

UNIVERSIDAD DE ALMERIA
ESCUELA INTERNACIONAL DE MÁSTER



**Máster en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y
Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas.**

Curso académico: 2016/2017

**DISEÑO, DESARROLLO Y EVALUACIÓN
DE UNA PROPUESTA DIDÁCTICA PARA
LA ENSEÑANZA DE LA GENÉTICA EN LA
EDUCACIÓN SECUNDARIA**

Nombre de la tutora académica: María Martínez Chico

Especialidad: Biología y Geología

Nombre de la alumna: Francisca Cristina Sánchez López

INTRODUCCIÓN

La genética es uno de los campos de mayor dificultad para el alumnado (Lewis & Wood-Robinson, 2000; Íñiguez & Puigcerver, 2013; Argento, 2013) siendo uno de los principales problemas de la enseñanza de la genética la existencia de múltiples concepciones alternativas o ideas erróneas que tienen los alumnos (Íñiguez & Puigcerver, 2013).

La importancia de la enseñanza de este tema radica en que es una ciencia que da respuesta a muchas de cuestiones de nuestro día a día, además es necesaria para integrar a los individuos en la sociedad debido al desarrollo continuo de los avances científicos y sus aplicaciones. Por otro lado la genética es un tema que presenta mucha controversia social en cuanto a temas éticos relacionados por ejemplo con los transgénicos o la manipulación de embriones o células madre. Considero que es imprescindible animar y educar a los alumnos a que construyan sus conocimientos, ideas u opiniones sobre genética para que puedan dar respuesta a los problemas sociales de una forma fundamentada, científica y objetiva, puesto que la genética está y estará a la orden del día para todos los ciudadanos.

La propuesta didáctica que presento en este TFM es el resultado de una mejora del diseño inicial tras la implementación de ésta, en un grupo de 1º de bachillerato, durante la intervención intensiva de mis prácticas externas y una posterior reflexión y revisión. El diseño consta de dos secuencias que siguen una metodología de enseñanza basada en la indagación (o "IBSE", acrónimo del inglés *Inquiry-Based Science Education*) y que considera las concepciones alternativas del alumnado como pieza clave para el aprendizaje de las ideas científicas.

Inicialmente el tema elegido para la intervención intensiva de mis prácticas externas era la genética molecular, pero durante la búsqueda de concepciones alternativas del alumnado para esta materia, para orientarme al diseñar las secuencias, me di cuenta de que había muchas otras carencias de ideas más básicas en genética que la genética molecular. Debido a esto acordé, junto con mis tutoras, que lo más adecuado podría

ser introducir la genética en el grupo mediante una intervención intensiva con ideas básicas de genética para construir esa base del conocimiento y más tarde facilitar el aprendizaje de temas más complejos.

Debido a la necesidad de unos conocimientos básicos claros de genética, para poder desarrollar los contenidos que se incluyen en el currículo, y que los estudiantes puedan tener unos criterios propios y una visión y formación científica para entender el mundo así como el progreso científico, los objetivos (objetivos generales) del presente TFM han sido:

- Identificar la necesidad de una nueva enseñanza de la genética en secundaria distinta a la tradicional.
- Presentar un diseño fundamentado en una propuesta didáctica sobre genética basada en la indagación.
- Implementar la propuesta en un grupo de secundaria.
- Evaluar la propuesta didáctica y analizar los resultados obtenidos, es decir comprobar la eficacia de la propuesta en lograr los objetivos (objetivos específicos) que se pretendían con la misma, en relación a:
 - La evolución del alumnado en su conocimiento científico.
 - Qué reconocen los alumnos haber aprendido después de la implementación.
 - Qué emociones reconocen los alumnos haber experimentado y qué opiniones tienen del desarrollo de las clases.
- Reflexionar sobre los resultados analizados y presentar unas conclusiones y unas propuestas de mejora para una posible implementación futura de las secuencias diseñadas.

Tomando en cuenta todo lo descrito, la estructura general que sigue este trabajo es la siguiente:

ÍNDICE

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
1.1. ANÁLISIS DEL CURRÍCULO	5
1.2. METODOLOGÍA Y ENFOQUE UTILIZADO	6
1.2.1. CONCEPCIONES ALTERNATIVAS: VISIÓN CONTRUCTIVISTA DEL APRENDIZAJE.....	6
1.2.2. ENSEÑANZA BASADA EN LA INDAGACIÓN Y ENFOQUE IBSE.....	7
2. PROPUESTA DIDÁCTICA	9
2.1. EXPERIENCIA PREVIA Y PROCESO DE DISEÑO	9
2.2. QUÉ QUIERO QUE APRENDAN MIS ALUMNOS	11
2.2.1. CONTENIDOS CIENTÍFICOS CONCEPTUALES	11
2.2.2. CONTENIDOS CIENTÍFICOS PROCEDIMENTALES.....	12
2.3. SECUENCIA DE ACTIVIDADES.....	13
2.4. EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA	28
2.5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	29
2.6. PROPUESTAS DE MEJORA.....	34
3. VALORACIÓN FINAL Y CONCLUSIONES	36
4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
5. ANEXOS.....	40

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. ANÁLISIS DEL CURRÍCULO

Para elaborar cualquier propuesta didáctica enfocada a enseñanza secundaria, como primer paso he realizado una revisión del currículo para analizar los elementos principales relacionados con el tema que pretendo trabajar. Para empezar he consultado el Real Decreto 1105/2014 (MEC, 2014) por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y del Bachillerato. En el currículo de secundaria la genética es tratada en el último curso de la ESO y en los dos cursos de bachillerato, en los tres cursos podría ser aplicable la propuesta didáctica presentada en este TFM.

