datos y utilizar técnicas o herramientas adecuadas a ello. 3.4. Interpretar y analizar los datos obtenidos en un proyecto de investigación obteniendo conclusiones razonadas y fundamentadas. 3.5. Cooperar y colaborar para trabajar con mayor eficiencia en las distintas fases del proyecto.
CE4. Utilizar el razonamiento y el pensamiento computacional, analizando críticamente las respuestas y soluciones y reformulando el procedimiento, si fuera necesario, para resolver problemas o dar explicación a procesos de la vida cotidiana relacionados con la biología y la geología.	4.1. Resolver problemas o dar explicaciones a procesos biológicos o geológicos utilizando conocimientos aportados por del docente, el razonamiento lógico y el uso de recursos digitales. 4.2. Analizar de forma crítica la solución a un problema.

La evaluación de los alumnos se va a valorar principalmente con el diario de campo, el cual supone un 50% de la nota final, una exposición oral que consta de un 10% y la participación en el stand, valorada en un 40%. Para la corrección equitativa y objetiva de la propuesta se valorarán los tres apartados nombrados anteriormente utilizando la rúbrica siguiente (Tabla 1):

	<b>EXCELENTE (10-9)</b>	<b>NOTABLE (8-7)</b>	<b>SUFICIENTE (6-5)</b>	<b>INSUFICIENTE (4-0)</b>
Diario de campo (50%)	Sintetiza conceptos y los expone por escrito de forma clara. El contenido es coherente y acorde a lo explicado. Caligrafía correcta y no tiene faltas ortográficas.	Buena capacidad de síntesis y exposición escrita. Contenido claro. Tiene 2 o menos faltas de ortografía.	Capacidad de síntesis limitada, exposición de ideas desordenadas y no hay claridad suficiente en el documento. Contenido deficiente. Presenta más de 2 faltas ortográficas.	No hay síntesis en el contenido, las ideas están desordenadas y no hay conceptos claros. Contenido muy deficiente. Presenta más de 5 faltas ortográficas.
Exposición oral (10%)	Buena expresión oral, volumen y tono correcto. Postura correcta. No necesita consultar el folio de apoyo y conoce el tema que está exponiendo.	Presentación oral buena, pronuncia con claridad. Consulta de forma esporádica su hoja de apoyo.	Titubea al exponer, voz temblorosa y uso de muletillas. Mira de forma frecuente la hoja de apoyo.	Presentación pobre, desconoce el tema sobre el que habla y lee la hoja de apoyo en todo momento.
Participación stand (40%)	Participa de forma activa, crea material, innova y aporta ideas constantemente.	Participa de forma activa y se interesa por el proyecto. Comportamiento correcto en el stand pero	Participación escasa, no participa en las lluvias de ideas y le cuesta crear material expositivo. No participa con el público del stand.	Desinterés por la actividad, no realiza material expositivo y no participa en el stand.

	Buen comportamiento y exposición correcta al público.	interacciona poco con el público.		
Tabla I. Rúbrica de evaluación.				

## 5. Conclusiones

En esta revisión se ha propuesto el uso de la feria como elemento de divulgación educativa con el fin de inculcar el espíritu científico en el estudiantado. Para ello, los/las estudiantes han experimentado con *D. melanogaster* y han efectuado los mismos cruzamientos que realizó Morgan con moscas de fenotipo silvestre (ojos rojos) y de fenotipo mutante (ojos blancos). De este modo, no sólo se sienten como investigadores propiamente dichos, sino que elaboran su propio diario de campo, en el que reflejan todas sus inquietudes, hipótesis y resultados.

Como colofón de todo el proceso, exponen sus resultados en un stand de ciencias en una feria educativa. A parte de entender el área sobre el cual se convierten en expertos (la genética y más concretamente uno de los experimentos que realizó Morgan, en este caso), viven una experiencia inolvidable desde el ámbito educativo y social.

Es enriquecedor para el alumnado poder compartir información y hacer que el público desconocedor de los trabajos de Morgan, así como la importancia de la mosca de la fruta *D. melanogaster* en la ciencia y más concretamente en la genética, sea conocedor de ello, gracias al trabajo del estudiantado de 4º de la ESO.

Desde el punto de vista social, lo considero también muy positivo ya que en las ferias educativas se vive un ambiente de compañerismo y solidaridad que seguramente quede en el recuerdo del alumnado.

Es importante recalcar también las limitaciones de este proyecto, ya que al trabajar con animales vivos puede aparecer el gran inconveniente de que la población de estudio fallezca, se escape o bien, no copule. Y por ello, se ha de ser muy minucioso en cuanto a las necesidades de *D. melanogaster*. Es importante controlar en la medida de lo posible la temperatura, el medio de cultivo del cual se alimenta la mosca y el tiempo de anestesia para las visualizaciones de la misma. Con todos estos parámetros bajo control el experimento se llevaría a cabo sin contratiempos y se obtendrían los mismos resultados que obtuvo Morgan.

