



**Universidad Internacional de La Rioja**  
**Facultad de Educación**

**Trabajo fin de Máster**

Propuesta didáctica para abordar los contenidos de Genética y Biología Molecular en 4º de la ESO utilizando el enfoque de Investigación Dirigida

**Presentado por:** María Palacín Fernández

**Línea de investigación:** Propuesta de intervención

**Director/a:** Lourdes Jiménez Taracido

**Ciudad:** Gijón

**Fecha:** Julio 2015

## Resumen

---

Los avances en la Genética y la Biología molecular se han precipitado en las últimas décadas, por lo que se hace imprescindible dotar a los alumnos de una buena formación en estos temas. Desde la Didáctica de las Ciencias se han investigado sobre las ideas previas que los alumnos de secundaria poseen en éste área evidenciando errores y carencias. Si bien, se ha comprobado que promoviendo cambios, sobre todo, en la estrategia docente, puede lograrse un aprendizaje significativo de los mismos.

Este Trabajo fin de Máster, propone la realización de una secuencia didáctica destinada a alumnos de 4º de la ESO, bajo el enfoque de Investigación Dirigida, en un contexto motivador que tiene como hilo conductor la cría de dinosaurios. Dicha propuesta consta de diferentes actividades que, siguiendo las directrices de la Didáctica de las Ciencias, tiene en cuenta las ideas previas de los alumnos, oportunidades de revisión, favorece la metacognición y el desarrollo de habilidades científicas.

**Palabras clave: Genética y Biología Molecular, aprendizaje significativo, Investigación Dirigida, ideas previas, metacognición.**

## Abstract

---

Advances in molecular biology and genetics have been developed very quickly recently and are closely related with the society. Scientists in the Teaching Science area, have been investigating on previous ideas that high school students have, highlighting gaps and conceptual mistakes. Therefore is compulsory to change the methodological strategies to teach this issues.

The proposal of this work is suggest a didactic sequence based on principles of constructivism and oriented research. It has several activities that create a motivating environment, in a context of breeding dinosaurs, and takes into account students preconceptions, stimulates metacognition and helps to the development of scientific skills. It consists of different activities, following the guidelines of the researchers in how to teach science, takes into account previous ideas of students, opportunities for review, stimulates metacognition and development of scientific skills.

**Keywords: Molecular Biology and Genetics, the methodological strategies, preconceptions, scientific skills, oriented research.**

# Índice de contenidos

---

<b>1.</b>	<b>Introducción al Trabajo fin de Máster .....</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>Planteamiento del problema .....</b>	<b>6</b>
2.1	Objetivos del trabajo fin de Máster .....	11
<b>3.</b>	<b>Marco teórico .....</b>	<b>12</b>
3.1	Paradigma constructivista aplicado al proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias .....	12
3.2	Aprendizaje por descubrimiento .....	16
3.3	Cambio conceptual .....	17
3.4	Enfoque mediante Investigación Dirigida .....	18
3.5	Las ideas previas de los alumnos en genética y biología molecular ...	21
3.6	Recursos y estrategias innovadoras para abordar los contenidos genética y biología molecular .....	23
<b>4.</b>	<b>Situación educativa y propuesta didáctica de intervención educativa .....</b>	<b>27</b>
4.1	Objetivos de la propuesta .....	32
4.2	Metodología .....	32
4.3	Fases y actividades de la propuesta .....	33
4.3.1	Fase preparatoria .....	33
4.3.2	Fase inicial.....	33
4.3.3	Fase de ejecución.....	36
4.3.4	Fase de evaluación.....	43
4.4	Planificación de las acciones.....	46
4.5	Recursos humanos, materiales y económicos utilizados.....	47
4.6	Evaluación del proceso y los resultados .....	48
<b>5.</b>	<b>Resultados previstos y discusión .....</b>	<b>50</b>
<b>6.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>52</b>
<b>7.</b>	<b>Limitaciones y prospectiva .....</b>	<b>54</b>
<b>8.</b>	<b>Referencias bibliográficas .....</b>	<b>55</b>
<b>9.</b>	<b>Anexos.....</b>	<b>61</b>
9.1	Anexo I. Cuestionario sobre ideas previas.....	61
9.2	Anexo II. Plantilla de corrección del cuestionario inicial.....	63
9.3	Anexo III. Guion actividad 3 para el alumnado. Cariotipo, genotipo y fenotipo de la cría de <i>T.rex</i> .....	65
9.4	Anexo IV. Ficha de trabajo para el alumno .....	68
9.5	Anexo V. Apoyo para actividad sobre meiosis y mitosis .....	71
9.6	Anexo VI. Material para los alumnos Actividad de deducción de las Leyes de Mendel, trabajando como investigadores.....	73
9.7	Anexo VII. Trabajando con el código genético. Material para alumnos.....	74
9.8	Anexo VIII. Ejemplo de instrumento para recogida de información en el “trivial” sobre genética .....	78
9.9	Anexo IX. Ficha de observación individual .....	79
9.10	Anexo X. Encuesta de satisfacción del alumnado .....	80

# 1. Introducción

---

Con la llegada de la LOE (Ley Orgánica de Educación Española) en 2006, y su adaptación al EEES (Espacio Europeo de Educación Superior), se establece un nuevo itinerario formativo para aquellos licenciados que quieran ejercer la docencia en la etapa de secundaria, Formación Profesional y Enseñanza de idiomas. Se establece como requisito la posesión de una formación didáctica y pedagógica a nivel de postgrado que garantice la capacitación para adaptar la educación a los nuevos retos que plantea la sociedad (artículo 100, LOE, 2006), derogando así, el antiguo Certificado de Aptitud Pedagógica (CAP), de menor carga lectiva.

Estos nuevos planes de estudio de adaptación pedagógica en formato de postgrado, deben incluir en su programación didáctica, la realización y defensa de un Trabajo fin de Máster (en adelante TFM), atendiendo a los criterios de fomento de la investigación que se recogen en el RD 1393/2007. En este sentido, la programación didáctica del Máster Universitario de Educación Secundaria Formación Profesional y Escuelas de idiomas, de la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR) incluye la realización de una TFM con una carga de seis créditos ECTS, lo que serían aproximadamente unas 150 horas de dedicación.

Por otro lado, los estudios de Máster del profesorado, se pueden realizar en varias especialidades recogidas en el Anexo I del RD 1834/2008, estas especialidades conducen a la docencia de unas u otras materias que se especifican también en los anexos 2, 3,4 y 5 del previamente citado Real Decreto.

En el presente TFM, contextualizado en la especialidad de Biología y Geología, se ha elaborado una propuesta didáctica sobre los contenidos de genética y biología molecular que se imparten en 4º de la ESO atendiendo a la dificultad manifiesta que presentan estas enseñanzas en esta etapa (Caballero, 2008).

Para abordar dicha memoria, en primer lugar se ha realizado una revisión de la bibliografía especializada sobre los obstáculos que existen para que los alumnos logren el aprendizaje significativo de las ciencias en general, y de la genética y la biología molecular, en particular. A continuación, se han revisado alternativas metodológicas propuestas por la Didáctica de las Ciencias así como y estrategias y recursos creativos para la enseñanza de los mismos.

Finalmente, y como aplicación de los conocimientos adquiridos se ha elaborado una propuesta didáctica para abordar los contenidos curriculares referidos utilizando el enfoque de Investigación Dirigida.

### ➤ **Justificación y utilidad práctica**

La elección de este tema nace de la conjunción de dos factores: de mi experiencia personal en la temática de la genética y biología molecular, y de la reciente experiencia como profesor en prácticas. En cuanto al primer factor, la experiencia personal en dicha materia, tras haber cursado la licenciatura de biología y numerosas asignaturas que giraban en torno a los temas de biología molecular y genética: genética humana, genética vegetal, biotecnología entre otras. Si bien muchos conceptos de estas materias me quedaron clarificados, no obtuve una visión integral y comprensiva de la genética hasta que comencé a trabajar en un laboratorio de genética.

El segundo factor que me ha llevado a plantearme esta temática para el TFM ha sido mi reciente experiencia como profesora en prácticas. En el colegio en el que he realizado el *Practicum* he escuchado, sobre todo, a los alumnos de 4º de ESO y primero de Bachillerato, quejarse de la dificultad de los temas de genética y biología molecular. Incluso los alumnos de 2º de bachillerato catalogaban como más difíciles las preguntas sobre genética en sus exámenes de PAU.

En base a esta experiencia personal y como futura docente, me gustaría en primer lugar saber qué dificultades presentan los temas de genética y biología molecular para los alumnos de secundaria, qué ideas previas son frecuentes en las aulas, y sobre todo, me gustaría tener a mano una serie de recursos, estrategias etc., en definitiva una metodología docente que facilite mi labor como guía en el aprendizaje de mis alumnos en esta materia.

## 2. Planteamiento del problema

---

Que los alumnos no aprenden significativamente la ciencia que se les enseña es una afirmación que según Campanario y Otero (2000) no sorprende a los docentes de esta área, de hecho, los resultados de PISA (Programa Internacional de Evaluación de los Estudiantes) confirman esta premisa.

Este programa fue diseñado y puesto en marcha a finales de los 90, y tiene como objetivo general evaluar la formación de los alumnos cuando llegan al final de la etapa de enseñanza obligatoria (4º ESO).

Los resultados en las tres competencias evaluadas (lectura, matemáticas y ciencias) sirven a los países participantes como evidencia para promover mejoras en los ámbitos académicos (Cadenas y Huertas, 2013).

En España, la puntuación obtenida en la competencia científica, en último informe PISA del que se tienen datos (2012), fue de 496 puntos, significativamente menor que la media de la OCDE y lejos de los países excelentes en competencia científica como son Japón, Finlandia o Corea del Sur. Para la evaluación de esta competencia científica se definen 6 niveles de rendimiento, siendo el nivel 1 el más bajo y el nivel 6 el más alto. Atendiendo a estos niveles, España estaría situada en un nivel 3 de competencia científica, por lo que todavía existe mucho margen de mejora.

La Didáctica de las Ciencias lleva décadas analizando las dificultades que presentan los alumnos para el aprendizaje de las Ciencias, y proponiendo métodos y estrategias para subsanarlas (Sanmartí, n.d.).

Se trata por tanto, la Didáctica de la Ciencias, de una disciplina en la que se investiga en distintas líneas de actuación, para un conseguir un proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias más eficaz. Se pueden hablar que en términos generales las causas que dificultan el aprendizaje de las ciencias son diversas y complejas. Pozo y Gómez (2009), han denominado a esta problemática “crisis de la educación científica”, atendiendo a los agentes principales que participan en el proceso educativo, (alumnos, profesores y sistema educativo), se destacan las siguientes:

➤ **Obstáculos que presentan los alumnos para el aprendizaje de las ciencias:**

○ **Dificultades en la comprensión de conceptos.**

Los alumnos, presentan errores básicos conceptuales sobre todo por prevalencia de sus ideas previas: como por ejemplo, la separación temporal entre respiración y fotosíntesis en las plantas.

○ **Contenidos procedimentales.**

Muchos alumnos presentan dificultades a la hora de resolver problemas de ciencias. Esto viene motivado en parte por el exceso de metodología de enseñanza de resolución de problemas mediante “problemas tipo.” A la hora de enfrentarse a situaciones nuevas no tipificadas, los alumnos no saben cómo resolverlas.

○ **Actitudinales.**

Debido a las dificultades anteriores, algunos alumnos presentan actitudes negativas ante el aprendizaje de las ciencias tales como que la ciencia es difícil, aburrida, y que no es aplicable a la vida cotidiana. (Pozo y Gómez, 2009).

○ **Falta de habilidades metacognitivas.**

Este término acuñado por Flavell (1981), se refiere a saber aprender. En muchas ocasiones, los alumnos no saben cómo aprender ciencias, o no conocen procesos para regular su aprendizaje, no saben evaluar su proceso meta cognitivo, es decir no tienen herramientas para evaluar si están aprendiendo o no.

➤ **Obstáculos inherentes al sistema educativo:**

Cada vez menos carga lectiva dedicada a las ciencias, y con reformas legislativas constantes, lo que hace que no exista una continuidad en el proceso de enseñanza aprendizaje en ciencias.

➤ **Obstáculos que presenta el profesorado:**

La carga lectiva, el cambio constante en los planes de estudio, la agenda oculta del profesorado hace que el recurso tiempo sea un bien escaso. Esto les conduce al uso, en muchos casos, de una metodología tradicional de transmisión recepción. Esta metodología de enseñanza es, a día de hoy, muy patente en nuestras aulas a pesar de que es sabido que no favorece el aprendizaje significativo (Campanario y Moya, 1999). Este modelo considera el alumno como una página en blanco que hay que rellenar (Porlán,

2000). La estrategia docente de los profesores que optan por este modelo de enseñanza se caracterizan por:

- Proponer actividades repetitivas con poco significado científico, resolución de problemas mediante problemas tipo.
- Uso del libro de texto como recurso único y/o principal.
- Una escasa conexión entre ciencia, tecnología y sociedad.

La conjunción de estos factores tiene entre sus consecuencias, un aprendizaje ineficiente de las ciencias que acrecienta el desinterés de los alumnos por el aprendizaje de las ciencias e incluso puede conllevar a medio plazo el abandono de las mismas (Solbes, Montserrat y Furió, 2007).

Partiendo de estos problemas generales que se presentan en el proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias y concretando para los temas de genética y biología molecular, estos problemas son todavía más patentes (Johnstone y Mahmoud, 1980).

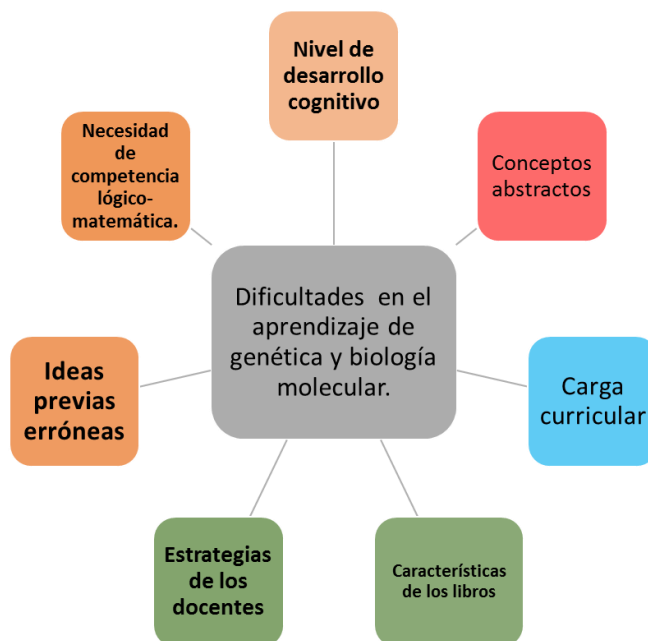
Para estas materias en concreto, se han identificado las siguientes dificultades (Ayuso, Banet y Abellan, 1996; Caballero, 2008):

- La genética contiene numerosos conceptos abstractos.
- El nivel de desarrollo cognitivo del estudiante. Existe una gran controversia entre autores en cuanto a la edad ideal para introducir los conceptos de genética.
- Las ideas previas en los estudiantes.  
Cuando los estudiantes afrontan el aprendizaje de nuevos contenidos, en especial los de carácter científico, no tienen un total desconocimiento acerca de los mismos. A través de diversas fuentes han estado recibiendo información sobre ellos y han construido sus propias concepciones, más o menos acertadas y que pocas veces suelen coincidir con las que se consideran correctas (Caballero, 2008; p. 227).
- El nivel de competencia matemática necesario para la resolución de problemas de genética.

Otros autores (Fugini, 2005 citado en Chavarría, Bermúdez, Villalobos y Morera, 2012) añaden otras dificultades de carácter extrínseco como son las estrategias docentes y el tratamiento didáctico que dan los libros de texto a estos contenidos curriculares.



Estas causas que parecen dificultar el aprendizaje de la biología molecular y genética se representan gráficamente en la **Figura 1**.



**Figura 1.** Dificultades en el aprendizaje de genética y biología molecular. En naranja aparecen los factores intrínsecos a los alumnos, en rojo los factores intrínsecos a la materia, en verde factores extrínsecos en los que puede interceder el docente y en azul factores extrínsecos en los que el docente no puede interceder. Elaboración propia.

El docente puede aportar mejoras en al menos 4 de estos siete factores que dificultan el aprendizaje eficaz de genética y biología molecular:

### **En la estrategia docente a aplicar en sus clases**

Este es el punto o factor principal en el que puede incidir el docente. Como se ha comentado anteriormente, debido al currículo denso y temporalización ajustada, muchos docentes optan por una metodología tradicional basada en modelo de transmisión recepción:

Sin embargo, se ha comprobado que se trata de un modelo ineficiente (Campanario y Moya, 1999) y debe optarse según lo establecido en artículo de Íñiguez y Puigcerver (2013), por una propuesta constructivista de enseñanza de la genética y la biología molecular.

### **En el trabajo con las ideas previas de los alumnos**

Desde una perspectiva constructivista de la enseñanza de las ciencias, el docente debe trabajar con las ideas previas con las que los alumnos llegan al aula, y el primer paso sería tener un amplio conocimiento de las mismas para luego tratar de refutarlas.