En el Bachillerato, la materia de Biología y Geología profundiza en los conocimientos adquiridos en la ESO. La materia de Biología y Geología en el Bachillerato permitirá que alumnos y alumnas consoliden los conocimientos y destrezas que les permitan ser ciudadanos y ciudadanas respetuosos consigo mismos, con los demás y con el medio, con el material que utilizan o que está a su disposición, responsables, capaces de tener criterios propios y de mantener el interés por aprender y descubrir (MEC, 2014).

Según el análisis de los contenidos del currículo, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables, respecto al tema de la genética en 1º de bachillerato, es evaluable favorablemente que el alumnado sea capaz de: saber interpretar la célula como una unidad estructural, funcional y genética de los seres vivos; perfilar células procariotas y eucariotas y nombrar sus estructuras; representar esquemáticamente los orgánulos celulares, asociando cada orgánulo con su función o funciones; reconocer y nombrar mediante microfotografías o preparaciones microscópicas células animales y vegetales; describir los acontecimientos fundamentales en cada una de las fases de la mitosis y meiosis y seleccionar las principales analogías y diferencias entre la mitosis y la meiosis.

Siendo consciente de que la finalidad de la enseñanza de las ciencias no ha de reducirse a preparar al alumnado para estudios posteriores, para todos los estándares de aprendizaje evaluables subrayados es necesario una base de genética básica, para afrontar contenidos más densos de genética que se desarrollarán en 2º de bachillerato (donde también podría ser implementada) como son según MEC (2014): ingeniería genética, genética molecular, repercusiones éticas y sociales derivadas de la manipulación genética y estudio de la relación de la genética con el hecho evolutivo.

Tras analizar en primer lugar el currículo de bachillerato debido a que esta propuesta didáctica fue desarrollada en un grupo de 1º también hay que explicar que podría desarrollarse en 4º de la ESO, donde los contenidos según MEC (2014) incluyen mucha genética: ADN y genética molecular, replicación del ADN, concepto de gen, replicación del ADN, código genético, mutaciones, genética mendeliana e ingeniería genética.

1.2. METODOLOGÍA Y ENFOQUE UTILIZADO

1.2.1. CONCEPCIONES ALTERNATIVAS: VISIÓN CONSTRUCTIVISTA DEL APRENDIZAJE

Las personas elaboramos y compartimos en nuestra vida cotidiana concepciones o explicaciones del mundo que nos rodea para darle sentido a nuestros ojos. Utilizamos formas de razonamiento y criterios para producir y aceptar algo como válido que son muy diferentes de los que se utilizan en ciencia, por ello nuestras concepciones no coinciden con las científicas, es decir, son concepciones alternativas a las concepciones científicas (Martínez-Torregrosa, et al., 1993).

La finalidad de la enseñanza de las ciencias es proporcionar explicaciones científicas sobre el mundo que nos rodea por lo que el aprendizaje debe consistir en reconocer cuales son las concepciones alternativas y por qué no coinciden con las científicas y demostrar la utilidad y validez de éstas últimas, lo que exige cambiar nuestra forma de pensar, o dicho de otra forma, exige concebir el aprendizaje de las ciencias desde una visión constructivista.

La identificación de problemas en cualquier ámbito científico permitirá dar una orientación competencial a la enseñanza, por lo que el primer paso del diseño de las secuencias sobre las que he trabajado ha sido realizar un análisis de las concepciones alternativas más frecuentes en alumnos de secundaria, sobre genética, descritas en la literatura (ver apartado 2.2.1.). La idea es que esto permita problematizar la enseñanza produciendo un conflicto cognitivo en los estudiantes que les haga participantes activos en el proceso enseñanza-aprendizaje.

1.2.2. ENSEÑANZA BASADA EN LA INDAGACIÓN Y ENFOQUE IBSE

Como se ha descrito en el apartado anterior los estudiantes usan sus ideas previas, formadas de experiencias diarias, para explicar el mundo o alguna situación nueva planteada. En el camino del aprendizaje los alumnos utilizan estas ideas o concepciones para realizar predicciones sobre un nuevo problema pero es preciso que recopilen pruebas que les permitan contrastar esas ideas previas y aceptarlas o no como válidas. Tanto si la idea previa era correcta como si no, a lo largo del proceso se puede producir un aprendizaje, pero precisamente es necesario que las ideas sean explicitadas y puestas en cuestión si se pretende construir sobre ellas.