## 6. Referencias

- A Guide to the Project Management Body of Knowledge. (2017). PMBOK Guides.
- Ahedo-Gurrutxaga, I. (2022). Aprendizaje basado en proyectos: una metodología para activar el compromiso, la motivación y el interés en las aulas de Ciencia Política. *Revista Española de Ciencia política*, 60, 197-224. Doi: <https://recyt.fecyt.es/index.php/recp/article/view/91012/70579>
- Amador, E. M. (2023). Gramática cinematográfica y animación 3D para la divulgación de la ciencia. Doi: <https://revistas.uma.es/index.php/fotocinema/article/view/16510/17335>
- Barrows H. S. (1986) A Taxonomy of problem- based learning methods, *Medical Education*, 20: 481-486. Doi: [https://vle.upm.edu.ph/pluginfile.php/155727/mod\\_folder/content/0/PBL%20Barrows.pdf](https://vle.upm.edu.ph/pluginfile.php/155727/mod_folder/content/0/PBL%20Barrows.pdf)
- Buddies, S. (2022, 19 mayo). Science projects. Science Buddies. Doi: <https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/science-projects>
- Bueno, P. M. (2018). Aprendizaje basado en problemas (ABP) y habilidades de pensamiento crítico, ¿una relación vinculante? Doi: <https://www.redalyc.org/journal/2170/217059664008/html/>
- Chaparro, L. (2018). Libro verde de las ferias de ciencia. Edita Fundación Española para la Ciencia y Tecnología, FEYT.
- CIENTEC (2023). Manual para el desarrollo de proyectos. Doi: <https://cientec.pe/wp-content/uploads/2023/06/MANUAL-PARA-EL-DESARROLLO-DE-PROYECTOS-CIENTEC-2023.pdf>
- Decreto 104/2018, de 27 de julio, del Consell, por el que se desarrollan los principios de equidad y de inclusión en el sistema educativo valenciano. Doi: <https://dogv.gva.es/es/eli/es-vc/d/2018/07/27/104/>
- Decreto 107/2022, de 5 de agosto, del Consell, por el que se establece la ordenación y el currículo de Educación Secundaria Obligatoria. Doi: [https://dogv.gva.es/datos/2022/08/11/pdf/2022\\_7573.pdf](https://dogv.gva.es/datos/2022/08/11/pdf/2022_7573.pdf)
- Escobar, L. J. (2023) Divulgación accesible de la ciencia. Doi: [https://pdfs.semanticscholar.org/bd5f/58e4412f5b4739918728a15d0e6bdd4c5ac0.pdf?\\_gI=I\\*16ymmxt\\*\\_ga\\*MTY2MDY5MzQ0S4xNzA0OTY2MDYx\\*\\_ga\\_H7P4ZT52H5\\*MTcwNTIIMDQyNS4yLjEuMTcwNTIIMDQ3My4xMi4wLjA](https://pdfs.semanticscholar.org/bd5f/58e4412f5b4739918728a15d0e6bdd4c5ac0.pdf?_gI=I*16ymmxt*_ga*MTY2MDY5MzQ0S4xNzA0OTY2MDYx*_ga_H7P4ZT52H5*MTcwNTIIMDQyNS4yLjEuMTcwNTIIMDQ3My4xMi4wLjA).
- Feria Internacional de Ciencia y Tecnología, 2023 – CIENTEC <https://cientec.pe>
- Franco M, AJ (2021). Juegos de rol y ferias educativas como dinámicas interactivas para desarrollar pensamiento crítico. Webinarsunia. Doi: [https://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/6070/20211025\\_JoaquinFranco.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/6070/20211025_JoaquinFranco.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Hernández, M. (2023). Plan o proyecto para la creación de una feria educativa. Doi: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/59597>
- La Guía PMBOK. (s. f.). La Guía PMBOK. Doi: <https://uacm123.weebly.com/>
- Lara, A. y Campo, E. (2018). El podcast como medio de divulgación científica y su capacidad para conectar con la audiencia. *Revista Mediterránea de Comunicación: Mediterranean Journal of Communication*, 9(1), 347. Doi: [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/72036/6/ReMedCom\\_09\\_01\\_22.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/72036/6/ReMedCom_09_01_22.pdf)
- Leiva, M. (2019) Universitat Politècnica de València – UPV. *Drosophila melanogaster*: Realización de cruces. [Vídeo]. Doi: [https://www.youtube.com/watch?v=rVj\\_Wwz-ncQ](https://www.youtube.com/watch?v=rVj_Wwz-ncQ)