### **En las características de los libros, la elección del libro**

La elección del libro es competencia del docente, por lo que el profesor debe ser meticuloso en el estudio de los libros que existen en el mercado.

En este sentido, para los temas de genética y biología molecular, Iñiguez (2005) propone la realización de una serie de cuestiones para la selección del libro en conexión con las dificultades que presentan los alumnos para el aprendizaje de la genética, por ejemplo: "¿se explica la relación entre ADN, cromosoma y gen?" "¿Son claros los dibujos?"

Por otro lado, el profesor no debe considerar el libro de texto su recurso principal, ya que existen estudios que evidencian que muchos de los libros de textos presentan carencias en planteamientos de problemas, experiencias de investigación y promoción de actitudes científicas (Nieda, 2001).

### **En cuanto a la competencia lógico matemática**

A diferencia de otras áreas de la biología, la genética requiere un nivel mayor de competencia matemática así como de capacidad analítica sobre todo en la resolución de problemas.

Por lo que, en primer lugar el profesor deberán identificar si sus alumnos presentan algún tipo de dificultad por ejemplo en las probabilidades, manejo de fracciones etc. Si se identifican dificultades en esta competencia será inviable resolver problemas de herencia, por lo que el docente de biología deberá incidir en estos conceptos, realizando actividades de refuerzo para afianzar los cálculos de probabilidades y cálculo con fracciones.

Pese a que distintas investigaciones señalan que la genética y la biología molecular son de las áreas que presentan mayores dificultades para el alumnado, se ha demostrado mediante estudios de investigación en Didáctica de la genética y la biología molecular, que un cambio en la metodología docente puede modificar los errores del alumnado y obtener una enseñanza de la genética y la biología molecular más eficaz (Ayuso et al., 1996; Bugallo Rodríguez, 1995; Lewis y Wood-Robinson, 2000; Venville y Dawson, 2010).

## Objetivos

Una vez mostrada la problemática referente a la temática se ha formulado un objetivo general para esta investigación y unos objetivos específicos de forma que la consecución de éstos permita el logro del general.

### ➤ Objetivo general

Elaborar una propuesta didáctica para abordar los contenidos de biología molecular y genética en 4º de ESO mediante investigación dirigida.

### ➤ Objetivos específicos

- Objetivo 1: Describir el paradigma constructivista aplicado a la enseñanza de las ciencias: importancia de las ideas previas, concepto de aprendizaje significativo y aplicación del modelo al aula de ciencias.
- Objetivo 2: Definir características, ventajas e inconveniente del enfoque de enseñanza mediante investigación dirigida para aplicar al aula de ciencias como alternativa a la metodología tradicional y dentro del prisma constructivista.
- Objetivo 3: Describir la problemática que conllevan las ideas previas para el aprendizaje de los contenidos de genética y biología molecular en el currículo de 4º ESO.
- Objetivo 4: Identificar recursos innovadores y estrategias para abordar los contenidos de biología molecular y genética de 4º de la ESO.
- Objetivo 5: Elaborar una propuesta didáctica para 4º de la ESO que favorezca el aprendizaje significativo de los contenidos utilizando el enfoque de investigación dirigida.

### 3. Marco teórico

---

Una vez planteada la problemática, se expone continuación un estudio de los fundamentos teóricos bajo los que se aborda la presente investigación. Se ha revisado en los aspectos claves del constructivismo sobre el que se asientan los diversos enfoques aportados por la Didáctica de las ciencias.

A lo largo del siglo XX se han propuesto varios modelos de enseñanza de las ciencias y todos tienen sus ventajas y desventajas, seguidores y detractores y han sido más o menos utilizadas según las corrientes de pensamiento, políticas o sociales en vigor en cada momento.

Entre estos modelos están la resolución de problemas, el aprendizaje por descubrimiento, cambio conceptual e investigaciones dirigidas. A continuación, en este marco teórico se analizan cada uno de los modelos didácticos contextualizados en la enseñanza de la genética y biología molecular.

#### 3.1. Paradigma constructivista aplicado al proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias

El modelo constructivista de enseñanza, bebe de las teorías del aprendizaje postuladas por Piaget, Ausubel y Vygotsky y se fundamenta en que para aprender, para que haya una transferencia de conocimiento, el ser humano debe ser partícipe de su propio aprendizaje y deben anclar los nuevos conocimientos a sus conocimientos previos (denominados preconceptos, ideas previas, preteorías etc.). Es decir, el punto de partida del constructivismo son estas ideas previas. Las contribuciones de los padres de las teorías del aprendizaje al modelo constructivista fueron las siguientes:

**Piaget con la epistemología genética**, destacó sobre todo por sus estudios sobre el nacimiento de la inteligencia y los estadios cognitivos por lo que pasa un individuo.

**Vygotsky y el constructivismo social**, para el que el aprendizaje es un proceso de interacción entre el sujeto y el medio, pero el medio entendido como algo social y cultural.

**Ausubel y el aprendizaje significativo**, en la década de los 70 Ausubel acuña el término aprendizaje significativo, en contraste con el aprendizaje memorístico que nacía de la aplicación de metodología tradicional de transmisión recepción. Ausubel destaca que para que se produzca este aprendizaje significativo tienen que cumplirse dos requisitos:

- El alumnado debe tener una actitud positiva hacia el aprendizaje, es decir el alumno debe querer aprender.
- El material que se presente resulte atractivo para el sujeto, es decir que sea potencialmente significativo, que sea relevante.

Es decir, el modelo constructivista, basado en los fundamentos psicológicos de Ausubel Vygotsky y Piaget, considera que el aprendizaje parte de las concepciones del educando sobre el mundo y el educador ha de propiciar que esas ideas cambien y evolucionen hacia un conocimiento científicamente más correcto (Driver y Oldham, 1986).

Por tanto, en el modelo de enseñanza constructivista el punto de partida son las ideas previas, es decir las ideas que poseen los estudiantes sobre el mundo que les rodea. Pudiendo ser estas más o menos acertadas, aunque lo más frecuente es que sean erróneas o incompletas.

En contraposición a la metodología tradicional, la metodología constructivista, no considera el alumno una hoja en blanco, sino que el alumno posee al llegar al aula una serie de ideas, con las que el profesor debe trabajar. Numerosas investigaciones en el campo de la Didáctica de las ciencias tienen como objetivo identificar estas ideas previas y buscar estrategias para trabajar con ellas en el aula.

Desde el punto de vista constructivista, Ausubel propone una metodología expositiva, en la que profesor deberá de actuar como guía en la proceso de enseñanza aprendizaje. Las actividades a realizar en el aula contarán en primer lugar con una fase de iniciación en la que se detallan los objetivos del tema a tratar, una fase de detección de las ideas previas, para que las nuevas ideas introducidas encajen con los esquemas mentales previos del alumno, y por último deben realizarse actividades para evaluar cómo están aprendiendo estos alumnos. En cuanto a la evaluación de los aprendizajes adquiridos por los alumnos, Novak, propone los mapas conceptuales como actividad estrategia y recursos, que serviría para el profesor como herramienta de evaluación, y para el alumno como herramienta metacognitiva (para valorar si está aprendiendo).

Las mayores críticas para este modelo, tienen que ver con el papel pasivo que se otorga a las ideas previas de los alumnos, lo que condujeron al nuevo enfoque de enseñanza mediante cambio conceptual, que se explica en el apartado 3.3 de la presente memoria (Pozo 1997).

Las principales características del constructivismo aplicado al aula de ciencias son (Íñiguez y Puigcerver, 2013):

- Los alumnos tienen un papel activo en el proceso de enseñanza.
- Se incida y se trabaje con las ideas previas de los alumnos.
- Se utilicen otro tipo de recursos por ejemplo en el marco de la genética y biología molecular se propone el uso de modelos de ADN, modelos de células eucariotas etc.
- Integración de la resolución de problemas de genética en un contexto conocido, y sin desvincularlos con la meiosis.
- Utilización de planteamientos didácticos que trabajen contenidos actitudinales como por ejemplo la selección de genética de embriones.

El rol del docente en el aprendizaje constructivista es el siguiente:

- Debe favorecer la participación, para lo ha de crear un ambiente o contexto motivador en el que se desarrolle la curiosidad del alumno; en este sentido es importante no perder la conexión Ciencia Tecnología y Sociedad, el alumno debe vislumbrar la aplicación de la competencia científica en el contexto social y la necesidad de ser competente en ciencias para la vida cotidiana.
- Debe fomentar en el alumno tanto la autonomía y creatividad como un aprendizaje cooperativo.

En cuanto al alumno, en el enfoque constructivista debe tener un papel totalmente activo, y debe reivindicar su derecho a equivocarse, ya que los errores, son parte del aprendizaje.

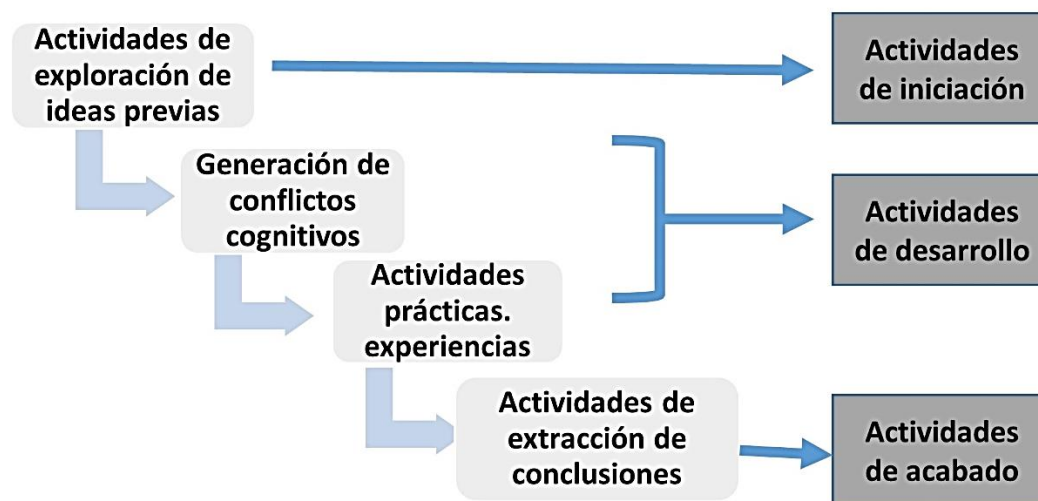
En el diseño de actividades y Unidades didácticas bajo el enfoque constructivista se proponen varias recomendaciones.

Para diseño de actividades de carácter expositivo, Joice y Weil (1978) citados en Pozo (1997), proponen la utilización de organizadores previos. Es decir, la actividad se va a organizar en tres fases, presentación, en la que se van a aclarar los objetivos, una segunda fase en el que se presente el material de trabajo a los alumnos y una tercera fase en el que se promueva el espíritu crítico.

Según Valcárcel (1993) citado en Campanario y Moya (1999), para diseñar Unidades didácticas en ciencias hay que tener en cuenta 5 componentes: análisis didáctico, análisis científico, selección de estrategias didácticas, y selección de los componentes de la evaluación.

Otra estrategia de diseño de unidades didácticas en un enfoque constructivista es la elaboración por parte de profesor de un programa-guía, en el que se reflejen las actividades que se van a realizar tanto como aquellas actividades adicionales o complementarias. En estos programas, según Gil y Martínez-Torregrosa (1987), las actividades se pueden clasificar sobre todo en tres tipos: iniciación, desarrollo y acabado. En las primeras tendrá lugar la indagación de las ideas previas de los alumnos y la creación de un contexto motivador para el alumnado, en las segundas, se procederá a trabajar con los contenidos científicos, detectando errores y finalmente, las actividades de acabado, tendrán como objetivo el refuerzo de los aprendizajes, utilizando por ejemplo mapas conceptuales, resúmenes etc.

La secuencia didáctica en el enfoque constructivista, ha de enseñarse desde lo más simple a lo más complejo y desde lo concreto a lo abstracto, las actividades deben de seguir la siguiente secuencia: en primer lugar actividades de exploración de ideas y generación de conflictos cognitivos, luego actividades en las que se vayan introduciendo nuevos conceptos científicos mediante experiencias fomentando la discusión de las mismas y actividades de resumen que permitan extraer conclusiones(Sanmartí, 2000).



**Figura 2.** Esquema de la secuencia didáctica constructivista según Sanmartí (2000) y su correspondencia con la secuencia didáctica de programas guía propuesto por Gil y Martínez-Torregrosa (1987).Elaboración propia.

En cuanto a la evaluación será constructivista, según Sanmartí y Alimenti (2004) cuando:

- Mida no sólo los conocimientos adquiridos por los alumnos, sino también la capacidad de aplicación de los mismos.

- Valore el desarrollo de habilidades y actitudes.
- Fomente la autoevaluación, la coevaluación y la negociación para la toma de decisiones.

Por otro lado, a día de hoy, no podemos obviar, otro elemento a integrar en el paradigma constructivista, en el aula de Ciencias, las TIC, Tecnologías de la información y el conocimiento. Estas herramientas ofrecen una variedad inmensa de herramientas que se pueden utilizar dentro de un enfoque didáctico constructivista, siempre que éstas no actúen como un mero soporte de información, sino que permitan elaborar contextos de experimentación, análisis y síntesis. Según Sánchez (2002) un buen uso de las TIC en aula tiene lugar cuando

- Sirven de herramientas de apoyo.
- Se utilizan como medios de construcción que faciliten la integración de lo conocido lo nuevo.
- Potencian las metodologías activas como proyectos, trabajo colaborativo, mapas conceptuales e inteligencias múltiples.

En este sentido ejemplos de utilización de TIC como herramienta que apoya la metodología constructivista podrían ser: desde un vídeo de YouTube enmarcado en un programa-guía para incentivar la curiosidad de los estudiantes por ejemplo por la manipulación genética de embriones hasta, un juego interactivo, en el que se realicen cruces entre animales para obtener un fenotipo determinado retroalimentando tanto los fallos como los aciertos de los alumnos.

### 3.2. Aprendizaje por descubrimiento

Se denomina también enseñanza activa y surgió como reacción a la metodología de transmisión-recepción en la década de los 60-70 del siglo XX. Se basa en considerar al alumno un científico novel, que pueda llegar al aprendizaje mediante la investigación.

Establece un paralelismo entre los procesos científicos y el funcionamiento cognitivo, es decir, asume que los procedimientos de indagación llevados a cabo por el alumno se convierten directamente en procedimientos para su enseñanza y aprendizaje (Gil 1994; Pozo y Carretero 1987; Driver 1988 citados en Campanario y Moya, 1999).



Los problemas de este tipo de aprendizaje no son pocos y fueron criticados sobre todo por los constructivistas Ausubel, Novak y Hanesian.

En primer lugar dejando a los alumnos que investiguen libremente, puede ocurrir que no se lleguen a las conclusiones esperadas, y puede que haya tantas conclusiones como alumnos en el aula.

Por otro lado, las ideas previas o concepciones erróneas de los alumnos, en la metodología por descubrimiento pueden verse reforzadas. Según Campanario y Moya (1999), existe la creencia ingenua entre el profesorado de ciencias de que una mera actividad práctica puede conseguir un aprendizaje eficaz de las ciencias, sin embargo la búsqueda de soluciones mediante ensayo y error sería un aprendizaje por descubrimiento que muy difícilmente daría como resultado un aprendizaje significativo.

Por tanto, en la actualidad este modelo está descartado como modelo para el aprendizaje eficaz de las ciencias.

### 3.3. Cambio conceptual

Frente la ineficiencia de los modelos de transmisión-recepción y de descubrimiento, y surge un nuevo enfoque a la luz del constructivismo, el cambio conceptual.

Este enfoque fue desarrollado por Posner, Strike, Hewson y Gertzog (1982) en respuesta a la existencia de ideas previas de gran persistencia. Según estos autores para que se produzca un aprendizaje debe de haber un cambio conceptual que tiene dos fases **asimilación** (el estudiante utiliza conceptos previos para abordar el aprendizaje) y **acomodación** (las nuevas ideas sustituyen a las anteriores), y para que tengan lugar deben darse los siguientes factores:

- Debe existir insatisfacción con las ideas previas o preconceptos.
- La alternativa debe ser comprensible, debe ser entendida por el alumno.
- La alternativa debe ser verosímil.
- La alternativa debe ser fructífera debe dar mayores y mejores soluciones que la idea previa.

El provocar este cambio conceptual es tarea del docente y para ello la identificación de las ideas previas es un paso crucial para conseguirlo, además de que una vez identificadas, es necesario tratar de refutarlas mediante estrategias como el conflicto

cognitivo, contraejemplos y posteriormente, introducir los nuevos conceptos que suplieran a las ideas previas de los alumnos (Driver y Oldham, 1986).

En este enfoque ambos alumnos y profesores están implicados activamente. El rol del profesor en este enfoque sería controlar los procesos de asimilación y acomodación y crear conflictos cognitivos.

A pesar de que este enfoque tiene una gran relevancia en la Didáctica de las Ciencias, algunos autores han comprobado la resistencia al cambio que ofrecen algunas ideas previas de los alumnos tras la utilización de contraejemplos o conflictos cognitivos. Por lo que algunos autores acuñaron el término *cambio conceptual y metodológico*.