Uno de los enfoques más demandados en educación es la enseñanza por indagación, en esta enseñanza se pretende un aprendizaje más autónomo del estudiante y un cambio en las relaciones profesor-alumno para poder aprender en base a las propias ideas, promoviendo una evolución sobre las mismas.

Es totalmente necesario que el alumnado trabaje con sus ideas previas a la hora de abordar un nuevo problema o enseñanza, para lo que se desarrollaran las habilidades típicas en un aprendizaje por indagación: hacerse y abordar preguntas, observar, predecir, comprobar, interpretar, discutir, comunicar, pensar, etc. Además, esta forma de enseñanza hace que el alumnado tenga acceso a ideas diferentes a las suyas que les permitan conocer otros puntos de vista para explicar lo mismo, sometiendo todas las explicaciones y procesos seguidos a crítica, de manera que el trabajo cooperativo y la guía del profesor son totalmente necesarios. A la hora de barajar varias hipótesis es

más interesante que haya muchas ideas previas y diferentes para poder formar una explicación más contundente y además se estará mostrando una visión más realista de la ciencia y el trabajo científico.

La enseñanza por indagación pretende cambiar la imagen de típica clase magistral o del profesor como mero transmisor de los contenidos. Ahora se tiene como objetivo que el aprendizaje sea participativo, donde el alumno juega un rol muy importante y donde sus ideas, explicaciones o hipótesis sean las protagonistas.

Para la enseñanza basada en indagación o método IBSE (acrónimo del inglés *Inquiry-Based Science Education*) existen multitud de interpretaciones pero según el NRC (2000), una definición podría ser esta: “La IBSE coloca a la indagación como práctica científica en el eje de la enseñanza, de manera que los que aprenden se enfrentan con preguntas, comunican y justifican sus explicaciones, dan prioridad a las pruebas y evalúan sus explicaciones a la luz de esas pruebas y de explicaciones científicas”.

A continuación se presenta un esquema del proceso de un aprendizaje por indagación, este esquema es orientativo, flexible y admite modificaciones teniendo en cuenta la forma de trabajar del docente (extraído de Martínez-Chico, et al., 2015):

- **Enfrentarse con cuestiones científicas** sobre fenómenos naturales o tecnológicos, cuya respuesta puede ser confirmada o rechazada mediante pruebas. Hay que preguntar al alumnado sobre temas con los que ellos están familiarizados para que tengan sus propias ideas, explicaciones o modelos sobre ese tema y así poder trabajar en base a esto.
- **Formular explicaciones justificadas**, bien hipótesis que expresan una relación entre variables, o bien modelos que expresan su comprensión de la realidad. Explicaciones en base a sus conocimientos iniciales, ideas que ellos han creado mediante observación del día a día o mediante aprendizajes anteriores o simplemente explicaciones que ellos usan para dar respuesta a la pregunta planteada. Se considera muy importante que los estudiantes den sus ideas sobre la pregunta o problema planteado antes de continuar con el ejercicio para evitar así

- que la indagación sea una serie de actividades o ejercicios manipulables que puede dejar inmutables las concepciones de los alumnos sobre los fenómenos en estudio.
- **Buscar pruebas** que permitan contrastar las explicaciones, considerarlas ciertas o refutarlas, mediante datos obtenidos a través de diseños experimentales propios, la búsqueda de información o la consistencia encontrada en otros conocimientos ya consolidados. Apoyar las explicaciones propias en algo, fundamentar las ideas.
 - **Analizar e interpretar la información y los datos recogidos**, adaptando las explicaciones inicialmente formuladas a la nueva información, mejorando así su validez o utilidad. En esta parte de la indagación se produce la conexión entre hechos y teoría, dando lugar, junto con el uso de pruebas, a evitar que la ciencia deje de ser interpretativa, de este modo se entiende que el conocimiento no es algo fijo, sino algo moldeable que se basa en ideas, modelos, pruebas, etc. Aceptados en un momento concreto debido a una serie de condiciones.
 - **Comunicar e intercambiar ideas**, considerando explicaciones alternativas a las personales y sometiendo a crítica el proceso y conclusiones obtenidas. Según NRC (2000): “compartir explicaciones puede poner en duda o fortalecer las conexiones que los estudiantes han hecho entre las pruebas, el conocimiento científico existente y sus explicaciones propuestas. Como resultado, los estudiantes pueden resolver contradicciones y dar solidez a un argumento con base empírica”.

En todas las partes de este proceso es fundamental la comunicación y diálogo entre grupos de alumnos y entre ellos con el profesor, es necesario *hablar ciencia* y *comunicar ciencia* para pensar y crear ideas como medio para el aprendizaje.

2. PROPUESTA DIDÁCTICA

2.1. EXPERIENCIA PREVIA Y PROCESO DE DISEÑO

La propuesta didáctica que se presenta en este Trabajo Fin de Máster es producto de un diseño gradual iniciado en la asignatura de Aprendizaje y Enseñanza de la Biología y Geología, del módulo específico del máster, y terminado de mejorar tras la primera

implementación durante las prácticas externas. La principal idea del diseño ha sido encontrar una forma de enseñar la genética considerando los conocimientos previos y concepciones del alumnado, siendo coherentes con una visión del aprendizaje constructivista, y utilizando características de la indagación en la propuesta de enseñanza.