- López, M. (2010). Diseño y análisis del cuestionario de estrategias de trabajo autónomo (CETA) para estudiantes universitarios. *Revista de Psicodidáctica*, 15(1), 77-99. Doi: <https://www.redalyc.org/pdf/175/17512968005.pdf>
- López, P. Z. (2017). Las ferias de ciencias como herramientas de educación no formal para la equidad. Doi: [https://www.researchgate.net/publication/344085043\\_Las\\_ferias\\_de\\_ciencias\\_como\\_herramientas\\_de\\_educacion\\_no\\_formal\\_para\\_la\\_equidad](https://www.researchgate.net/publication/344085043_Las_ferias_de_ciencias_como_herramientas_de_educacion_no_formal_para_la_equidad)
- Milena, A. E. (2023). Vista de estrategias que desbloquean la alfabetización científica en el aula. Doi: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/4591/6978>
- Morales, P y Landa, V. Aprendizaje basado en problemas. *Problem-Based learning*. Revisión 2004. Doi: <http://148.202.167.116:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/574/Aprendizaje%20basado%20en%20problemas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Muñoz G, A., De Sousa Lacerda, J., y Costa Araujo, A.C. (2023). DIVULGACIÓN CIENTÍFICA EN INSTAGRAM. *Revista de Comunicación de la SEECI*. Doi: <https://www.seeci.net/revista/index.php/seeci/article/view/823/2174>
- Naciones Unidas. (2023). Objetivos de desarrollo sostenible. *Desarrollo Sostenible*. Doi: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>.
- Pegalajar, M. (2020). Estrategias de trabajo autónomo en estudiantes universitarios noveles de educación. Doi: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7459817>
- Ramos, P. (1993). Manual de laboratorio de genética para *Drosophila melanogaster*. (Rodríguez-Aranaiz)( McGRAW-HILL INTERAMERICANA DE MÉXICO, S.A. de C.V. ). Doi: [https://archive.org/download/manual-de-laboratorio-de-genetica-para-drosophila-melanogaster-booksmedicos.org/Manual%20de%20Laboratorio%20de%20Genetica%20para%20Drosophila%20Melanogaster\\_booksmedicos.org.pdf](https://archive.org/download/manual-de-laboratorio-de-genetica-para-drosophila-melanogaster-booksmedicos.org/Manual%20de%20Laboratorio%20de%20Genetica%20para%20Drosophila%20Melanogaster_booksmedicos.org.pdf)
- Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. Doi: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/29/217/con>
- Robledo, M.S., y Jáuregui Iturralde, P. (2023). Museos y sociedad: los desafíos del Museo Interactivo de Ciencia (MIC), Quito, Ecuador. Doi: <https://www.semanticscholar.org/reader/94817c2b205744d85578b3be6dd585bd6a9f3d67>
- Roca, D y Pardo V. (2022). Análisis de la idoneidad del microrrelato en la divulgación científica. Doi: <https://revistas.ucm.es/index.php/CLAC/article/view/74307/4564456566914>
- Rodríguez, M. (2018). Proyecto de Feria Educativa Ciencias 2018. Doi: <https://es.slideshare.net/slideshow/proyecto-de-feria-educativa-ciencias-2018/123078060>
- Rodríguez-Losada, N., Cebrián-Robles, D., y Franco-Mariscal, A. J (2019, 17 septiembre). La feria educativa de recursos STEM en el profesorado de ciencias en formación inicial. Universidad de Málaga. Doi: <https://hdl.handle.net/10630/18362>
- Rodríguez-Sandoval, E., y Cortés-Rodríguez, M. (2010). Evaluación de la estrategia pedagógica "aprendizaje basado en proyectos": percepción de los estudiantes. *Avaliação: Revista da*



- Avaliação da Educação Superior, 15(1), 143-158. Doi: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=219114878008>
- Sousa, D. How the Brain Learns. Reston, VA: The National Association of Secondary School Principals, 1995, 143 pp. Doi: [https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=+How+the+Brain+Learns&author=SOUSA+DA&publication\\_year=1995&pages=143](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=+How+the+Brain+Learns&author=SOUSA+DA&publication_year=1995&pages=143)
- UNESCO. Consejo Internacional para la Ciencia. Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI: Un nuevo compromiso. Budapest; 1999. Doi: [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000116994\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000116994_spa)
- Utges, G, y Cabanellas, S. (2004). Dr. Alberto Maiztegui. Recuerdos y reflexiones de un pionero en la enseñanza de la Física. Doi: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/8101>
- Velázquez L, G., Vargas Almeida, A., García García, A., Domínguez García, A., Domínguez García, A. y Cervantes Castro, C. M.(2022). Feria de proyectos como estrategia de fortalecimiento de las competencias de los estudiantes de los programas educativos de Ingeniería para la solución de problemas de la sociedad. Estudio de caso de la carrera de ingeniería en automatización y control industrial de la UPGM.
- Vidal-Rosas, E. E., y Fernández, C. G. (2022). Pedagogical framework to develop interactive virtual tools for the teaching and learning of dynamic systems in control engineering. IFAC-PapersOnLine, 55(17), 218-223. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.282>
- Villanueva, C, Ortega, G, y Díaz, L. (2022). Aprendizaje Basado en Proyectos: metodología para fortalecer tres habilidades transversales. Revista de estudios y experiencias en educación, 21(45), 433-445. Doi: [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-51622022000100433&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-51622022000100433&script=sci_arttext)
- Villareal-Romero, S., Escobar, É. S. O., Leal-Peña, E., y Palacios-Chaparro, J. (2019). Children with Grand Imaginaries: bringing them closer to the world of science. Comunicar, 27(60), 29-38. Doi: <https://doi.org/10.3916/c60-2019-03>