Ya que el término cambio conceptual atiende a contenidos teóricos, y para conseguir un aprendizaje de las ciencias eficaz, se debe acompañar una enseñanza expositiva con la realización de actividades de carácter práctico para enfocar esta estrategia de cambio conceptual no sólo al aprendizaje de conceptos, sino también de procedimientos, sería un cambio conceptual y procedimental. El cambio metodológico se conseguirá si se propone a los alumnos: diseñar experimentos, realizarlos y analizar los resultados, discutir situaciones abiertas y evaluar alternativas (Carrascosa y Gil 1985, Gil, 1994, Segura, 1991 citados por Campanario, 2000).

### 3.4. Enfoque mediante Investigación Dirigida

“La Investigación Dirigida o Investigación Orientada no es más que una actividad experimental que requiere la participación activa del estudiante y que orienta la búsqueda de evidencias que permitan resolver un problema práctico o contestar un cuestionamiento teórico”(Furió, 2001).

Es decir, se propone a los estudiantes un contexto de investigación convenientemente orientado, y guiado por el docente. De manera que las conclusiones de dicha investigación sean explicaciones razonables al problema. El rol de profesor como orientador y guía de la investigación diferencia la Investigación dirigida del denostado aprendizaje por descubrimiento.

Gil et al. (1999), apoyan la idea, de que “cuando los estudiantes participan en una investigación con el debido apoyo docente y tiempo para la reflexión, al integrar el aprendizaje de conceptos, la resolución de problemas y el trabajo práctico, tales componentes se aprenden de forma más eficaz”.

Por otro lado, la utilización de esta estrategia de investigación dirigida favorece la educación en valores, ya que a la hora de llevar un trabajo de investigación, por simple que sea, el alumno se formará en valores como la disciplina y la tenacidad (Rojas, 2000 citado por Moya 2010).

Sin embargo, este enfoque también tiene inconvenientes: en primer lugar para el profesor, la utilización de la Investigación dirigida como método de enseñanza requiere un esfuerzo considerable, ya que requiere cambios drásticos en la elaboración del currículo, así como cambios procedimentales y actitudinales (Gil, 1991 citado en Pozo, 1997). Otra dificultad es que el paralelismo que se establece entre alumno y científico, ya que los alumnos a diferencia de los científicos no son expertos en la materia, y para que puedan actuar como pequeños científicos la materia debe estar muy simplificada (Thirberghien, Psillos, Koumaras, 1995 citados en Campanario y Moya, 1999).

Desde el punto de vista del alumno, este enfoque requiere un alto grado de implicación y esfuerzo, y no siempre el alumnado está dispuesto a responder a este nivel de exigencia (Gil y Martínez-Torregrosa, 1987).

No obstante, superados estos inconvenientes la Investigación Dirigida, se puede considerar de un método de construcción del aprendizaje, ya que a través de este proceso se brinda a los estudiantes de herramientas para el autoaprendizaje (Cañal y Porlán, 1987).

La Investigación Dirigida, sería un modelo ecléctico, que aunaría aspectos de la investigación por descubrimiento, y estaría fortalecido en la teoría del constructivismo (Moya,Chaves y Castillo, 2010).

Para realizar una secuencia didáctica enmarcada en el enfoque de investigación dirigida según Gil y Martínez-Torregrosa (1994) citados en Pozo (1997), en primer lugar, hay que incentivar el interés de los alumnos por el tema que va abordarse han de plantearse situaciones problemáticas o desafíos.

1. Los alumnos deben estudiar la situación planteada, para lo que el docente debe dotarles de herramientas con tal fin (protocolo a seguir, materiales, páginas web de consulta).
2. Los problemas deben tratarse con una visión científica, elaborando hipótesis y sacando conclusiones.
3. Buscar vías alternativas a la solución del problema.

4. Aplicar las estrategias, conceptos, o procedimientos con fundamento.
5. Idear nuevas situaciones partir del proceso.
6. Elaborar una memoria final en la que se analice tanto el procedimiento como el resultado.

En general, las actividades en una secuencia didáctica de investigación dirigida pueden agruparse en tres tipos según el momento en la secuencia didáctica y el objetivo (Dapía, Membiela y Cid, 1996; Yus, 1998, citados en García, Montelongo, Rodríguez e Izquierdo, 2003).

- Actividades iniciales: que tienen como objetivo, motivar, detectar ideas previas.
- Actividades de desarrollo: reestructuración de las ideas.
- Actividades finales: aplicación de ideas y revisión.

En cuanto a la evaluación, en líneas generales han de compararse los resultados propios con los resultados obtenidos por otros alumnos. Los nuevos conocimientos a los que se ha llegado a través de la investigación deben ser reforzados, aplicándolos a nuevas situaciones o problemas. Después de cada investigación debe haber una actividad de síntesis, mapa conceptual, resumen etc. que afiance estos nuevos conocimientos (Gil, 1993; Gil, 1994; Furió y Martínez-Torregrosa, 1991, citados en Campanario y Moya 1999).

Además la evaluación, debe basarse en el trabajo diario de los estudiantes, deben diseñar se actividades que retroalimenten no sólo el producto sino el proceso. Las actividades de enseñanza que se realicen durante todo el proceso deben tener carácter evaluativo. Este aspecto es una de las mayores dificultades para la implementación de este modelo, ya que requiere un cambio conceptual en el docente sobre la evaluación.

También en el caso de la Investigación Dirigida, las TICs, pueden ayudar al docente quiera realizar su propuesta didáctica bajo este enfoque, por ejemplo, con la realización de un Webquest o Caza del tesoro. Consiste en una serie de preguntas y una lista de direcciones de páginas web de las que pueden extraerse o inferirse las respuestas. Algunas incluyen una “gran pregunta” al final, que requiere que los alumnos integren los conocimientos adquiridos en el proceso. Existen varias plataformas que permiten a los docentes a la creación de sus propios Webquest de forma sencilla para adaptarlos al contexto del aula (Adell, 2003).

### 3.5. Las ideas previas de los alumnos en Genética y Biología Molecular

Debido a la relevancia de las ideas previas para alcanzar un aprendizaje significativo o promover un cambio conceptual, muchos de los estudios que se han hecho hasta el momento en cuanto a investigación en didáctica de la genética, se han centrado en la búsqueda y el análisis de las ideas previas, conceptos erróneos o preconceptos que tienen los alumnos de secundaria.

Entre estos estudios, los realizados por distintos autores de referencia en el campo de la didáctica de la genética, han evidenciado una serie de preconceptos que poseen los alumnos de secundaria en esta materia (Albadalejo y Lucas, 1988; Banet y Ayuso, 2000; Caballero, 2008; Johnstone y Mahmoud, 1980; Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000; Lewis y Wood-Robinson, 2000).

Estas ideas previas se pueden agrupar en tres epígrafes problemáticos:

- la localización del material hereditario.
- el mecanismo de la herencia.
- el entendimiento de conceptos genéticos básicos.

Se resumen a continuación, en formato de tabla, las concepciones erróneas más frecuentes que tienen los alumnos de secundaria en el campo de la genética y la biología molecular **Tabla 1**.

**Tabla 1** Epígrafes problemáticos y concepciones erróneas en los temas de genética y biología molecular identificadas en los alumnos de secundaria.

PRINCIPALES EPÍGRAFES PROBLEMÁTICOS	CONCEPCIONES ERRÓNEAS IDENTIFICADAS	AUTORES
<b>Situación del material hereditario</b>	Existe la creencia de que algunos organismos pueden tener cromosomas, pero no genes, lo que evidencia la confusión y el desconocimiento de dichas estructuras.	Pashley, 1994; Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000 citados en Íñiguez y Puigcerver, 2013
	Cada célula posee la información genética necesaria para su propia función.	Hackling y Treagust, 1984 citados en Íñiguez y Puigcerver, 2013
	La información hereditaria sólo se encuentra en las células sexuales.	Hackling y Treagust, 1984; Banet y Ayuso, 2000 citados en Íñiguez y Puigcerver, 2013
<b>Herencia de caracteres</b>	Algunos alumnos creen que los factores ambientales tienen más influencia que los hereditarios.	Ramagoro y Wood-Robinson, 1995 citados en Íñiguez y Puigcerver, 2013
<b>Conceptos genéticos básicos</b>	<i>Gen, alelo, dominante, recesivo, mutación, ADN.</i>	Caballero (2008)
	Los alumnos no diferencian entre genotipo y fenotipo.	Lewis y Kattmann (2004)
<b>Meiosis y mitosis</b>	Los alumnos no distinguen entre meiosis y mitosis.	Lewis, Leach y Wood-Robinson (2000)

Si bien el conocimiento de las ideas previas de nuestros alumnos es crucial para favorecer su aprendizaje, existen evidencias de la resistencia al cambio que presentan algunas ideas previas del alumno. No siempre la utilización de conflictos cognitivos va a provocar un cambio conceptual, y por lo tanto, un aprendizaje significativo (Campanario y Moya, 1999).

Por eso, se hace necesario la incorporación de nuevas estrategias al enfoque constructivista del aprendizaje de las ciencias en la etapa de secundaria como son las investigaciones dirigidas así como el estudio de otros componentes del aprendizaje como la metacognición.

### 3.6. Recursos y estrategias innovadoras para abordar los contenidos de Genética y Biología Molecular

Con el objetivo de solventar la “crisis de educación científica” a la que se refiere Pozo y Gómez (2009), se confirma la necesidad de desarrollar nuevas estrategias docentes e innovadoras a la hora de abordar los temas de genética y biología molecular. Tal como afirma Fullan (2002), el cambio educativo depende de lo que el profesorado piensa y hace de él. Por eso en esta línea se han venido desarrollando una serie de recursos y estrategias innovadoras por docentes apasionados que han adoptado actitudes investigadoras en sus aulas y han aportado o intentado aportar soluciones a problemas identificados en este campo.

Una muestra de ellos es por ejemplo el trabajo de Codina (2005), que propone la utilización de un superhéroe en este caso *Spiderman* para abordar los contenidos de genética en el aula. Se transcribe a continuación el comienzo de la UD de genética y biología molecular que propone para 4º de la ESO:

Me llamo Peter Parker y hasta hace poco mi vida resultaba la anodina vida de un empollón especializado en el estudio de las ciencias. Pero precisamente mi relación con ellas iba a ocasionarme un vuelco en mi vida. La mordedura de una araña sometida a radiación ocasionó un cambio en mi ADN. Los genes de los cromosomas de cada una de mis células se vieron alterados. El cambio de mi genotipo se vio traducido en un cambio en mi fenotipo, con la adquisición de características propias de un arácnido, como aumento del instinto frente al peligro, aumento de la agilidad, capacidad para deslizarme por superficies verticales, producción de telarañas, etc. La araña había sido un vector que me había transmitido parte de su materia genética. Me había convertido en un ser transgénico... (p. 111).

Otro ejemplo en esta línea de innovación para la enseñanza de biología molecular y genética es la propuesta diseñada por Íñiguez y Puigcerver (2013). Se trata de una propuesta enmarcada en un enfoque constructivista de cambio conceptual que tiene como eje central el diseño de por parte de los alumnos de un organismo fantástico. Las explicaciones de herencia de caracteres, problemas de genética mendeliana y conceptos clave de genética giran en torno al organismo fantástico creado por él mismo. Este hecho permite al alumnado, sentirse protagonista del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Esta propuesta metodológica se llevó a cabo con un grupo de alumnos de 4º de la ESO frente a un grupo control otros al que se les explicó los temas de genética y biología molecular por el método convencional. Finalmente, de esta investigación se concluyó que

los alumnos que habían recibido la nueva metodología didáctica se orientaban hacia una mayor corrección científica.

Actualmente existe una estrategia de aprendizaje, que está en boga últimamente, es la Gamificación, es decir, utilizar un entorno de juego con fines pedagógicos. El fin de la Gamificación es motivar al alumno, y hacerle así participe de su propio aprendizaje. Para realizar una Gamificación en el aula debe haber: premio o recompensa a los ganadores y un desafío en un contexto determinado.

Otra estrategia para motivar a los alumnos en el aprendizaje es la utilización de las Tecnologías de la Información y el Conocimiento (TIC) para enseñar genética y biología molecular. Según Pontes (2005) algunas actividades con uso de las TIC pueden utilizarse en clase de ciencias con varios fines:

- Para apoyar explicaciones del profesor: vídeos.
- Para que los alumnos elaboren un trabajo.
- Para tener experiencias de laboratorio como un laboratorio virtual.
- Para llevar cabo actividades interactivas, como simulaciones online, juegos tipo trivial, etc.

A día de hoy las TIC, ofrecen otra posibilidad que es la creación de recursos de autor. Existen algunas plataformas en las que el profesorado de forma sencilla sin necesitar conocimiento de programación puede diseñar sus propios materiales multimedia (Macías y Castell, 2001 citados en Pontes, 2005). Por ejemplo, con la plataforma *phpWebquest*, pueden crearse cazas del tesoro y webquest de forma sencilla (PHP, n.d.).

Otro tipo de metodología, con soporte en las TIC sería el DGBL, *Digital Game Based Learning*, o aprendizaje basado en juegos digitales, es decir, la utilización de videojuegos con un objetivo pedagógico.

Si bien es cierto que si se realiza una búsqueda por internet, aparecen numerosos recursos online para enseñar ciencias en general, pero cuando se concreta la búsqueda a genética, y en castellano, los resultados son más limitados. A continuación se describen recursos interesantes, para la enseñanza de genética y biología molecular en la Etapa de secundaria, atendiendo a la clasificación de Pontes.



### **Recursos para apoyar las explicaciones del profesor**

Vídeos para apoyar las explicaciones del profesor, por ejemplo, vídeos sencillos sobre la estructura del ADN, como el que presenta el portal conéctate impulsado por El Gobierno de Argentina (Educar portal de Educación de Argentina, n.d.).

Otro recurso para ciencias en general, que se puede utilizar para introducir u tema, es “*Scale of universe*”, la escala del universo. Es un recurso en el que se comparan los tamaños desde el borde el Universo hasta partículas como un neutrón, pasando por el tamaño de una ballena azul, un ser humano, un eritrocito etc. En cuanto a genética y biología molecular, podremos comparar el tamaño del cromosoma X y del Y, la hélice del ADN con el tamaño del virus del HIV entre otros (Huang y Huang, 2012).

### **Recursos que fomentan el trabajo autónomo**

La construcción en clase de un modelo de ADN de forma manual así como utilizando herramientas online, servirá también para fijar los conceptos de estructura de doble hélice y emparejamiento de las bases nitrogenadas, para luego descifrar el código genético (Genetics Science Learning Center, 2009).

También la realización de un cariotipo humano puede ser una actividad significativa para los alumnos. La Universidad de Utah ha diseñado una herramienta virtual para la construcción de un cariotipo humano, incluso facilita la actividad en formato pdf para poder realizarla manualmente. En este contexto, se pueden introducir otros temas, en conexión con la Ciencia, Tecnología y Sociedad como la utilidad del cariotipo para el diagnóstico genético de enfermedades por ejemplo la trisomía en el cromosoma 21, y enlazar con las herramientas para la detección de enfermedades basadas en la biología molecular (Genetic Science Learning Center, 2003).

### **Recursos para el laboratorio, por ejemplo un laboratorio o experiencia de laboratorio virtual**

La simultaneidad entre el aprendizaje teórico y procedimental es imprescindible para el aprendizaje de las ciencias, aunque no siempre se tienen los recursos necesarios para poder realizar prácticas en el laboratorio cuando se está impartiendo la teoría. En este sentido, la Universidad de Arizona proporciona una herramienta online para realizar la práctica de observación de la mitosis en la punta de una raíz de cebolla (Department of Biochemistry and Molecular Biophysics, 1997).

### **Recursos específicos de enseñanza de las ciencias asistida por ordenador**

Estos serían sobre todo los programas que permiten una mayor interactividad, como simulaciones online, juegos tipo trivial etc.

En España, destaca el proyecto biosfera, con una serie de Unidades Didácticas interactivas, en este portal también es posible realizar actividades como la de la realización de un cariotipo humano (Ministerio De Educación Cultura y Deporte ITE, n.d.).

Otro recurso, creado por la Universidad de Utah, que se podría utilizar para afianzar conceptos en la herencia mendeliana es “Pigeonetics”, del inglés, “*Pigeon*”, “paloma” “-etics” de “genetics”, en catalán, sería algo así como “Palomética”. En este caso se trata de una simulación de cría de palomas, en la que el alumno como criador, se le exige un fenotipo en la descendencia determinado, por ejemplo que sea macho y que lleve cresta, para lo que debe de escoger a los progenitores adecuados. Pese a que esta herramienta está en inglés con unas explicaciones sencillas del profesor bastaría para poder llevarla a cabo en un aula de secundaria (Genetics Science Learning Center, 2015).

En la línea del anterior estaría también, el Juego de los genes, con problemas de herencia mendeliana, e incluso de diagnóstico implantacional. El único inconveniente es que está en catalán (Llort, 1999).