Teniendo en cuenta que yo no tenía ningunos conocimientos previos al máster que me ayudaran a diseñar o preparar las clases y gracias a los conocimientos adquiridos durante todos estos meses para poder realizar esta propuesta he seguido un proceso de diseño que me ha llevado unos 4 meses según las siguientes etapas:

1. Análisis de la necesidad de conocimientos de genética del alumnado de 1º de bachillerato.
2. Estudio de las concepciones alternativas o ideas previas de genética, mediante la bibliografía descrita, del alumnado de secundaria.
3. Selección de las ideas clave a trabajar y de las concepciones alternativas asociadas sobre las que centrar mi propuesta.
4. Estudio de las características de un enfoque de enseñanza mediante indagación.
5. Diseño de varios borradores de secuencias basadas en características de indagación que incluyeran las ideas que se querían tratar.
6. Elección final de actividades concretas y exactas para desarrollar en clase.
7. Implementación en clase y toma de notas de todos los puntos que no se estaban desarrollando como se esperaba, ya fuese por cuestiones operativas o por una necesaria revisión del diseño.
8. Detección de errores y posterior periodo de revisión y reflexión ayudado por el aprendizaje y experiencia adquiridos y el análisis de los resultados. En base a esto, la última parte del proceso de diseño ha sido la búsqueda de propuestas de mejora y la corrección de las actividades para poder presentar el diseño final que hay descrito en este TFM.

2.2. QUÉ QUIERO QUE APRENDAN MIS ALUMNOS

2.2.1. CONTENIDOS CIENTÍFICOS CONCEPTUALES

Se seleccionaron seis ideas básicas sobre genética para que los alumnos aprendieran y tuvieran una base para conocimientos futuros complejos:

- Todos los seres vivos están formados por células presentes en todas las partes de su cuerpo.
- Todas las células tienen ADN.
- Concepto y relación de ADN, gen y cromosoma (organización del material genético).
- Ubicación exacta del ADN: núcleo celular.
- Todas las células que forman un individuo contienen la misma información genética.
- Algunas características que presentan los organismos son resultado de la interacción genes-ambiente.

La justificación de la elección de estas ideas como conocimientos básicos de genética, se basa en la necesidad de un conocimiento sobre esta ciencia en la sociedad que cada vez presenta más avances científicos y más temas de mucha controversia para los que son necesarios presentar una opinión crítica, objetiva y fundamentada en el conocimiento científico así como en la inclusión de aspectos relacionados con la genética en el currículum de secundaria. La literatura consultada a la hora de buscar concepciones alternativas en los alumnos sobre esta materia me ha permitido extraer las principales concepciones alternativas descritas en la bibliografía en relación a los contenidos que pretendo trabajar:

- No todos los seres vivos están formados por células (Banet & Ayuso, 1995)
- No todos los seres vivos tienen genes y cromosomas (Wood-Robinson, et al., 1998; Abril, et al., 2002).

- No todos los seres vivos están compuestos por genes y cromosomas; y algunos organismos pueden tener cromosomas, pero no genes (Pashley, 1994; Lewis, et al., 2000)
- Dificultad para relacionar los conceptos de gen, cromosoma y ADN (Iñiguez & Puigcerver, 2001; Caballero, 2008; Abril, et al., 2002).
- Dificultad para conocer la ubicación de los cromosomas (Iñiguez & Puigcerver, 2001).
- La información hereditaria solo se encuentra en las células sexuales (Banet & Ayuso, 2000).
- Los cromosomas sexuales solo se encuentran en los gametos (Ayuso, 2000).
- Problemas para identificar que todas las células llevan la misma información genética (Abril, et al., 2002).
- Un gen da lugar a un fenotipo concreto sin tener en cuenta el ambiente (Mills Shaw, et al., 2008).
- El alumnado de secundaria tiene dificultades para reconocer la interacción entre genes y ambiente (Jiménez-Aleixandre & Puig, 2010).
- El alumnado solo localiza ADN en las zonas reproductivas o sexuales de los seres vivos (Banet & Ayuso, 1995).

2.2.2. CONTENIDOS CIENTÍFICOS PROCEDIMENTALES

Dado que en la enseñanza de las ciencias hemos de tratar de promover el desarrollo de la competencia científica, además de centrarnos en desarrollar conocimiento sobre genética, la propuesta trata de desarrollar otro tipo de conocimiento (también científico) que en muchas ocasiones es obviado, pero que forma parte de la ciencia. Se trata de contenidos de tipo procedimental, que han sido descritos en el apartado 1.2.2., ya que el enfoque de enseñanza por indagación se centra en promoverlos. En la propuesta se trata de incorporar estos contenidos a través de la realización de actividades como: enfrentarse a problemas o preguntas científicas, adelantar hipótesis

o explicaciones y justificarlas, buscar pruebas para contrastar las ideas propias, comunicar ideas y discutir resultados, obtener conclusiones apoyadas en pruebas...