### **Recurso para enseñar genética basada en DGBL**

Un ejemplo de esta estrategia en el contexto de genética es el videojuego “*Dragon Breeder*” (*Criador de dragones*): a partir de un huevo de dragón, el alumno deberá completar sus misiones aplicando las leyes de la herencia para llegar a ser el maestro de los dragones (Spongelab community, n.d.).

## 4. Situación educativa y propuesta didáctica de intervención educativa

---

A continuación, se describe la propuesta didáctica de intervención que se ha desarrollado en el presente TFM que se enmarca en la estrategia docente de investigación dirigida y tiene como diana a alumnos de 4º de la ESO, periodo en el que se comienza a estudiar la genética y biología molecular en la etapa secundaria y que sentará las bases para su ampliación posterior en 2º de bachillerato.

Atendiendo a los contenidos curriculares, los temas de genética y biología molecular se tratan en el *Bloque 3. Evolución de la vida*. Los contenidos, criterios de evaluación y competencias trabajadas en el bloque se resumen a continuación (**tabla 2**).

Este trabajo se contextualizado dentro de la LOE, ya que el Máster de Educación se ha realizado en base a la LOE. De todos modos, se apunta a continuación el contexto en el que se situaría esta propuesta dentro de la LOMCE, Ley Orgánica de Mejora en la Calidad Educativa.

Hay que destacar una variación que aporta la nueva ley, en el camino hacia una evaluación por competencias, respecto de la LOE son los **estándares de aprendizaje evaluables** que se definen en el artículo 2 de dicha ley.

En la **tabla 3** se especifican los contenidos, criterios de evaluación y estándares de evaluación a desarrollar con la propuesta didáctica de este TFM, según la LOMCE.

**Tabla 2.** Contenidos, criterios de evaluación y competencias básicas a desarrollar en la propuesta didáctica según la LOE (RD1631/2006).

<b>Bloque 3. Evolución de la Vida.( Biología y Geología de 4º de la ESO)</b>	
<b>Contenidos</b>	Estudio del ADN: composición, estructura y propiedades.
	Los procesos de división celular. La mitosis y la meiosis.
	La herencia y la transmisión de los caracteres.
	El mendelismo. Resolución de problemas sencillos relacionados con las leyes de Mendel.
<b>Criterios de evaluación</b>	5-Resolver problemas prácticos de Genética en diversos tipos de cruzamientos utilizando las leyes de Mendel y aplicar los conocimientos adquiridos en investigar la transmisión de determinados caracteres en nuestra especie.
	6-Conocer que los genes están constituidos por ADN y ubicados en los cromosomas, interpretar el papel de la diversidad genética (intraespecífica e interespecífica) y las mutaciones a partir del concepto de gen y valorar críticamente las consecuencias de los avances actuales de la ingeniería genética.
<b>Competencias</b>	Conocimiento e interacción con el mundo físico.
	Competencia de aprender a aprender.
	Competencia matemática.
	Autonomía e iniciativa personal.
	Tratamiento de la información y competencia digital.

**Tabla 3.** Contenidos, criterios de evaluación y competencias básicas a desarrollar en la propuesta didáctica según la LOMCE y el RD1105/2014, que regula el nuevo currículo de secundaria y bachillerato.

<b>Bloque 1. La Evolución de la Vida</b>	
<b>Contenidos</b>	ADN y Genética molecular. Concepto de gen. La herencia y la transmisión de los genes. Introducción y desarrollo de las Leyes de Mendel.
<b>Criterios de evaluación</b>	3. Comparar la estructura de los cromosomas y la cromatina 4. Formular los principales procesos que tiene lugar en la mitosis y revisar su significado e importancia biológica 9. Formular los principios básicos de Genética Mendeliana, aplicando las leyes de la herencia en la resolución de problemas sencillos.
<b>Estándares de aprendizaje evaluables.</b>	3.1. Reconoce las partes de un cromosoma utilizándolo para realizar un cariotipo. 6.1. Reconoce la función del ADN como portador de la información genética, relacionándolo con el concepto de gen. 9.1 Reconoce los principios básicos de la genética Mendeliana, resolviendo problemas prácticos con uno o dos caracteres.
<b>Competencias clave</b>	Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología. Aprender a aprender. Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor.

Se propone una investigación dirigida basada en la ideada por Tellinghuisen, Sexton y Shevin's (2011) que utiliza como contexto la cría de dragones para introducir la genética mendeliana, así como trabajar los conceptos que ocasionan más dificultad gen y alelo, dominancia y recesividad, variabilidad intraespecífica y codominancia entre otros. Esta investigación permite trabajar el método hipotético deductivo, y los conceptos de género y especie.

Como competencia principal se trabajará la de interacción con el mundo físico así como las competencias de aprender a aprender, autonomía e iniciativa personal y matemática.

En lugar de utilizar la cría de dragones como se propone en la web (<http://www.scienceinschool.org/>), la propuesta gira en torno a la cría de *Thiranosaurus rex*, ya que debido al estreno reciente en los cines de la Película *Jurassic World* se

considera que relacionar los contenidos curriculares con un elemento de actualidad despertará su interés por la materia y actuará como gancho.

Se pretende que con ella, que el alumnado sea capaz de construir significados más correctos y elaborados, a través de una investigación dirigida en un contexto imaginario de cría de dinosaurios.

La propuesta comenzará con la siguiente historia:

“Como ya todos sabréis los *Tyrannosaurus rex*, fueron unos dinosaurios carnívoros, con muy mala fama, que vivieron en el Cretácico, pero pongámonos a imaginar. Imaginemos que al igual en la Película de Jurassic Park, o Jurassic World, tenemos a nuestra disposición dos Thiranosaurus rex, (*T. rex*) una hembra y un macho (que se han obtenido a través de clonación tal y como se ha explicado en el vídeo. Vuestro objetivo es determinar cómo serían sus hijos si estos decidieran emparejarse...”

A modo de resumen se presenta una síntesis de las actividades que se llevarán a cabo en dicha propuesta (**tabla 4**).

**Tabla 4.** Estrategias metodológicas que se van a llevar en aula y sus características.

Sesiones	Metodología/ tipo de actividad	Permite o facilita al docente	Permite al alumno
<b>1</b>	Actividad de identificación de las ideas previas.	Identificar las ideas previas.	Sentirse partícipe del proceso de Enseñanza – aprendizaje.
<b>1-2</b>	Inicio de la secuencia de actividades sobre el <i>T.rex</i> . Inicio de la visualización de Jurassic Park (Spielberg, 1993).	Un hilo conductor para ir introduciendo conceptos a veces difíciles de conectar.	Ser protagonista del proceso de Enseñanza aprendizaje.
<b>2</b>	Realización de un cariotipo de <i>T.rex</i> .	Un contexto significativo para los estudiantes.	Un trabajo manual, con el que fijar conceptos.
<b>2-3</b>	Identificación del genotipo y fenotipo de la cría de <i>T.rex</i> .	Un contexto en el que es partícipe el alumno.	Diferenciar 2 conceptos que son confundidos habitualmente.
<b>4</b>	Meiosis y mitosis.	Una conexión entre cromosomas, información genética, meiosis y mitosis.	Identificar la necesidad de estos procesos.
<b>5</b>	Deducción de las leyes de Mendel. A partir de los caracteres de los dinosaurios	Un contexto próximo al estudiante para guiar la investigación. Evaluar si se han entendido los conceptos de herencia mendeliana.	Comprender los mecanismos de la herencia, bajo un contexto palpable.
<b>6</b>	Descifrando el código genético	Una analogía simple para explicar el código genético.	Un contexto familia en el que desarrollar la capacidad de interpretar el código genético.
<b>7</b>	Trivial sobre temas de genética	Tener en cuenta qué ideas o conceptos siguen resultando complicadas, y una oportunidad para clarificar conceptos.	Un trabajo colaborativo participativo, en un entorno de juego, que servirá para repasar los contenidos.
<b>8</b>	Mapa conceptual, autoevaluación, encuesta de satisfacción.	Evaluar la satisfacción del alumnado y la eficacia de la propuesta.	La autoevaluación de su conocimiento.

## 4.1 Objetivos de la propuesta

- **Identificar** las ideas previas de los estudiantes de genética de 4º de la ESO.
- **Abordar** los temas de genética y biología molecular en un contexto de Investigación Dirigida, en la que los alumnos se sientan protagonistas del proceso de enseñanza aprendizaje, y puedan ir construyendo su propio conocimiento.
- **Ayudar a desarrollar habilidades propias del mundo científico:** investigar aplicar teorías a nuevas situaciones, y argumentar las conclusiones.
- **Apoyar** las explicaciones con diferentes tipos de recursos, audiovisuales, TIC y convencionales, diseñados para motivar a los estudiantes.
- **Contribuir** a mejorar los procesos metacognitivos del alumnado.
- **Crear** un ambiente de escucha y colaboración entre el alumnado fomentando el aprendizaje colaborativo.
- **Promover** una actitud crítica ante temas científicos.
- **Fomentar** la conexión entre ciencia, tecnología y sociedad.

## 4.2 Metodología

Esta propuesta se enmarca en una Investigación Dirigida. La metodología que subyace de esta propuesta, es una metodología eminentemente práctica y activa participativa. Esta propuesta tienen en cuenta las siguientes orientaciones metodológicas:

- Toda la secuencia didáctica tiene como hilo conductor la cría de dinosaurios, creando así a priori, un contexto motivador y significativo para los alumnos.
- Parte de las ideas previas de los alumnos.
- Propone al alumnado unas actividades que propician el diálogo, la responsabilidad, la confrontación de ideas, la comparación de resultados y el trabajo en equipo (Dolz y Pérez, 1994).
- Cuenta con actividades que permiten la retroalimentación de la propuesta, para incidir sobre aspectos que no hayan quedado clarificados, es decir, reivindica el derecho de los estudiantes a equivocarse.
- Se propone una evaluación formativa, durante el proceso y sumativa, al final del mismo, que evalúe tanto la eficacia de la propuesta en cuanto a aprendizaje en los estudiantes, como su satisfacción con la propuesta. Los instrumentos utilizados para estas evaluaciones se recogen en los anexos: **Anexo I**, cuestionario de



identificación de ideas previas que se pasará al inicio y al finalizar, **Anexo IX**, Ficha de observación individual y **Anexo X** cuestionario de satisfacción.

Es una propuesta flexible, en la que se puede aumentar o disminuir el nivel de exigencia de las actividades o los problemas, adaptándolas al contexto del aula en que se va a impartir.

## 4.3 Fases y actividades de la propuesta

A continuación se describen las fases en las que se va a dividir la propuesta didáctica: preparatoria, inicial, de ejecución y de evaluación. Así como las actividades que se van a llevar a cabo dentro de cada una de estas fases, y una tabla en la que se resumen los objetivos de aprendizaje de cada una de las actividades, las competencias a desarrollar, la metodología, los recursos y el agrupamiento para llevarlas a cabo.

### 4.3.1 Fase preparatoria

En la que el profesor estudiará la propuesta, y los recursos necesarios. Así como se familiarizará con los recursos TIC que se detallan en la propuesta dirigida, y adaptará la propuesta al contexto de aula, donde se va a desarrollar.

### 4.3.2 Fase inicial

#### **Actividad 1. Identificación de las ideas previas.**

##### **Descripción y finalidad**

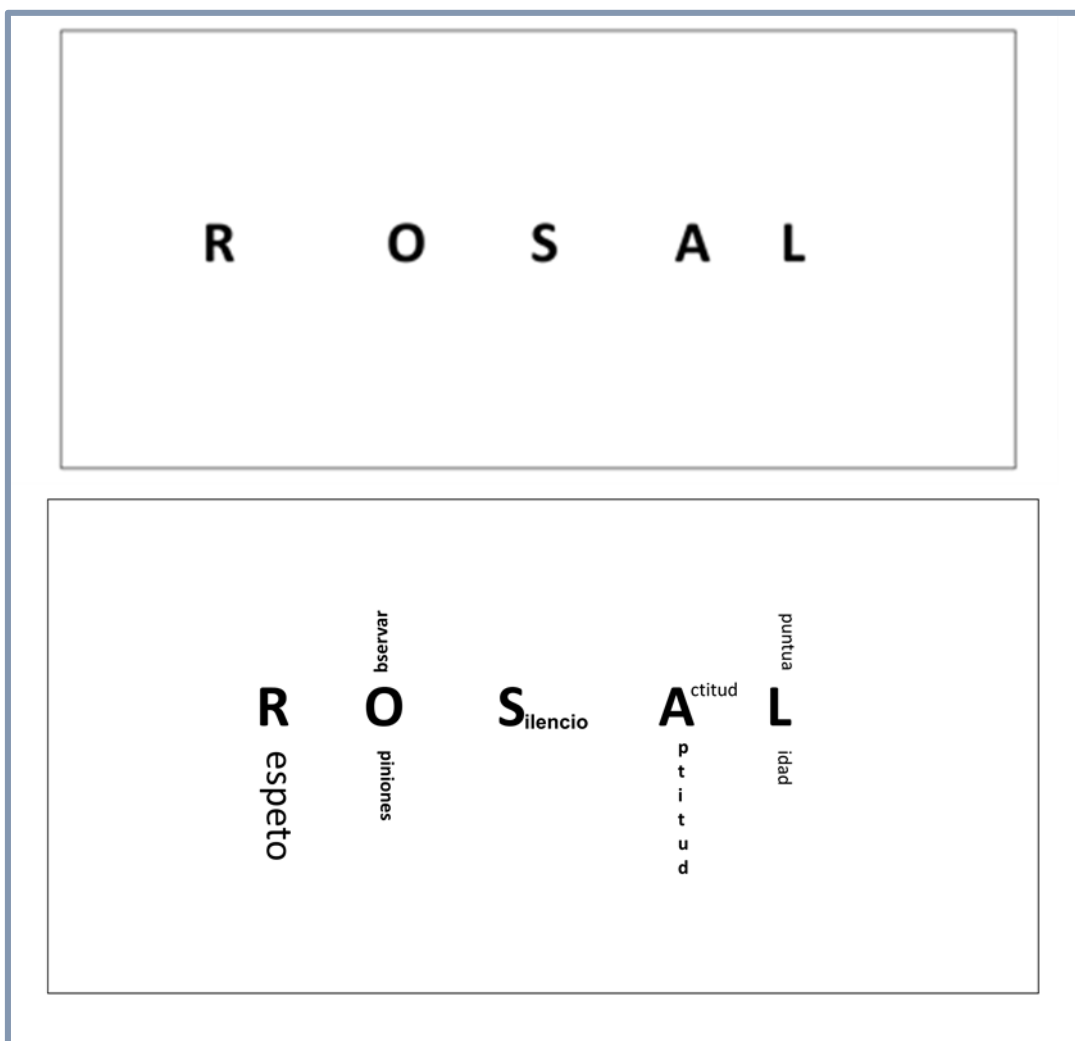
Esta actividad tiene como objetivo que el docente evalúe los conocimientos previos y preconcepciones que tiene el grupo en el que se va a intervenir. Con tal fin se ha diseñado un cuestionario (**Anexo I: Cuestionario sobre ideas previas**). Para su diseño se han tenido en cuenta las investigaciones sobre las preconcepciones en secundaria citadas en la **Tabla 1** del marco teórico.

Se les comunicará a los alumnos el motivo de la realización del cuestionario y los objetivos de la propuesta didáctica, reiterando en que es importante que se impliquen y participen en ella (**Figura3**).

Las normas del aula se consensuarán a partir de una pequeña lluvia de ideas de la siguiente forma: se escribirá en la pizarra la palabra ROSAL, se pedirá que a partir de ella, los alumnos vayan desglosando normas para llevar a cabo la propuesta (**Figura 4**).



**Figura 3.** Secuencia didáctica de la propuesta para su presentación al alumnado. *Elaboración propia.*



**Figura 4.** Ejemplo de recurso para apoyar la lluvia de ideas de consenso de la clase. Al principio se escribirá la palabra ROSAL en la pizarra (imagen superior), se pedirá la participación del alumnado, para ir formando palabras (normas) a partir de cada una de las letras. En la imagen inferior se plantea una posible solución. *Elaboración propia.*

El profesor/a deberá de corregir estos cuestionarios antes de ejecutar la secuencia didáctica propiamente dicha en el aula, por si fuese necesario hacer alguna modificación en la propuesta antes de llevarla a cabo. Con el fin de facilitar la corrección del cuestionario, también se ha diseñado una plantilla de corrección a tal efecto (**Anexo II. Plantilla de corrección de cuestionario sobre ideas previas**).

Este mismo cuestionario será pasado una vez finalizada la secuencia didáctica, para favorecer la metacognición mediante la autoevaluación de los alumnos.

Actividad 1	Identificación de ideas previas
<b>Objetivos</b>	Consensuar las normas del aula. Identificar las ideas previas que tienen los alumnos.
<b>Competencias</b>	Conocimiento e interacción con el mundo físico.
<b>Metodología</b>	Activa participativa.
<b>Agrupamiento</b>	Individual.
<b>Recursos</b>	Cuestionario sobre ideas previas. <b>Anexo I</b>
<b>Temporalización</b>	30 minutos.

### 4.3.3 Fase de ejecución

Tras la identificación de las ideas previas del alumnado en el que se va a intervenir, comienza la Investigación Dirigida, como estrategia de enseñanza aprendizaje de los temas de genética y biología molecular.

#### **Actividad 2. Comienza la historia de la cría de dinosaurios.**

##### **Descripción y finalidad**

Para contextualizar la investigación que van desarrollar los alumnos, se comienza con la visualización de un fragmento de la película Jurassic Park desde el comienzo hasta el minutos 26. En este fragmento de película se explican términos como la ADN, clonación, fosilización entre otros. La razón por la que se introduce la actividad de investigación a partir de este vídeo, es para crear un entorno lo más afín a la realidad, y de esta forma motivar al alumnado para la realización de esta Investigación Dirigida, también se pretende crear en el alumnado la necesidad de comprender términos de Genética, incluso para la visualización de una película.

Se realiza una pequeña lluvia de ideas en la que se anotan en la pizarra las concepciones de los alumnos de estos conceptos y se pasa a continuación a facilitarles el enlace para la realización de una pequeña caza del tesoro, de creación propia, sobre clonación, al que se puede acceder a partir de la siguiente dirección: ([http://phpwebquest.org/newphp/caza/soporte\\_tabbed\\_c.php?id\\_actividad=126338&id\\_pagina=1](http://phpwebquest.org/newphp/caza/soporte_tabbed_c.php?id_actividad=126338&id_pagina=1))

Los alumnos deberán contestar a las preguntas que se les plantean, y se las deberán entregar, contestadas al profesor.

Finalmente para la gran pregunta, los alumnos se dividirán en 2 grupos, los que opinen que sí a la clonación y los que opinen que no.

De cada uno de los grupos se elegirá un representante que va a debatir con su oponente su posición ante la clonación. Los grupos tendrán 10 minutos para preparar sus argumentos. Los alumnos, de cada grupo podrán ayudar a su representante escribiendo argumentos en trozos de papel. El debate durará unos 10 minutos.

<b>Actividad 2</b>		<b>Comienza la historia de la cría de dinosaurios (Visualización de fragmento de película Jurassic Park)</b>	
<b>Objetivos</b>	Conceptuales	Identificar el ADN como soporte físico de la herencia. Introducir conceptos como clonación, fosilización, transgénico.	
	Procedimentales	Participar en la lluvia de ideas. Realizar una pequeña investigación guiada.	
	Actitudinales	Recapacitar sobre las connotaciones éticas de la clonación.	
<b>Competencias</b>	Conocimiento e interacción con el mundo físico. Tratamiento de la información y competencia digital. Competencia en comunicación lingüística.		
<b>Metodología</b>	Activa participativa, aprendizaje cooperativo.		
<b>Agrupamiento</b>	Grupo clase. Webquest por parejas. 2 grandes grupos, para el debate.		
<b>Recursos</b>	Película de Jurassic Park minutos 0 a 26(Spielberg, 1993). Webquest sobre clonación, de elaboración propia.		
<b>Temporalización</b>	1 hora/ 1 hora y media.		
<b>Evaluación</b>	Observación de las reacciones del alumnado ante el film. Recogida de las preguntas del Webquest. Participación del alumnado en el debate.		

Se ha de enlazar la visualización de la película con la Investigación Dirigida, que comienza en la Actividad 3, que van a llevar a cabo los alumnos, con la narración de la siguiente historia:

“Como ya todos sabréis los *Tyrannosaurus rex*, fueron unos dinosaurios carnívoros, con muy mala fama, que vivieron en el cretácico, pero pongámonos a imaginar... Imaginemos

que al igual en la Película de Jurassic Park (que acabáis de visualizar) o Jurassic World, tenemos a nuestra disposición dos *Tyrannosaurus rex*, una hembra y un macho (que se han obtenido a través de clonación tal y como se ha explicado en el vídeo). Vuestro objetivo es determinar cómo serían sus hijos si estos decidieran emparejarse.”

### **Actividad 3. Investigando sobre la variabilidad genética. Realización de un cariotipo de cría de *T. rex* e identificación de su genotipo y fenotipo.**

#### **Descripción y finalidad**

Esta actividad tiene como finalidad la aclaración de conceptos genéticos básicos, como son: gen, cromosoma, cariotipo, genotipo y fenotipo y la introducción a la variabilidad genética.

Durante la realización de esta actividad debe estar presente un modelo de ADN y una imagen de empaquetamiento del ADN en los cromosomas, para que no se desligue los conceptos de ADN, gen, alelo de su situación física en los cromosomas.

<b>Actividad 3</b>		<b>Realización del cariotipo de tu cría de <i>T. rex</i> e identificación de su genotipo y fenotipo</b>
<b>Objetivos</b>	Conceptuales	Identificar la ubicación de los genes en los cromosomas. Diferenciar los conceptos de fenotipo y genotipo.
	Procedimentales	Realización de un cariotipo. Resolver un problema práctico de genética de herencia mendeliana monogénica.
	Actitudinales	Adoptar una visión positiva hacia tareas de investigación. Involucrarse en un trabajo práctico.
<b>Competencias</b>	Interacción con el mundo físico. Competencia de aprender a aprender. Autonomía e iniciativa personal.	
<b>Metodología</b>	Activa participativa en un contexto de Investigación dirigida.	
<b>Agrupamiento</b>	Los alumnos realizarán esta actividad en parejas, aunque cada miembro de la pareja tendrá su cría de <i>T. rex</i> .	
<b>Recursos</b>	Guía para el alumno. <b>Anexo III.</b> Ficha de trabajo para el alumno <b>Anexo IV.</b> Ejemplo de imagen empaquetamiento de ADN y modelo de ADN en 3D. 2 cartulinas grandes para la clase.	
<b>Temporalización</b>	1 hora/ 1 hora y media.	
<b>Evaluación</b>	Para la evaluación se corregirán las fichas de los alumnos.	

Una vez finalizada la actividad todos han de pegar con (chinchetas o con un poco celo) en una cartulina sus crías de *T. rex*. Esta prueba será la evidencia de la variabilidad, que se ha generado sólo en el reparto al azar de los cromosomas.

#### **Actividad 4. Meiosis y Mitosis.**

##### **Descripción y finalidad**

Esta actividad tiene con finalidad la comprensión de la Meiosis y Mitosis por el alumnado, sobre todo dando relevancia a la función biológica de las mismas, aunque se explicarán las fases, se dará mayor importancia al entendimiento biológico de estos procesos: la meiosis como un proceso necesario para mantener la dotación cromosómica diploide y como elemento generador de variabilidad y evolución. En cuanto a la mitosis se relacionara con el crecimiento y renovación de los tejidos.

Para ello se trabajara a partir de cuestiones que crearán conflictos cognitivos a los estudiantes, y que, apoyándose en la historia de los dinosaurios, deberán resolver. En cursiva se señala la argumentación por parte del profesor.

En cuanto a la meiosis:

*“Todas las células del T.rex, tendrán 8 pares de cromosomas a excepción de los gametos: óvulos y espermatozoides que tienen 8 cromosomas cada uno. Lo mismo ocurre en humanos, ya que tenemos 23 pares de cromosomas, sumando en total 46 cromosomas, exceptuando en los gametos en los que tenemos 23 cromosomas.*

*¿Qué pasaría si los óvulos y espermatozoides tuvieran 2 pares de cromosomas cada uno?”*

Tras deducir ellos mismos, la necesidad biológica de la meiosis, los alumnos, deberán dibujar el cariotipo que tendría un gameto de su cría de *T.rex* (Teniendo en cuenta que el sexo heterogamético (ZX), es la hembra a diferencia de en humanos que es el macho (XY).

Se espera que la mayoría de los alumnos que tienen crías hembras dibujen sólo el X. Se preguntará a la clase si están de acuerdo con eso y que ocurriría si todos los gametos de la hembra fueran portadoras del X y todos los masculinos del Z. Creando así en los alumnos un conflicto cognitivo, en el que no siempre el sexo heterogamético es el masculino, y no todos los gametos masculinos o femeninos en el caso del dinosaurio, son portadores del cromosoma que determina el sexo.

Tras esto se llevará a cabo la visualización de un video en el que se explica la meiosis, partiendo de su importancia biológica ("Meiosis subtítulo en español", 2013).

La realización meiosis, variabilidad evolución se explicará también en el contexto de los dinosaurios:

*"si en el Cretácico, el ser de color verde favoreciera su eficacia en la caza (debido a que así podría camuflarse entre los árboles) existiría una presión evolutiva favorable hacia el genotipo VV o Vv (fenotipo verde). Imaginemos que existe esta presión evolutiva, ¿Entonces nuestros dinosaurios ahora en la cartulina, cómo serían?, ¿Cuándo pasasen los años qué ocurriría con los dinosaurios vv marrones? ¿Cómo sería este proceso? "*

El profesor escogerá un alumno voluntario, para que sea esa “presión evolutiva”, eliminando de la cartulina los dinosaurios con fenotipo marrón.



Ahora los alumnos deberán idear un contexto en el que una presión evolutiva favorezca algún rasgo de su cría de dinosaurio.

En cuanto a la mitosis

*“¿Cómo va creciendo nuestro dinosaurio? ¿Se hacen sus células más grandes?¿O se multiplican?”*

El estudio de la mitosis podrá completarse con el recurso realizado por la Universidad de Arizona para identificar fases mitóticas en la raíz de cebolla (Department of Biochemistry and Molecular Biophysics, 1997)

Actividad 4	Meiosis y Mitosis	
<b>Objetivos</b>	Conceptuales	Diferencias Meiosis de mitosis. Comprender el significado de la meiosis como elemento generador de variabilidad y evolución.
	Procedimentales	Identificar las fases de mitosis en una raíz de cebolla. Realizar un cariotipo de su gameto de T.rex.
	Actitudinales	Fomentar una actitud reflexiva.
<b>Competencias</b>	Interacción con el mundo físico. Tratamiento de la información y competencia digital.	
<b>Metodología</b>	Activa participativa.	
<b>Agrupamiento</b>	Grupo clase.	
<b>Recursos</b>	Un ordenador por alumno. <b>Anexo V.</b> Apoyo para la actividad y ficha del alumno	
<b>Temporalización</b>	2 sesiones.	
<b>Evaluación</b>	Observación del alumnado y corrección de los cariotipos.	

## Actividad 5. Trabajando como investigadores. Deducción de las Leyes de Mendel.

### Descripción y finalidad

Esta actividad tiene como objetivo que los alumnos deduzcan las leyes de Mendel a partir del planteamiento de preguntas sobre la descendencia de los dinosaurios con los que se ha estado trabajando.

Actividad 5		Trabajando como investigadores. Deducción de las Leyes de Mendel	
<b>Objetivos</b>	Conceptuales	Enunciar de forma comprensiva las tres leyes de Mendel.	
	Procedimentales	Realizar problemas de herencia mendeliana sencillos, aplicando las leyes de Mendel	
	Actitudinales	Interesarse por los mecanismos de transmisión de caracteres hereditarios.	
<b>Competencias</b>	Conocimiento e interacción con el mundo físico. Competencia matemática.		
<b>Metodología</b>	Continua la investigación dirigida con lo <i>T.rex</i> . Resolución de problemas sencillos con la herramienta online facilitada por la universidad de Arizona (University of Arizona, 2004).		
<b>Agrupamiento</b>	Individual.		
<b>Recursos</b>	<b>Anexo VI</b> -Trabajando como investigadores. Guion de la actividad.		
<b>Temporalización</b>	1 sesión de 1 hora.		
<b>Evaluación</b>	Corrección de la actividad individual del alumnado.		

## Actividad 6. Descifrando el código genético.

### Descripción y finalidad

Esta actividad tiene como objetivo que los alumnos se familiaricen con el dogma central de la biología molecular y sepan descifrar el código genético a partir de un símil con RNA mensajeros que codifican para palabras en lugar de proteínas. Se puede comenzar la exposición del tema con el vídeo diseñado por la Universidad de Utah, ya que en él se utiliza el mismo símil, como el vídeo está en inglés el profesor podrá utilizar el vídeo en modo silencio como soporte a sus explicaciones (Genetic Science Learning Center, 2004).

Esta actividad puede completarse con el recurso ofrecido por la Universidad de Utah para la transcripción y la traducción de secuencias de ADN online (Genetic Science Learning Center, 2015).

<b>Actividad 6</b>		<b>Descifrando el código genético</b>
<b>Objetivos</b>	Conceptuales	Identificar al ADN como molécula en la que reside el código genético. Identificar la correspondencia entre los tripletes del ARNm y los aminoácidos.
	Procedimentales	Realizar la transcripción de fragmentos cortos de ADN.
	Actitudinales	Utilizar técnicas de resolución de problemas.
<b>Competencias</b>	Conocimiento e interacción con el mundo físico.	
<b>Metodología</b>	Activa participativa, de carácter individual, basado en la resolución de problemas.	
<b>Agrupamiento</b>	Actividad individual.	
<b>Recursos</b>	<b>Anexo 7.</b> Descifrando el código genético Un ordenador por alumno.	
<b>Temporalización</b>	1 hora.	
<b>Evaluación</b>	Corrección de las sentencias en la pizarra. Evidencias del trabajo de los alumnos.	

#### 4.3.4 Fase de evaluación

##### **Actividad 7. Trivial sobre preguntas de genética.**

##### **Descripción y finalidad**

Los alumnos se dividirán en 4 grupos de 4 o 5 miembros, se propondrá a cada grupo que piense 6 preguntas sobre lo que se ha impartido en el aula en los temas de genética biología molecular, para hacerle a sus compañeros.se establecerá un orden para contestar las preguntas, por ejemplo siguiendo las agujas del reloj y posteriormente en sentido anti horario. Además el profesor revisará la redacción de las preguntas en cada una de los grupos, una vez que todos los grupos tienen las seis preguntas comienza el turno. Se podrá establecer apuestas a pregunta acertada y rebotes, así como, cada equipo tendrá 2 minutos para contestar la pregunta. Como cronómetro se podrá utilizar la cuenta atrás en formato de bomba en explosión. (onlinestopwatch, n.d.).

La finalidad de esta actividad es evaluar los aspectos que no han quedado clarificados con la secuencia didáctica. Servirá tanto para retroalimentar la propuesta, así como de repaso general para los alumnos. El profesor además podrá utilizar como instrumento de control, la tabla adjuntada en el **anexo VIII**.

Tras esta actividad, el profesor deberá clarificar todo aquello que no se ha comprendido. Es posible que deba incidir en alguno de los temas y preparar una sesión extraordinaria diseñada en base a las preguntas que se extraigan del trivial.

<b>Actividad 7</b>		<b>Trivial sobre preguntas de genética</b>	
<b>Objetivos</b>	Conceptuales	Esta actividad no tiene objetivos conceptuales.	
	Procedimentales	Redactar correctamente preguntas sobre un tema concreto.	
	Actitudinales	Desarrollar una actitud autoocrítica con su propio aprendizaje.	
<b>Competencias</b>	Aprender a Aprender (identificar lo que no ha quedado claro). Interacción con el mundo físico. Competencia en comunicación lingüística		
<b>Metodología</b>	Actividad activa participativa en pequeños grupos.		
<b>Agrupamiento</b>	Grupos de 4 o 5 alumnos.		
<b>Recursos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pizarra para anotar puntuación</li> <li>• Tabla de recogida de información para el trivial. <b>Anexo VIII</b></li> <li>• Bomba cuenta atrás (<b>onlinestopwatch, n.d.</b>).</li> </ul>		
<b>Temporalización</b>	1 sesión.		
<b>Evaluación</b>	Se evaluará la participación del alumnado.		

## Actividad 8. Mapa conceptual, autoevaluación y encuesta de satisfacción

### Descripción y finalidad

Esta actividad, que se realizará en la última sesión de la secuencia, los alumnos realizarán un mapa mental, a partir de la palabra ADN de toda la secuencia didáctica.

Este mapa mental se intercambiará con un compañero para que lo complete si lo considera necesario (coevaluación).

Posteriormente, a cada alumno le será entregado su cuestionario inicial fin para que identifique los errores, los corrija en bolígrafo de otro color, favoreciendo así su propia metacognición.

Finalmente se pasará el cuestionario de satisfacción a los alumnos.

Actividad 8	Mapa conceptual, autoevaluación y encuesta de satisfacción	
<b>Objetivos</b>	Conceptuales	Fijar los conceptos más importantes sobre genética y biología molecular.
	Procedimentales	Elaborar un mapa mental. Autoevaluarse.
	Actitudinales	Desarrollar la capacidad crítica y autocrítica.
<b>Competencias</b>	Aprender a aprender.	
<b>Metodología</b>	Activa participativa, trabajo colaborativo.	
<b>Agrupamiento</b>	Parejas.	
<b>Recursos</b>	Papel y 2 bolígrafos de distinto color. <b>Anexos I</b> (Cuestionario inicial) y <b>anexo X</b> (Encuesta de satisfacción).	
<b>Temporalización</b>	1 sesión.	
<b>Evaluación</b>	Recogida de las evidencias.	