2.3. SECUENCIA DE ACTIVIDADES

A continuación se presenta el diseño de las dos secuencias que han sido implementadas durante mis prácticas externas en un grupo de 1º de bachillerato, he de advertir que este diseño presentado ya ha sido reformulado, de manera que las propuestas de mejoras ya están incorporadas en el mismo (aunque en el apartado 2.6. se especifican más concretamente cuales ha sido).

La propuesta didáctica fue implementada en 6 horas, esto puede ser flexible. Aunque en algunas actividades o partes de las secuencias no se vea un claro enfoque de indagación, puesto que el trabajar siguiendo esta metodología no encorseta de forma estricta ningunas normas, se ha seguido, durante la etapa de diseño inicial y la de mejora, en todo momento que este enfoque estuviera presente.

→ SECUENCIA 1

A1. ¿Dónde crees que se sitúa la información genética o ADN? Coloréalo en el dibujo.

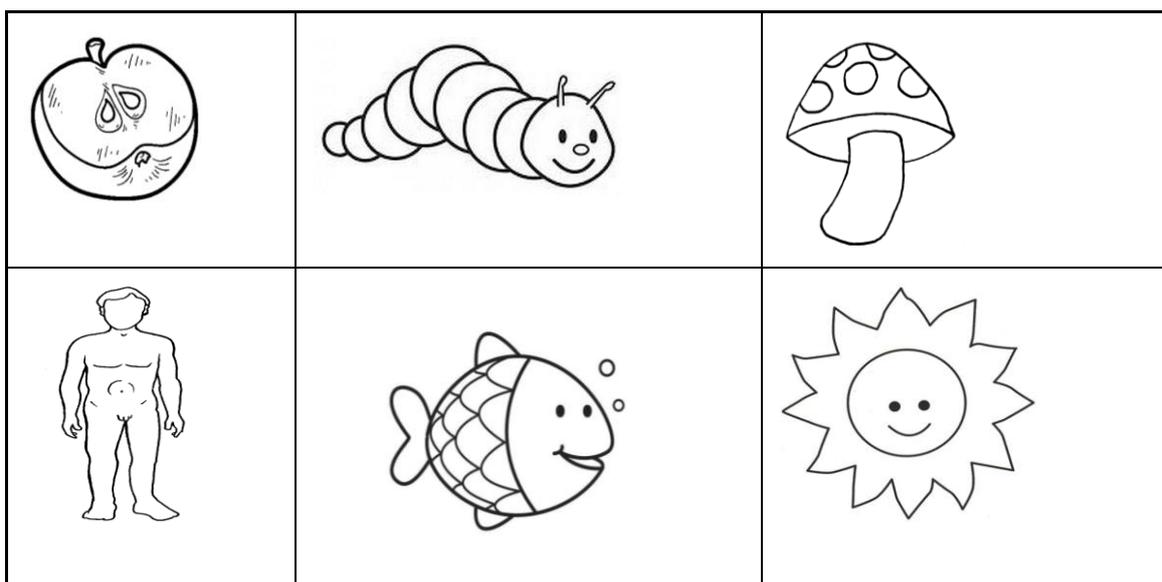


Figura 1. Imágenes presentadas a los alumnos en la actividad 1.

Descripción

Esta actividad empieza con una pregunta, típicas en las secuencias de indagación y se hace individualmente para que no se copien unos de otros y para que no se escape nada de información para el profesor. Una vez esté hecha por cada alumno discutirán en grupo sus resultados para que todos expongan sus ideas y esto anime a argumentar y fundamentar las de otros.

Justificación

Esta tarea está diseñada con el objetivo de que el alumnado reflexione sobre la ubicación del ADN animal y vegetal, que piense si todos los seres vivos lo contienen y si es en todas las partes de su cuerpo.

Qué se espera que suceda

Se espera que el alumnado asocie el ADN más fácilmente a animales que vegetales y que lo asocien a los órganos reproductores tanto animales como vegetales, por ejemplo sólo a las semillas.

A2. a) ¿Podríamos obtener información genética a partir del pelo de vuestro compañero/a?

b) ¿Se os ocurre alguna otra parte de su cuerpo desde la que podríamos obtener información genética?

c) Según el siguiente titular, ¿cómo es posible que se extraiga información genética de un acusado debajo de las uñas de una víctima?



Figura 2. Periódico Deia, obtenido de: <http://www.deia.com/2016/04/08/bizkaia/>

Descripción

Esta actividad se desarrolla en un grupo general de clase o en pequeños grupos en el caso de ser éste muy numeroso. Los alumnos expondrán sus ideas unos a otros.

Justificación

La idea de esta actividad es acercar al alumnado a temas que controlan, gracias principalmente a las series de televisión o películas, para que sepan contestar correctamente y se den cuenta de que se puede obtener ADN de una persona desde cualquier parte de su cuerpo. Es un zoom a una de las partes de la actividad 1. Se hacen uso de preguntas típicas del esquema de indagación y corresponde a una búsqueda de pruebas para comprobar la localización del ADN. Además aparece un artículo de prensa, muy apropiados para ver la conexión clase – mundo real, según la bibliografía (Ricoy, 2005).

Qué se espera que suceda

Se espera que identifiquen que se puede obtener ADN de un pelo y sepan más ejemplos de lugares de donde obtener ADN, al igual que se espera que comprendan que en el apartado c se trata de ADN de la piel.

A3. a) Seguimos comprobando nuestras ideas... ¿Creéis que los plátanos tienen información genética? ¿Dónde?

b) Y si os digo que los plátanos no tienen semillas... ¿Tienen ADN?

c) Vamos a comprobarlo en el laboratorio... Mediante una práctica de extracción de ADN vegetal.

Descripción

Esta actividad se hace en grupo en el laboratorio donde todos exponen ideas unos a los otros y debaten sobre la respuesta correcta. La idea es que pueden creer que los plátanos no tienen ADN al asociar éste a las semillas y los plátanos no tenerlas. Con el apartado c trabajan en el laboratorio, es una búsqueda de pruebas tras haberse

enfrentado a una cuestión científica y haber formulado sus hipótesis. Después de terminarla analizarán los resultados e intercambiarán ideas para reformular o fundamentar sus hipótesis.

Justificación

La actividad 3 es un zoom a la parte de ADN vegetal tratada en la actividad 1, con la idea de aclarar que hay ADN en todos los seres vivos, también vegetales y en todas las partes del cuerpo de un ser vivo ya sea animal o vegetal y con el objetivo indirecto de aprender mediante indagación.

Qué se espera que suceda

A los alumnos les cuesta más asociar el ADN a los vegetales, espero que al principio piensen que sólo hay ADN en las semillas, al saber que el plátano no tiene semillas creerán que entonces no tiene ADN y finalmente comprobarán por ellos mismos que sí tiene ADN.

A4. a) Analizamos los resultados de la actividad anterior... ¿Hay ADN en el plátano? Dibuja lo que ves después de la extracción.

b) ¿Esa maraña es ADN? Entonces... existe el ADN vegetal fuera de las semillas. Hay ADN en los frutos y si hay en una parte de la plata como es el fruto ¿habrá en otras?

c) ¿Cómo se organiza y dónde se encuentra exactamente ese ADN del que estamos hablando y hemos visto? ¿Son hilos? ¿Dentro de algún lugar? ¿Envuelto en algo? ¿Disuelto? ¿Formando marañas sin ningún tipo de estructura?

d) ¿Qué representa cada número en la imagen? ¿Os ayuda a responder a la pregunta del apartado c?

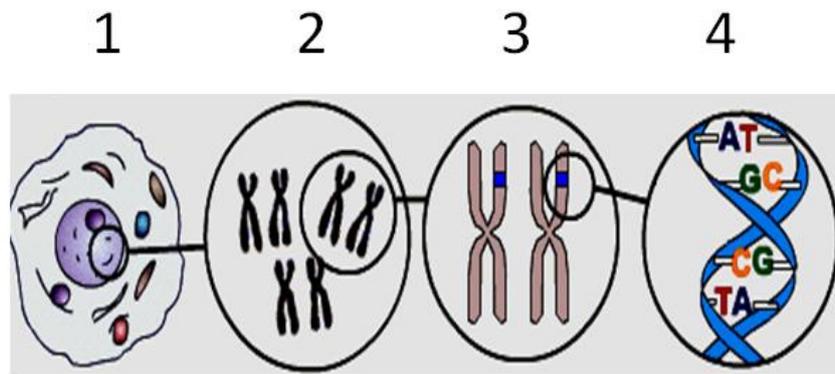


Figura 3. Obtenida y modificada de: <http://www.miguel-a.es/FOLL/X4-GENET.htm>

Descripción

Esta actividad se hace individualmente y tras haber terminado se discute en grupo los resultados. Que dibujen lo que ven es muy importante para que ellos aclaren sus ideas y el docente compruebe que información han recibido. La imagen del apartado d no la verán hasta llegar a esa pregunta.

Justificación

Esta actividad surge con la idea de asentar el conocimiento de que hay ADN en los vegetales y en todas las partes de ellos, al igual que pasa con los animales. También se hace con la idea de que el alumnado tras ver y dibujar una maraña de ADN relacione esa imagen con la estructura y localización del ADN y aprenda los conceptos de ADN, genes y cromosoma y sepan diferenciarlos y relacionarlos, ya que según la literatura consultada hay muchos problemas con eso. Además ayuda a que aprendan o recuerden que la ubicación exacta es el núcleo celular de todas las células del cuerpo de un ser vivo.

Qué se espera que suceda

Se espera que el alumnado reconozca que hay ADN en el plátano y en todas las partes del cuerpo de un vegetal y que tenga muchos problemas para hablar de la organización o estructura de éste aunque sí reconozcan que se localiza en la célula. La imagen del

apartado d puede aclararles algo, pero aún así se espera que cometan fallos de relación o reconocimiento de conceptos.