## 4.4 Planificación de las acciones

A continuación se presenta la planificación de las acciones de la propuesta didáctica, atendiendo las actividades que debe realizar el docente fuera del aula, así como la secuencia didáctica de actividades que llevará a cabo el alumnado. Se calcula aproximadamente que esta propuesta se podría llevar a cabo de 8 a 9 sesiones en el aula, y unas 4 horas de trabajo docente extra.

**Tabla 5.** Cronograma de las acciones de la propuesta didáctica.

Fase	Actividades	ACTIVIDAD A REALIZAR POR EL DOCENTE FUERA DEL AULA	SESIONES EN AULA										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9		
<b>Preparatoria</b>	Esta fase no presenta actividades para el alumnado	Adaptación de la secuencia didáctica materiales y recursos al contexto.											
<b>Inicial</b>	Identificación de ideas previas mediante test.												
		Corrección del test sobre ideas previas											
<b>Ejecución</b>	Comienza la historia de cría de dinosaurios. Visualización de fragmento de película												
	Cariotipo de <i>T.rex</i> . identificación de fenotipo y genotipo, de la cría de <i>T. rex</i>												
	Meiosis y Mitosis												
	Deducción de Leyes de Mendel												
	Descifrando el código genético												
<b>Evaluación</b>	Trivial sobre Genética												
		Análisis del registro del trivial y preparación de clase de refuerzo											
	Refuerzo de dificultades o preconceptos prevalentes reveladas en el trivial												
	Mapa conceptual, Autoevaluación y encuesta de satisfacción												
		Corrección de las pruebas											
		<b>Del proceso (por el docente en el aula)</b>											
		<b>Del resultado</b>											

## 4.5 Recursos humanos, materiales y económicos utilizados

### ➤ **Materiales:**

#### Para el grupo clase

- Un modelo de ADN y una imagen de un cromosoma (Empaquetamiento del ADN).
- La película de Jurassic Park fragmento hasta minuto 26 y una pantalla para proyectarla.
- Una recompensa para el grupo de alumnos ganadores del trivial sobre preguntas de genética y biología molecular.
- 1 par de cartulinas grandes.

#### Para cada alumno

- Cromosomas en papel.
- Tijeras y pegamento.
- Ordenador, (al menos por pareja de alumnos) con acceso a internet para las actividades: 1, 4, 5 y 6.
- Las guías y protocolos a seguir para el alumnado. **Anexos I, III, IV, V, VI, VII, y X.**

➤ **Humanos:** un profesor motivado.

➤ **Económicos:**

Lo único que habría que adquirir sería el modelo de ADN, a falta del mismo se podría proyectar un modelo en 3D en una pantalla, o pizarra blanca.

Muchas de las actividades son para realizar con ordenadores, por lo que debería haber a nuestra disposición, al menos, un ordenador por cada 2 alumnos.

## 4.6 Evaluación del proceso y de los resultados

La evaluación de la propuesta tendrá lugar sobre todo a tres tiempos, (al inicio, intermedia y final) aunque durante la ejecución el profesor irá corrigiendo las actividades e incidiendo en los aspectos que permanezcan sin clarificar, así como tendrá un papel como guía en la Investigación Dirigida. Además se evaluará la satisfacción del alumnado al finalizar la secuencia didáctica, con un cuestionario adjuntado como **Anexo X**.

Durante toda la propuesta el profesor completará una ficha de observación individual adjuntada que tiene como objetivo evaluar cada una de las actividades de la propuesta durante su ejecución (**Anexo IX**).

### **Evaluación de las ideas previas**

Se evaluarán mediante el cuestionario que será entregado a los estudiantes (**Anexo I. Cuestionario sobre ideas previas**). Se podrá utilizar como registro de las respuestas el adjuntado en el **anexo II**, ya que una vez completado este instrumento, el docente podrá tener una idea del nivel de la clase en la que se llevará a cabo esta propuesta.

### **Evaluación intermedia, en el trivial**

Se propone un entorno de juego, para evaluar la propuesta didáctica, que además permite la retroalimentación de la misma: los aspectos que no hayan quedado claros se podrán reforzar con otras actividades por ejemplo. Si existen dudas en el mecanismo de la herencia se podrá dedicar una sesión a tal epígrafe, incluso utilizar en la sala de ordenadores el recurso “Pigeonetics”, o el juego de los genes para reforzar este epígrafe.

A los alumnos les servirá esta actividad para afianzar y repasar conceptos. El instrumento para recoger la información, se adjunta en el Anexo VIII, se trata de un instrumento sencillo, una tabla en la que se van recogiendo las preguntas que realizan cada uno de los equipos.



## **Evaluación final**

Como prueba final se volverá a pasar a los estudiantes el cuestionario de ideas previas para que ellos mismos corrijan a otro color aquellas preguntas que consideren que estaban mal.

Este cuestionario junto con todas las actividades realizadas en clase, serán entregadas al profesor a modo de portafolio de evidencias.

## 5. Resultados previstos y discusión

---

Como ya se ha comentado en el planteamiento del problema, las dificultades que presenta el aprendizaje de los temas de genética y biología molecular son varias: la carga conceptual abstracta de estos temas, que exigen un determinado nivel de desarrollo cognitivo, las ideas previas de los alumnos, la necesidad de competencia lógico matemática para resolver problemas de la herencia, las características de los libros y las estrategias de los docentes. Esta propuesta didáctica incide sobre todo, en la estrategia docente como herramienta para superar esas dificultades.

### **Propuesta didáctica de Investigación dirigida como estrategia del docente para enseñar genética y biología molecular**

En la estrategia didáctica, sobre todo, es en la que el docente puede aportar mejoras significativas. La aplicación de propuestas didácticas a la luz del constructivismo, que permitan al alumnado ser partícipe de su propio proceso de aprendizaje en un entorno motivador ha dado resultados positivos como los publicados por Íñiguez y Puigcerver (2013). En este artículo se compara los efectos de la aplicación de una propuesta didáctica para enseñar genética basada en la creación de criaturas imaginarias, respecto a alumnos en los que se les explican los temas de genética y biología molecular de forma convencional. Siendo los primeros los que consiguen una mejor corrección científica en las concepciones sobre el material hereditario, su localización y estructura.

En el presente TFM, se plantea una Investigación Dirigida que se inicia a partir de la visualización de una película (Spielberg, 1993), y la creación de un contexto ficticio de cría de dinosaurios en base a la propuesta de Tellinghuisen et al. (2011) Se trata de una propuesta versátil en la que el docente, con el aliciente de los dinosaurios, puede ir introduciendo conceptos de genética en general así como fomentar el debate hacia temas de bioética, como puede ser la manipulación genética, la clonación etc. El nivel de dificultad de los problemas y actividades puede ir ajustándose al alumnado.

A diferencia de una investigación por descubrimiento, esta propuesta tiene en cuenta al profesor como guía en el proceso enseñanza aprendizaje, presta atención a los criterios de evaluación, competencias de estos temas en la etapa educativa y presenta actividades para retroalimentar el proceso de enseñanza aprendizaje (Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz y Praia, 2001; Furió, 2001).

Con esta propuesta se espera por otro lado motivar al alumnado, ya que se le hace partícipe todo el tiempo de su propio proceso de aprendizaje.

Debemos de admitir en consonancia con Gil (1987), citado en Campanario (1999) que esta propuesta pueda llevar más tiempo que la estrategia convencional de exposición y realización de actividades apoyadas en el libro de texto, por lo que a veces, si se opta por esta estrategia debe valorarse la necesidad de profundización en ciertos contenidos o incluso prescindir de ellos, en pro de la realización de la Investigación Dirigida, lo que resulta muy difícil para el docente ya que debe ceñirse a un currículo muy ajustado.

### **Ideas previas y cambio conceptual en los alumnos**

Con esta propuesta se van a identificar los preconceptos erróneos de los alumnos sobre todo en dos momentos. Antes de iniciar la propuesta, para que el docente se sitúe en cuanto a realidad del aula a la que se va enfrentar, y en un segundo momento una vez casi finalizada la secuencia didáctica, en la realización del trivial, por si hubiera preconceptos erróneos que persistan.

### **Nivel de desarrollo cognitivo**

Esta propuesta didáctica de investigación está muy pautada, por lo que no se precisa de un gran desarrollo cognitivo en el alumnado para llevarla a cabo. A partir de la deducción guiada de las Leyes de Mendel, el profesor podrá ir planteando problemas de menor a mayor dificultad. Por ejemplo tal y como propone Tellinghuisen et al. (2011), se puede modificar alguno de los rasgos para realizar problemas de codominancia, herencia intermedia o problemas con tres o más alelos.

Si se llevara a cabo esta propuesta en una situación experimental en la que se compararan alumnos en los que se les explique genética y biología molecular de forma convencional respecto a los alumnos a los que se les explique en base a esta propuesta, se esperaría que un mayor número de alumnos construyeran significados más completos de los contenidos teóricos actitudinales y procedimentales trabajados en el aula, en definitiva se aproximen más a la corrección científica, respecto a aquellas en aulas en las que se imparta estos temas de forma convencional.

## 6. Conclusiones

---

Tras la síntesis de la bibliografía consultada se considera que:

1. El constructivismo, se basa en el anclaje de los nuevos aprendizajes con los conocimientos y las experiencias personales previas. Estos conocimientos previos pueden ser ampliados o reforzados en un aprendizaje significativo, y modificados a través del cambio conceptual, por lo que el alumno debe ser siempre protagonista su aprendizaje y el profesor realizar una función de guía en el proceso.
2. Una propuesta didáctica basada en una Investigación Dirigida, superados sus inconvenientes, como la evaluación y el esfuerzo e implicación necesarios por parte del alumno y profesor, podría solventar algunos problemas de la Enseñanza de las Ciencias, integrando el proceso de investigación con el aprendizaje de conceptos, el trabajo práctico y la resolución de problemas, en un marco que incite a la reflexión.
3. La genética y la biología molecular continúan siendo uno de los temas del currículo de Biología y Geología que presenta más dificultades para los estudiantes, debido a: las ideas previas prevalentes en los alumnos, la existencia de conceptos abstractos, y la necesidad de una determinada competencia lógico matemática, estas dificultades se podrían ser subsanadas por el docente mediante un cambio en la estrategia de enseñanza.
4. Se han identificado recursos y estrategias innovadoras, como la utilización de personajes de comic, la creación de seres imaginarios y múltiples recursos TIC, que abordan los contenidos de biología molecular y genética de forma afín al enfoque de Investigación Dirigida.

Como resultado del trabajo de investigación realizado en el marco teórico y planteamiento del problema se considera que:

5. La propuesta didáctica presentada, enmarcada en una Investigación Dirigida, la cual, tiene como hilo conductor la cría de dinosaurios, sería una estrategia útil que ayudaría al docente a solventar algunas de las dificultades de la enseñanza de genética y biología molecular, en 4º de la ESO.
6. La adaptación de los contenidos curriculares a una Investigación Dirigida conlleva la dedicación de tiempo y esfuerzo por el docente, sobre todo en el diseño de los materiales para el alumnado.

7. Existen a disposición de los docentes numerosos repositorios, portales, páginas web de universidades con un sinnúmero de recursos potencialmente adaptables al enfoque de Investigación Dirigida.
8. La elaboración recursos TIC propios, adaptados a los contenidos y contexto determinado, para aplicar bajo este enfoque, requiere únicamente conocimientos a nivel usuario de informática, ya que existen en la red numerosas plataformas que facilitan esta tarea.

## 7. Limitaciones y prospectiva

---

Limitaciones de la propuesta:

- Cuenta con una limitación clara, que es que no ha sido experimentada.
- Para que sea factible necesita la participación del alumnado. Puede que las reacciones de los alumnos no sean la esperada, que no consiga hacer partícipes de la misma y no suscite en ellos la curiosidad necesaria para que sea efectiva.
- Esta secuencia didáctica necesitará más tiempo en el aula para llevarla a cabo y más tiempo en la preparación de las clases que una estrategia convencional.
- La exigencia por parte del docente, de un esfuerzo extra comparado con la metodología convencional de libro de texto y resolución de actividades del libro.
- Se necesita para llevarla a cabo un ordenador al menos para cada dos alumnos durante, al menos, 8 sesiones.

En base a los resultados obtenidos, se considera interesante complementar el estudio, con la implementación de esta propuesta en varios centros educativos, en aulas de 4º de la ESO, y compararlas con otras aulas pareadas (del mismo centro) en las que se enseñe genética y biología molecular a los alumnos con la estrategia convencional, y poder, así, evidenciar si esta es más eficaz que la estrategia convencional de forma análoga a lo descrito en el estudio de Íñiguez y Puigcerver (2013).

Para completar una visión general sobre la eficacia de la Investigación Dirigida sería necesario el trabajar en nuevas propuestas didácticas, enmarcadas en esta visión de la enseñanza de las ciencias, que ayuden a los docentes y a los alumnos a lograr una mayor corrección científica en cuanto a los temas de genética y biología molecular.

## 8. Referencias bibliográficas

---

- Adell, J. (2003). Internet en el aula: A la caza del tesoro. *EDUTEC. Revista Electrónica de Tecnología Educativa.*, 1-10. EDUTEC Recuperado de <http://edutec.rediris.es/Revelec2/Revelec16/Adell.htm>
- Ayuso, E., Banet, E., y Abellan, T. (1996). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y el bachillerato II. ¿Resolución de problemas o realización de ejercicios? *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 142.
- Bugallo Rodríguez, A. (1995). La didáctica de la genética: revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 13, 379-385.
- Caballero, M. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de las Ciencias.*, 26(2), 227-243.
- Cadenas, C., y Huertas, F.J. (2013). Informe PISA en España: un análisis al detalle. *Profesorado.*, 17(2), 243-262.
- Campanario, J.M., y Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 17, 179-192.
- Campanario, J.M., y Otero, J.C. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 18, 155-169.
- Cañal, P., y Porlán, R. (1987). Investigando la realidad próxima: un modelo didáctico alternativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 5, 089-096.
- Clarck, N. (n.d). DNA sentences.How to understand DNA withouth really trying. Recuperado el 20 de junio de 2015, de [http://www.nclark.net/DNA\\_RNA](http://www.nclark.net/DNA_RNA)
- Codina, J.C. (2005). Aprendiendo genética con Spiderman. *Alambique : didáctica de las ciencias experimentales*, 45, 111-116.
- Chavarría, S., Bermúdez, T., Villalobos, N., y Morera, B. (2012). El modelo Bandler-Grinder de aprendizaje y la enseñanza de genética mendeliana en estudiantes costarricenses de décimo año. *Cuadernos de Investigación UNED*, 4(2).

- Department of Biochemistry and Molecular Biophysics. (1997). Puntas de raíz de cebolla online. Recuperado el 27 de junio 2015, de <http://www.biologia.arizona.edu/cell/act/onion/onion.html>.
- Dolz, M.D., y Pérez, P. (1994). El trabajo en el aula. *Cuadernos de pedagogía*, 227, 19-21.
- Driver, R., y Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13(1), 105-122.
- Educación portal de Educación de Argentina. (n.d.). Biología. ADN. Recuperado el 27 de junio, 2015, de [http://www.conectate.gob.ar/sitios/conectate/busqueda/educar?rec\\_id=102404](http://www.conectate.gob.ar/sitios/conectate/busqueda/educar?rec_id=102404)
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A., y Praia, J. (2001). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- Flavell, J.H. (1981). Cognitive monitoring. En Dickson (Ed.), *Children's Oral Communication Skills* (pp. 241-270). New York: Academic Press.
- Fullan, M. (2002). *Los nuevos significados del cambio en la educación*. Barcelona: Octaedro.
- Furió, C. (2001). Finalidad de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria: ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica? R. *Revista de Enseñanza de las ciencias*, 2(2), 365-376.
- García, M.M.T., Montelongo, M.M., Rodríguez, M.C.N., e Izquierdo, Á.M. (2003). Alcohol y salud. Ejemplo de unidad didáctica basada en un modelo de enseñanza-aprendizaje de investigación dirigida a secundaria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(2), 112-122.
- Genetic Science Learning Center. (2003). Make A Karyotype. Recuperado el 27 de junio, 2015, de <http://learn.genetics.utah.edu/content/chromosomes/karyotype/>



- Genetic Science Learning Center. (2004). ¿What is DNA? Recuperado el 24 de junio de 2015, de <http://learn.genetics.utah.edu/content/molecules/dna/>
- Genetic Science Learning Center. (2015). Transcribe y traduce un gen. Recuperado el 4 de julio de 2015, de <http://learn.genetics.utah.edu/es/transcribe/>
- Genetics Science Learning Center. (2009). Build a DNA molecule. Recuperado el 27 de junio, 2015, de <http://learn.genetics.utah.edu/content/molecules/builddna/>
- Genetics Science Learning Center. (2015). Pigeonetics. Recuperado el 27 de junio, 2015, de <http://learn.genetics.utah.edu/content/molecules/builddna/>
- Gil, D., Furió, C., Valdés, P., Salinas, J., Dumas, A., Martínez-Torregrosa, J., Pessoa, A.M., González, E., Guisasola, J., y Goffard, M. (1999). ¿ Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17, 311-320.
- Gil, D., y Martínez-Torregrosa, J. (1987). Los programas-guía de actividades: Una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 3, 3-12.
- Huang, C., y Huang, M. (2012). The Scale of Universe. Recuperado el 27 de junio, 2015, de <http://scaleofuniverse.com/>
- Íñiguez, F.J. (2005). *La enseñanza de la genética: una propuesta didáctica para la educación secundaria obligatoria desde una perspectiva constructivista*. (Tesis), Universitat de Barcelona.
- Íñiguez, F.J., y Puigcerver, M. (2013). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(3), pp. 307-327.
- Johnstone, A., y Mahmoud, N. (1980). Isolating topics of high perceived difficulty school biology. *Journal of Biological Education*, 14(2), 163-166.
- Lewis, J., y Kattmann, U. (2004). Traits, genes, particles and information: re-visiting students' understandings of genetics. *International Journal of Science Education*, 26(2), 195-206.

- Lewis, J., Leach, J., y Wood-Robinson, C. (2000). All in the genes? — young people's understanding of the nature of genes. *Journal of Biological Education*, 34(2), 74-79.
- Lewis, J., y Wood-Robinson, C. (2000). Genes, chromosomes, cell division and inheritance-do students see any relationship? *International Journal of Science Education*, 22(2), 177-195.
- LOE. Ley Orgánica de Educación 2/2006., En el Boletín Oficial del Estado, núm. 106, de 4 de mayo de 2006.
- LOMCE 8/2013, del 9 de diciembre Ley Orgánica de Mejora en la Calidad Educativa, En el BOE 296, del 10 de diciembre de 2013.
- Llort, J.M. (1999). El Joc dels Gens (El juego de los genes). Recuperado el 27 de junio, 2015, de [http://www.xtec.cat/~jllort1/el\\_joc\\_dels\\_gens\\_castella.html](http://www.xtec.cat/~jllort1/el_joc_dels_gens_castella.html)
- Meiosis subtítulo en español. (2013). Recuperado el 27 de junio de 2015, de <https://www.youtube.com/watch?v=uLKyxR1vzc>
- Ministerio De Educación Cultura y Deporte ITE. (n.d.). Biosfera.Contenidos de Genética. Recuperado el 27 de junio de 2015, de <http://recursostic.educacion.es/ciencias/biosfera/web/alumno/4ESO/genetica1/contenidos12.htm>
- Moya, A., Chaves, E., y Castillo, K. (2010). La investigación dirigida como un método alternativo en la enseñanza de las ciencias:. *Revista Ensayos Pedagógicos*, 6(1), 115-132.
- Nieda, J. (2001). Las ciencias en la ESO: una mirada particular. *Alambique : didáctica de las ciencias experimentales*, 27, 9-18.
- onlinestopwatch. (n.d.). Bomb-countdown. (bomba cuenta atrás.). Recuperado el 25 de junio de 2015, de <http://www.online-stopwatch.com/bomb-countdown/full-screen/>
- PHP. (n.d.). PhpWebquest. Recuperado el 29 de junio de 2015, de <http://phpwebquest.org/newphp/>

- Pontes, A. (2005). Aplicaciones de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en la educación científica. Primera parte: funciones y recursos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(1), 2-18.
- Porlán, R. (2000). *Constructivismo y escuela: hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la investigación*. Madrid: Díada Editora.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W., y Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Pozo, J.I. (1997). Teorías cognitivas del aprendizaje. Cap.8. *Enfoques para la enseñanza de la ciencia*. (pp. 265-308). Madrid: Morata.
- Pozo, J.I., y Gómez, M.Á. (2009). *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata.
- Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales, BOE 260 30 de octubre de 2007.
- Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria, BOE 5 de enero de 2007
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato, BOE 3 de enero de 2015.
- Real Decreto 1834/2008, de 8 de noviembre, por el que se definen las condiciones de formación para el ejercicio de la docencia en la educación secundaria obligatoria, el bachillerato, la formación profesional y las enseñanzas de régimen especial y se establecen las especialidades de los cuerpos docentes de enseñanza secundaria. BOE 8 de noviembre de 2008.
- Sánchez, J. (2002). *Integración curricular de las TICs: conceptos e ideas*. Trabajo presentado en Actas VI Congreso Iberoamericano de Informática Educativa, RIBIE. Recuperado el 20 de junio de [www.c5.cl/mici/pag/papers/inegr\\_curr.pdf](http://www.c5.cl/mici/pag/papers/inegr_curr.pdf)
- Sanmartí, N. (2000). El diseño de Unidades didácticas. En P. P. Canal, J. (Ed.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. (pp. 239-269). Madrid.

Sanmartí, N. (n.d.). *Enseñar y aprender Ciencias: algunas reflexiones*. Recuperado el 15 de junio de 2015 de

<http://www.guiasenseanzasmedias.es/verpdf.asp?area=natura&archivo>.

Sanmartí, N., y Alimenti, G. (2004). La evaluación refleja el modelo didáctico: análisis de actividades de evaluación planteadas en clases de química. *Educación química*, 15(2), 120-128.

Solbes, J., Montserrat, R., y Furió, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 21, 91-117.

Spielberg, S. (Director). (1993). *Jurassic Park*. En K. Kennedy & G. R. Molen (Productor). Estados Unidos: Universal Pictures.

Spongelab community. (n.d.). Dragon breeder. Recuperado el 27 de junio, 2015, de

[https://www.spongelab.com/game\\_pages/db.cfm](https://www.spongelab.com/game_pages/db.cfm)

Tellinghuisen, P., Sexton, J., y Shevin's, R. (2011). Breeding dragons: investigating Mendelian inheritance. *Science in school* (18), 40-44. Recuperado de

<http://www.scienceinschool.org>

University of Arizona. (2004). El proyecto biológico. Genética Mendeliana. Recuperado el 20 de junio de 2015, de

<http://www.biologia.arizona.edu/mendel/mendel.html>

Venville, G.J, y Dawson, V.M. (2010). The impact of a classroom intervention on grade 10 students' argumentation skills, informal reasoning, and conceptual understanding of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(8), 952-977.

## 9. Anexos

### Anexo I. Cuestionario sobre ideas previas.

A continuación se adjunta el test de indagación sobre las ideas previas de genética, basándose las investigaciones sobre ideas previas de genética de los alumnos de 4º de la ESO, **tabla 1**.

Nombre del alumno/a	
Fecha	
Nº	

#### Test sobre ideas previas de Genética.



De las fotografías en la parte superior indica:

**1. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es cierta?**

Tienen células los organismos representados en las fotografías:

1. A y D
2. Todos
3. A, C y D
4. A, B y D
5. Ninguno
6. No lo sé

Tienen cromosomas:

1. A y D
2. Todos
3. A, C y D
4. A, B y D
5. Ninguno
6. No lo sé

Tienen genes

1. A y D
2. Todos
3. A, C y D
4. A, B y D
5. Ninguno
6. No lo sé

**2. ¿Qué es el ADN? ¿Cuál es su función principal?**

**3. ¿Qué entiendes por gen? ¿Y por clonación?**

**4. ¿Qué es la meiosis? ¿Y la mitosis?**

**5. ¿En el ser humano qué células tienen ADN?**

1. Los espermatozoides.
2. Los óvulos.
3. Espermatozoides y óvulos.
4. Las células de la sangre.
5. Todas las células.
6. Todas las células menos los hematíes o glóbulos rojos.

**6. Contesta Verdadero (V) o Falso(F):**

- a) A mayor tamaño del organismo, mayor tamaño de sus células.
- b) El conjunto de todas las cromosomas constituye el cariotipo.
- c) El conjunto de todas las cromosomas constituye un genotipo.
- d) Los autosomas son los cromosomas sexuales.

## Anexo II. Plantilla de corrección-del cuestionario inicial de indagación de ideas previas

A continuación se facilita un instrumento para la recogida de los datos para el cuestionario sobre ideas previas para cada aula en la que se vaya a llevar a cabo la propuesta didáctica.

	<b>Nº Alumnos con respuesta correcta</b>	<b>Alumnos con respuesta incorrecta</b>	<b>Alumnos que dejan en blanco o contestan no lo sé</b>
<b>Pregunta 1.a</b>			
<b>Pregunta 1.b</b>			
<b>Pregunta 1.c</b>			
<b>Pregunta 5</b>			
<b>Pregunta 6a</b>			
<b>Pregunta 6b</b>			
<b>Pregunta 6c</b>			
<b>Pregunta 6d</b>			
<b>Totales</b>			

**Preguntas cortas:**

	<b>Respuesta incorrecta o en blanco</b>	<b>Respuesta parcialmente correcta (ejemplos)</b>	<b>Respuesta correcta</b>
<b>Pregunta 2a</b>	En blanco o mal		Responden ácido desoxirribonucleico
<b>Pregunta 2b</b>	En blanco o mal	Tener genes, o respuestas parciales	Es el soporte físico de la herencia.
<b>Pregunta 3a</b>	En blanco o mal	Un fragmento de ADN	Un fragmento de ADN que codifica para una proteína/macromolécula
<b>Pregunta 3b</b>	En blanco o mal	Es clonar, hacer 2 individuos iguales	Un clon es una unidad genéticamente igual a la unidad predecesora, de la que está clonado.
<b>Pregunta 4a</b>	En blanco o mal	Division para dar gametos	La meiosis consiste en dos divisiones celulares consecutivas entre las cuales no se produce duplicación del material genético. En el proceso se forman cuatro células hijas (haploides) cada una con la mitad de cromosomas que la célula madre.
<b>Pregunta 4b</b>	En blanco o mal	División de una célula en 2	Proceso de división celular en el cual se reparte el material genético (ADN) y se forman dos células hijas idénticas con el mismo número de cromosomas.
<b>Totales</b>			



## Anexo III. Guion actividad 3 para el alumnado. Cariotipo, genotipo y fenotipo de la cría de *T.rex*

Modificado a partir de (Tellinghuisen et al., 2011). El texto del guion se ha dejado, tal y como lo escribió la autora, y se han hecho modificaciones en los materiales de trabajo, figuras etc. para adaptarlos al *T. rex*.

Se adjunta a continuación el contexto para los estudiantes. Y la ficha de trabajo, con la que llevarán a cabo la actividad y que entregarán al docente al finalizar la sesión.

### **Protocolo a seguir:**

Como se ha visto en el vídeo, en todos los organismos vivos, a excepción de algunos virus. La información genética está el ADN.

El ADN es una molécula extremadamente larga y fina, que cuando está enrollada y plegada sobre sí misma se llama cromosoma.

Cada cromosoma es un fragmento separado de ADN y por tanto una célula con ocho cromosomas tendrá ocho fragmentos largos de ADN.

Un **gen** es un segmento de la larga molécula de ADN. Los genes pueden tener distintas longitudes, y cada gen es un código que especifica cómo deberá construirse un polipéptido en concreto. **(Cómo se descifra el código genético lo averiguaremos más adelante.....).**

Uno o más polipéptidos forman una proteína, y éstas pueden clasificarse generalmente en dos grupos: las que llevan a cabo las reacciones químicas en vuestro cuerpo (enzimas) y las que son los componentes estructurales de vuestro cuerpo (proteínas estructurales). Cualquier organismo que tenga “padres” tiene un número par de cromosomas, porque la mitad de los cromosomas proviene del “padre” y la otra mitad de la “madre”.

Por ejemplo, en las plantas un grano de polen es la contribución paterna y un óvulo la materna. Esas dos células se combinan para crear una sola, que pronto crecerá para convertirse en una semilla

Los humanos tenemos 46 cromosomas, agrupados en 23 pares. En cada una de esas 23 parejas, un cromosoma viene del padre de la persona y otro de su madre. Debido a que los cromosomas vienen a pares, los genes también lo hacen. Un gen se localiza en un miembro del par cromosómico; el otro gen se localiza en el mismo sitio pero en el otro cromosoma.

Al “par” de genes se le llama técnicamente “gen”, ya que ambos miembros del par codifican un mismo rasgo.

Para cualquier gen puede existir un número variable de formas diferentes, conocidas como alelos, pero cada persona puede tener un máximo de solo dos alelos (uno de la madre y otro del padre). Las dos copias del gen que tiene una persona pueden ser del mismo alelo o de alelos diferentes.

Nuestros *T. rex*, tienen 16 cromosomas en 8 pares, siendo 2 de ellos cromosomas sexuales, es decir en ellos viene la información genética que codifica para el sexo, van a ser los responsables del sexo de nuestro bebé de *T. rex*. y nos centraremos en sólo un gen en cada uno de los pares. (Es decir, los rasgos que vamos a estudiar son monogénicos, están codificados por un solo gen).

Con esta actividad vamos a investigar 7 siete rasgos diferentes, codificados por los genes que se localizan en los cromosomas no sexuales, además identificaremos el sexo de nuestro bebé de *T. rex*.

Un conjunto de 16 tiras de papel de color naranja, representa los cromosomas que vienen de la *T. rex* madre (hembra). El otro en azul, representa los cromosomas que vienen del *T. rex* padre (macho).

Cada cromosoma de papel tiene una letra, que puede ser mayúscula o minúscula. Las letras mayúsculas representan alelos dominantes, y las minúsculas representan alelos recesivos. Cada par de letras codifica para un rasgo. Si al menos un alelo dominante (una letra mayúscula) está presente, se dará el rasgo dominante (BB o Bb fenotipo de cola bifurcada) por otra parte, el rasgo recesivo (bb cola simple) solo se dará si el *T. rex* tiene dos copias del alelo recesivo.

1. Recorta los cromosomas masculinos y femeninos de la ficha. Sitúalos boca abajo (sin mezclar los del padre- azules- con los de la madre – naranjas- )
2. Sin dar la vuelta a los cromosomas, elige uno de cada color, empezando por los de la parte superior y ponlos juntos para formar el par cromosómico de la cría de *T. rex*. Descarta el par de cromosomas restante y pega los cromosomas seleccionados en la tabla 1. **Cariotipo**.
3. Realiza esta acción para los 8 pares de cromosomas, eligiendo al azar uno del padre y otro de la madre. Tendrás entonces el cariotipo de tu *T. rex*., es decir, el conjunto de cromosomas de tu *T. rex*.
4. Observa qué alelos (letras) tiene tu *T. rex*. para cada rasgo, y anótalos en la segunda columna de la tabla 2. A los alelos heredados para un gen particular les llamamos **genotipo** (por ejemplo, DD). Los rasgos observables de un individuo (por ejemplo, 4 dedos en los pies) se llaman **fenotipo**.

5. Utiliza la leyenda, para determinar qué alelos son dominantes o recesivos para cada rasgo, y luego apunta el fenotipo de tu *T rex* en la Tabla 2.
6. Ahora estás preparado para dibujar tu cría de dinosaurio: colorea y añade las partes del cuerpo más relevantes al dibujo básico de *T. rex*.

¿Cómo pensáis que van a ser los dinosaurios de la clase?

¿Si fueran clones? ¿Cómo serían?

Si cogiéramos una célula muscular de nuestro bebe dinosaurio. ¿Cuántos cromosomas tendría? Y ¿Si fuera una célula de la piel?....

## Anexo IV.Ficha de trabajo para el alumno

### Ficha de trabajo del alumno

Nombre del alumno/a	
Fecha	
Nº	

### Cariotipo de mi cría de *T. rex* .

**Tabla 1.** Crea el cariotipo de tu *T. rex* pegando a continuación los cromosomas que ha heredado de su madre y su padre.