A5. Hemos visto que hay ADN en animales y vegetales y en todas las partes del cuerpo de éstos, además que tiene una organización concreta y se localiza dentro del núcleo celular.

a) ¿Conocéis alguna célula del cuerpo?

b) ¿Son todas las células de nuestro cuerpo iguales a la vista?

→ Más tarde mostrar la siguiente imagen (Fig. 4) donde puede comprobarse lo diferentes que pueden ser las células:

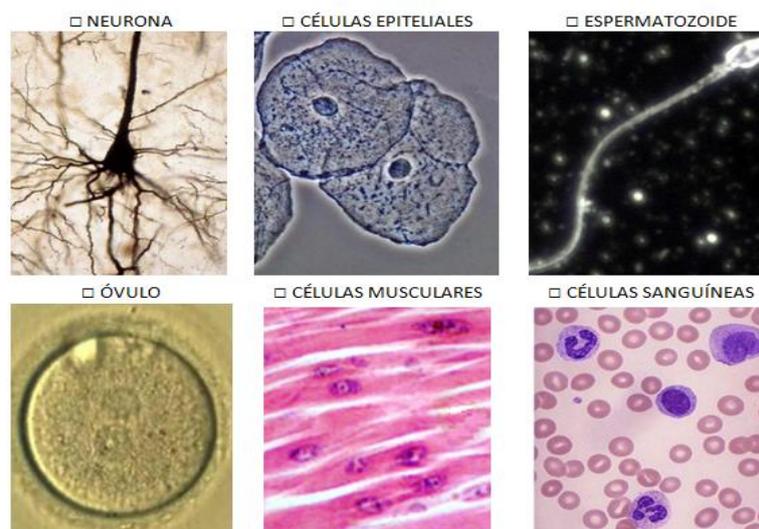


Figura 4. Imagen mostrada al alumnado durante la actividad 5.

c) ¿A qué creéis que se debe?

Descripción

El alumnado responderá en grupo al apartado a y se enfrentará en el apartado b al típico esquema o dibujo de una célula animal de un libro de texto, más tarde pensarán individualmente si todas las células del cuerpo son iguales en concordancia con la imagen que están viendo, y luego lo debatirán en grupo. Una vez respondan y hayan discutido se les muestra la imagen de los distintos tipos celulares (Fig. 4), para que

comprueben que no son iguales todas las células, e individualmente intentaran responder a la pregunta del apartado c, una vez que lo hagan se expondrán en grupos las distintas ideas.

Justificación

Esta actividad surge para mostrar lo diferentes que son las células del cuerpo de un animal a pesar de las imágenes que podemos tener preconcebidas y para empezar a reflexionar sobre a qué se debe estas diferencias mediante un enfoque de indagación.

Qué se espera que suceda

Se espera que el alumnado reconozca todas las células como iguales a causa de la imagen típica que muestra los libros de texto. Al comprobar con la imagen que se les muestra posteriormente lo distintas que pueden ser se espera que lo asocien a que cada célula tiene distinto ADN, el necesario para su función.

A6. ¿Cuáles de las células de la imagen anterior (Fig. 4) contienen información genética hereditaria?

Descripción

Esta actividad se hace de forma individual y más tarde se discuten en grupo los resultados. Se puede aclarar que con información genética hereditaria nos referimos concretamente a cromosomas sexuales.

Justificación

El objetivo de esta actividad es que el alumnado reflexione y muestre cuáles son sus ideas sobre en qué células hay información genética hereditaria.

Qué se espera que suceda

Que únicamente señalen los óvulos y espermatozoides o, en todo caso, también las células sanguíneas por eso del dicho de ‘tenemos la misma sangre’ como relación de

parentesco y herencia. No reconocen fácilmente que todas las células tienen el mismo ADN.

A7. Reconducimos la mirada hacia un ejemplo real y concreto...

a) ¿Habéis visto cómo se hace un test de paternidad? ¿De qué parte del cuerpo se cogen las muestras para el análisis?

b) ¿Cómo es posible que los test de paternidad se hagan con muestras de saliva si la información genética que pasa de padres a hijos se encuentra sólo en los óvulos y espermatozoides?

Descripción

El apartado a se comenta en grupo pero el b se piensa individualmente antes de comenzar un discusión general. Lógicamente el alumnado no puede tener acceso al enunciado del apartado b mientras hacen el a para que no les de ideas. Es necesario aclarar que las células que hay en la saliva son epiteliales, de revestimiento y que la saliva no tiene células propias.

Justificación

Aunque realmente en un test de paternidad se analizan otros marcadores genéticos que nada tienen que ver con los cromosomas sexuales a nivel de secundaria esta actividad sirve para poder comprobar con un ejemplo real que se puede obtener cualquier información de cualquier célula del cuerpo, por lo que llevará a entender que todas tienen el mismo ADN aunque expresen (usen) genes distintos. Esta actividad es una recopilación de pruebas.