<b>1</b>	
<b>2</b>	
<b>3</b>	
<b>4</b>	
<b>5</b>	
<b>6</b>	
<b>7</b>	
<b>8(cromosoma sexual)</b>	

**Tabla 2.** Características de mi cría de *T. rex*.

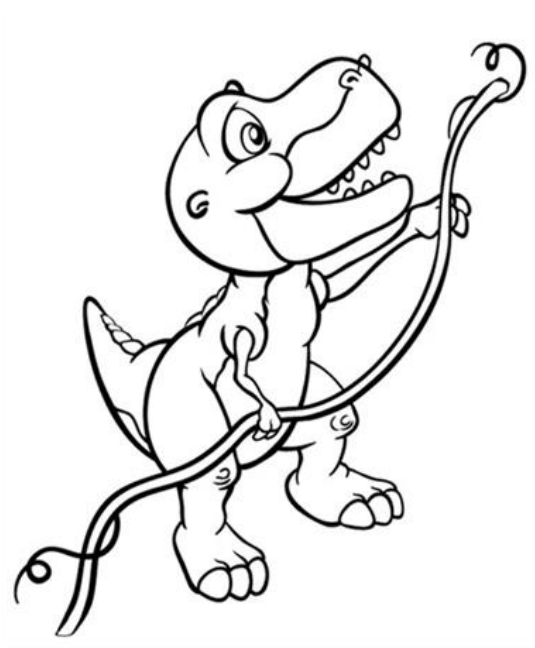
<b>Características</b>	<b>Genotipo</b>	<b>Fenotipo</b>
Colmillo en sierra/normal		
Dedos de los pies		
Cola bifurcada/ simple		
Ojos marrones/verdes		
Protoplumas/sin protoplumas		
Torso blanco/amarillo		
Color verde oscuro/marrón		
Sexo		

Leyenda

<b>GENOTIPO</b>	<b>FENOTIPO</b>
SS o Ss	Colmillo en sierra
ss	Colmillo sin sierra
DD o Dd	Cuatro dedos en los pies
dd	Tres dedos en los pies
BB o Bb	Cola bifurcada
bb	Cola simple
MM o Mm	Ojos marrones
mm	Ojos verdes
PP Pp	Sin protoplumas
pp	Protoplumas en la espalda
TT Tt	Torso blanco
tt	Torso amarillo
VV Vv	Color verde oscuro
vv	Color marrón

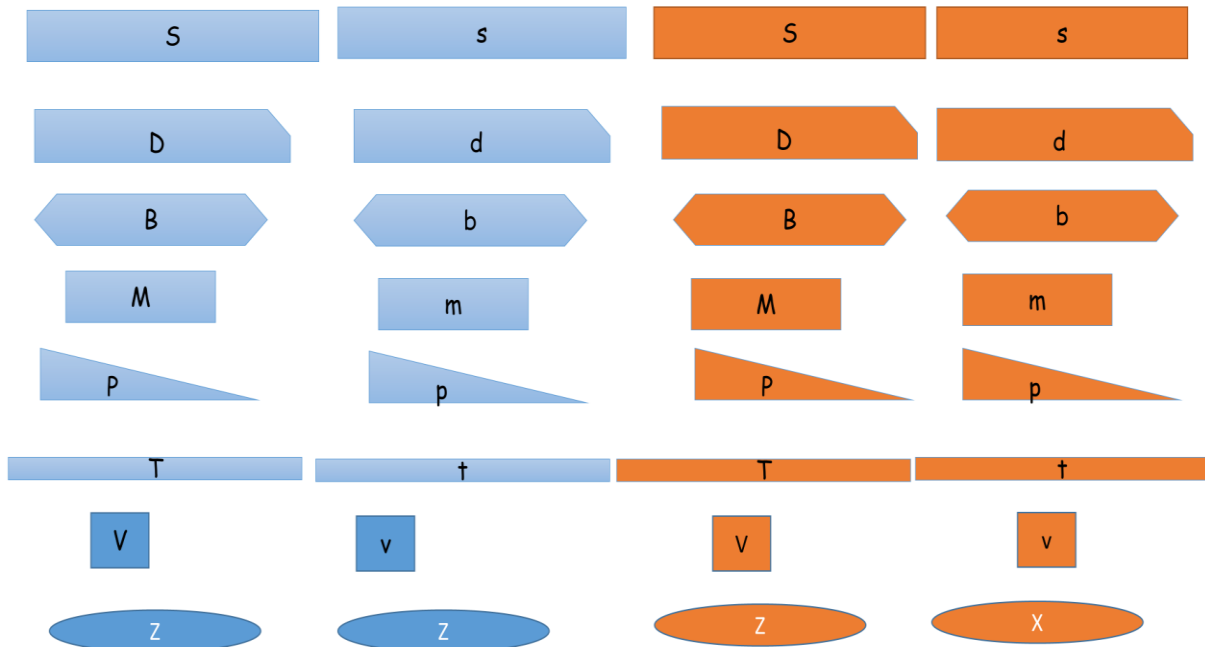
sexo

ZZ	Macho
ZX	Hembra



Cromosomas de los progenitores de *T. Rex*-

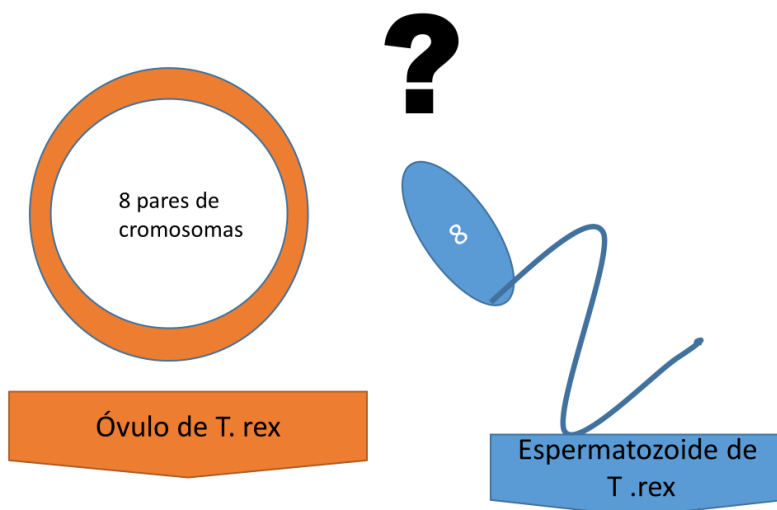
En azul se presentan los provenientes del padre y en naranja los de la madre.



## Anexo V. Apoyo para actividad sobre meiosis y mitosis

Todas las células del *T.rex*, tendrán 8 pares de cromosomas a excepción de los gametos: óvulos y espermatozoides, que tienen 8 cromosomas cada uno. Lo mismo ocurre en humanos, ya que tenemos 23 pares de cromosoma, sumando en total 46 cromosomas, exceptuando en los gametos en los que tenemos 23 cromosomas.

¿Qué pasaría si los óvulos y espermatozoides tuvieran 2 pares de cromosomas cada uno? (Esta pregunta deberá apoyarse con la siguiente figura, o con una reproducción de la misma en la pizarra).



**Figura 1.** Imagen para apoyar la pregunta. Elaboración propia.

¿Cómo sería entonces el cariotipo de un gameto de tu cría de dinosaurio?

Apoyándote en el cariotipo de las células de tu *T. rex*, dibuja el cariotipo de tu cría de dinosaurio y completa

2n= ..... n=.....

<b>1</b>	
<b>2</b>	
<b>3</b>	
<b>4</b>	
<b>5</b>	
<b>6</b>	
<b>7</b>	
<b>8(cromosoma sexual)</b>	



## Anexo VI. Material para los alumnos Actividad de deducción de las Leyes de Mendel, trabajando como investigadores

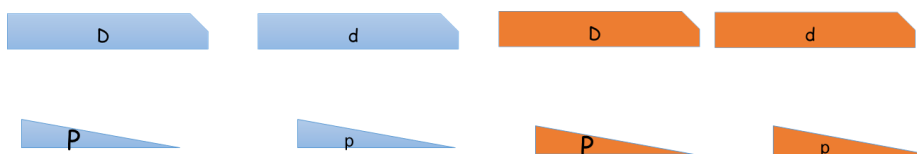
GENOTIPO	FENOTIPO
SS o Ss	Colmillo en sierra
ss	Colmillo sin sierra
DD o Dd	Cuatro dedos en los pies
dd	Tres dedos en los pies
BB o Bb	Cola bifurcada
bb	Cola simple
MM o Mm	Ojos marrones
mm	Ojos verdes
PP Pp	Sin protoplumas
pp	Protoplumas en la espalda
TT Tt	Torso blanco
tt	Torso amarillo
VV Vv	Color verde oscuro
vv	Color marrón

1. Si cruzamos un dinosaurio DD con un dinosaurio dd ¿Cómo serían sus hijos?-



(Primera ley de Mendel: uniformidad de los híbridos)

2. Y si estos hijos los cruzamos entre ellos, si tuvieran 4 hijos cómo sería su fenotipo?(2ª ley de Mendel)
3. ¿Y si en lugar de considerar sólo un aspecto consideramos 2, por ejemplo los dedos de los pies y las protoplumas? ¿Cómo serían los hijos?(3ª ley de Mendel)



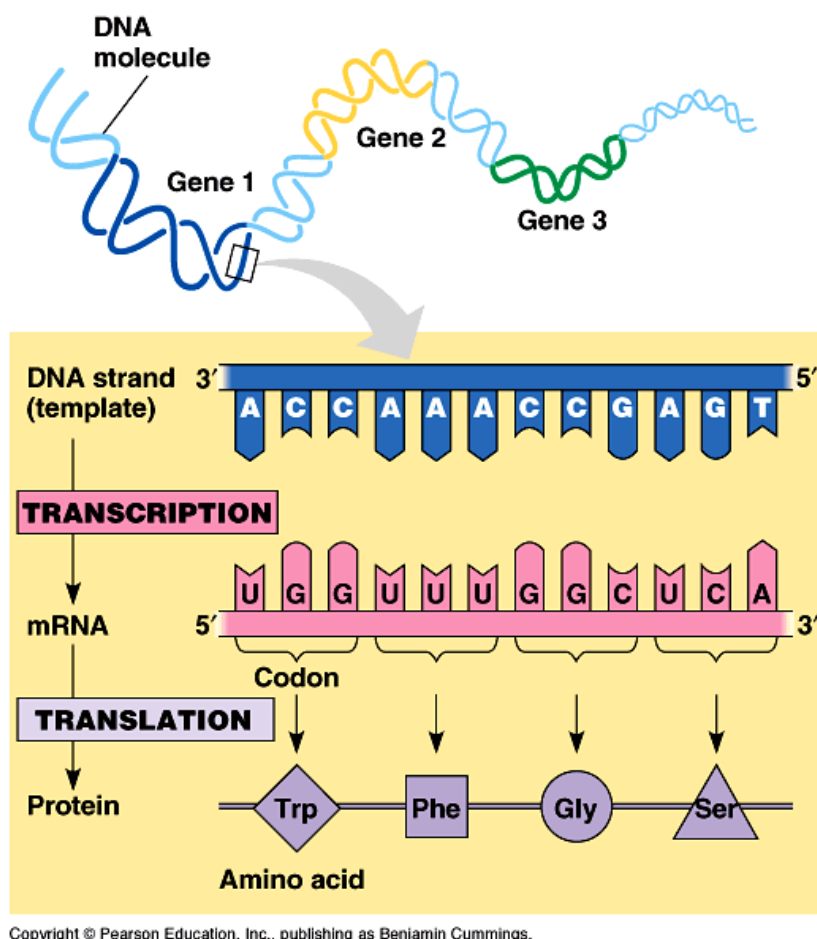
## Anexo VII. Trabajando con el código genético. Material para los alumnos.

Como decíamos en la actividad con los dinosaurios....

Un gen es un segmento de la larga molécula de ADN. Los genes pueden tener distintas longitudes, y cada gen es un código que especifica cómo deberá construirse un polipéptido en concreto. (Cómo se descifra el código genético lo averiguaremos más adelante.....Ahora es el momento!!

Todas nuestras células llevan la misma información genética, la diferencia radica en que, cada una expresa los genes que necesita.

Dogma central de la Biología Molecular.



**Figura 1.** Dogma central de la biología molecular. Person Education.

		Segunda base				
		U	C	A	G	
Primera base	U	UUU } Phe UUC } UUA } Leu UUG }	UCU } Ser UCC } UCA } UCG }	UAU } Tyr UAC } UAA Stop UAG Stop }	UGU } Cys UGC } UGA Stop UGG Trp }	U C A G
	C	CUU } Leu CUC } CUA } CUG }	CCU } Pro CCC } CCA } CCG }	CAU } His CAC } CAA } Gin CAG }	CGU } Arg CGC } CGA } CGG }	U C A G
	A	AUU } Ile AUC } AUA } Met AUG }	ACU } Thr ACC } ACA } ACG }	AAU } Asn AAC } AAA } Lys AAG }	AGU } Ser AGC } AGA } Arg AGG }	U C A G
	G	GUU } Val GUC } GUA } GUG }	GCU } Ala GCC } GCA } GCG }	GAU } Asp GAC } GAA } Glu GAG }	GGU } Gly GGC } GGA } GGG }	U C A G

Figura 2. Código genético.

En lugar de aminoácidos, a continuación se presentan los codones como codificantes de palabras en lugar de proteínas. De manera que al transcribir el ADN, se obtendrá un mensaje. La actividad se ha adaptado del inglés al castellano a partir de la idea de (Clarck, n.d)

Codón	Palabra para la que codifica(aminoácido)
UCU	Yo
ACA	más
CAU	estudiar
AAA	biología
GCC	amo
UCA	la
CUC	de
CGA	guasa
UUG	
UAC	
GGC	estoy
AAA	biología
CCA	Hoy
GAC	Debo

<b>CAC</b>	es
<b>TAC</b>	divertida
<b>UUA</b>	
<b>CAC</b>	
<b>CGC</b>	
<b>GUG</b>	
<b>CAA</b>	

1. Descifra la información que viene en los siguientes fragmentos de ADN, como se muestra en el ejemplo:

ADN	AGA.CGG.AGT.TTT
ARNm	UCU.GCC.UCA.AAA
“Proteína -frase”	Yo amo la biología

ADN	CTGGTATTTTGT
ARNm	
“Proteína -frase”	

ADN	AGTAAAGTGATG
ARNm	
“Proteína -frase”	

2. Ahora en este ejemplo, a partir del mensaje proteína, descifra el ARN mensajero y el ADN, del que provienen:

ADN	
ARNm	
“Proteína –frase”	Hoy estoy de guasa

3. Utiliza ahora los codones en rojo para que codifiquen un mensaje, que escribirás en forma de ADN a tu compañero para que lo descifre.

#### Soluciones.

ADN	CTGGTATTTTGT
ARNm	GACCATAAAACA
“Proteína –frase”	Debo estudiar biología más

ADN	AGTTTTGTGATG
ARNm	UCAAACACTAC
“Proteína –frase”	La biología es divertida

## Anexo VIII. Ejemplo de instrumento para recogida de información en el “trivial” sobre genética

A continuación se presenta un ejemplo de recogida de información para la realización de trivial de genética y biología molecular. Este entorno de juego, servirá al profesor para identificar qué aspectos o qué conceptos no han quedado clarificados.

	Equipo 1	Equipo 2	Equipo 3	Equipo 4
Pregunta 1				
Pregunta2				
Pregunta 3				
Pregunta 4				
Pregunta 5				
Pregunta6				

## Anexo IX. Ficha de observación individual

Se adjunta la ficha de observación individual, que el profesor deberá cumplimentar como instrumento de evaluación del proceso

Indicadores	Actividad	Sí	No	Parcialmente
¿El alumno ha participado activamente?	1.Ideas previas			
	Webquest			
	Debate			
	2.Cariotipo, genotipo y fenotipo			
	3.Meiosis y Mitosis			
	4.Leyes de Mendel			
	5.Descifrando el código genético			
¿Ha respetado a sus compañeros?	6.Trivial			
	1.Ideas previas			
	Webquest			
	Debate			
	2.Cariotipo, genotipo y fenotipo			
	3.Meiosis y Mitosis			
	4.Leyes de Mendel			
¿Ha logrado los objetivos de la actividad?	5.Descifrando el código genético			
	6.Trivial			
	1.Ideas previas			
	Webquest			
	Debate			
	2.Cariotipo, genotipo y fenotipo			
	3.Meiosis y Mitosis			
¿Ha entregado la ficha/ evidencia al profesor?	4.Leyes de Mendel			
	5.Descifrando el código genético			
	6.Trivial			
	1.Ideas previas			
	Webquest			
	Debate			
	2.Cariotipo, genotipo y fenotipo			

## Anexo X. Encuesta de satisfacción del alumnado

A continuación se aporta el cuestionario de satisfacción diseñado para que los alumnos evalúen la propuesta didáctica. Se ha diseñado en base a una escala Likert de valoración.

Cuestionario de satisfacción del alumnado con la propuesta didáctica:

Estimado alumno/a con el objeto de evaluar vuestra satisfacción con la Metodología empleada para impartir los temas de genética y biología molecular, me gustaría que rellenaras este cuestionario, contestando con la mayor sinceridad de acuerdo a la siguiente valoración:

1. En total desacuerdo
2. En desacuerdo
3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo
4. De acuerdo
5. Totalmente de acuerdo

	<b>EN CUANTO A LA UNIDAD DIDÁCTICA</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
1	La estructura de la unidad Didáctica me ha parecido adecuada.					
2	Los materiales facilitados por el profesor me han permitido la comprensión del tema.					
3	El contexto de la cría de dinosaurios me ha aparecido apropiado y ha fomentado mi curiosidad respecto a la genética y la biología molecular.					
4	Pienso que es importante entender la genética y la biología molecular ya que son temas que influyen en la vida cotidiana.					
5	He participado en los debates y lluvias de ideas que han surgido en clase.					
6	He colaborado al máximo cuando se han realizado trabajos en parejas o grupales.					
7	Esta propuesta didáctica me ha servido para corregir pensamientos y conceptos erróneos que tenía sobre genética. Como por ejemplo que el material hereditario está en la sangre.					



8	La Genética y la Biología molecular me resultan interesantes					
	<b>EN CUANTO A LAS ACTIVIDADES</b>					
9	La actividad 2 Cariotipo, fenotipo y genotipo del dinosaurio ha conseguido que clarifique estos conceptos					
10	Aunque he realizado la actividad 4 de Meiosis y Mitosis, sigo sin comprender la diferencia entre ambas.					
11	Podría realizar la transcripción y traducción de una secuencia de ADN sin dificultad					
12	Los problemas realizados de herencia Mendeliana me han resultado fáciles					
13	Me gustaría que se continuarán dando las clases de biología de este modo.					
14	Hubiera preferido que estos temas se hubieran impartido de forma tradicional					
15	De todas las actividades la que más me ha gustado ha sido:					
16	La que menos ha sido:					
	Otras observaciones o sugerencias:					