Qué se espera que suceda

Que el alumnado sepa cómo funciona un test de paternidad y que gracias a la televisión conozca que una forma rápida de hacer el test es con saliva. En el apartado b se espera que el alumnado entienda rápidamente que información genética hereditaria tiene cualquier célula (porque si no fuera así para un test de paternidad

usarían solo espermatozoides y óvulos, según su idea de análisis de paternidad) y que, por ende, todas las células de un individuo tienen el mismo ADN.

A8. Aplicamos lo aprendido...

Un ganadero gallego, Eduardo, tiene una pareja de perros de raza Collie que han tenido 5 crías, estos perros son muy preciados para él y para su trabajo por lo que pretende cuidarlos y protegerlos mucho. Una noche una de las crías se escapó de la finca donde se encontraba.

A los 2 meses un lugareño avisó al SEPRONA (Servicio de protección de la Naturaleza de la Guardia Civil) de la presencia del cuerpo de una cría de perro fallecida en las inmediaciones de uno de sus terrenos. Ahora el SEPRONA debe identificar si el cuerpo pertenece al perro de Eduardo.

a) ¿De qué parte del cuerpo del animal puede coger la Guardia Civil muestras para encontrar y analizar su ADN en el laboratorio?

Es trabajo también de la Guardia Civil encontrar a qué se debe la causa de la muerte, y por la zona han localizado una planta que no es habitual en la región ni en el país y piensan que podría ser venenosa y ser ésta la causa del fallecimiento de la cría. Para poder identificar a la planta correctamente y ver si se trata de una planta venenosa para perros deben analizar su ADN...

b) ¿Podríamos realizar la prueba de ADN a la planta encontrada?

c) ¿Qué parte de la planta se puede tomar muestra para encontrar ADN? ¿Las hojas, tallo, raíz, flores...?

Descripción

Esta actividad se responde individualmente para que el docente pueda claramente comprobar cuáles son los conocimientos a nivel de alumno absorbidos después de todas las actividades anteriores y una vez hecha se corrige en grupo para debatir e intercambiar ideas.

Justificación

La idea de esta actividad es que el alumnado aplique los conocimientos aprendidos a casos que podrían ser reales: todas las células de cualquier parte de un ser vivo tienen la misma información genética y todos los seres vivos tienen ADN.

Qué se espera que suceda

Que el alumnado no tenga ningún problema en contestar de forma correcta. Puede que el alumnado responda en el apartado a y c que de las partes que no estén en mal estado, lo ideal sería aclarar que hay que imaginar que todas las partes del animal y planta se encuentran en un estado favorable.

A9. Aplicamos lo aprendido...

Escribe SÍ o NO donde corresponda. ¿Qué elementos genéticos presenta cada célula?

	Información genética o ADN	Cromosomas	Información hereditaria o cromosomas sexuales	Genes
Glóbulo rojo				
Células del hígado de un pez cebra				
Espermatozoide				
Células de los pétalos de una margarita				
Células de la raíz de la planta de la patata				
Células de la piel				
Células del corazón				

Figura 5. Tabla proporcionada a los alumnos en la actividad 9.

Descripción

Esta actividad se hace individualmente y una vez finalizada se corrige en grupo.

Justificación

Se pretende que el alumnado aplique los conocimientos aprendidos: todas las células tienen ADN, el ADN de todas las células se organiza en genes y cromosomas, y todas las células de un mismo individuo presentan la misma información genética.

Qué se espera que suceda

A estas alturas la idea es que el alumnado no tenga ningún problema en contestar correctamente marcando SÍ en todas las casillas.

→ SECUENCIA 2

A10. a) ¿Todas las abejas de una colmena son iguales?

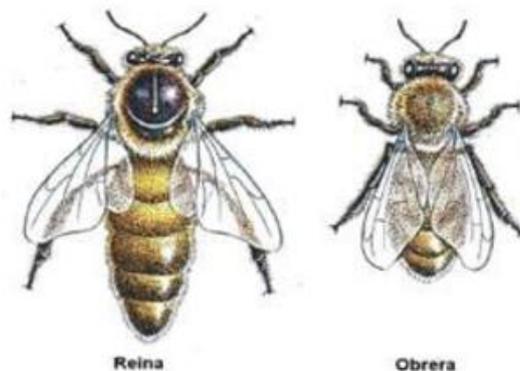


Figura 6. Obtenida y modificada de: <http://blog.mumumio.com/> Publicada 23/10/16

b) Y en cuanto a trabajo... ¿Hacen las mismas tareas las reinas y las obreras?

c) ¿Cómo se forma una 'familia o colmena de abejas?

d) Entonces... ¿Cómo son genéticamente la abeja reina y las obreras?

e) ¿Cómo es posible que si son genéticamente iguales sean a su vez tan diferentes físicamente y en lo que a tareas respecta dentro de una colmena?

Descripción

Esta actividad se hace de forma grupal en clase, se van respondiendo todos los apartados de forma conjunta para ver las ideas que presentan los alumnos y poder guiarlos y ayudarlos con algunas indicaciones del profesor. Además lo ideal es que vayan viendo las preguntas una por una, para que la siguiente no les dé información de lo que están respondiendo en ese momento.

Justificación

La idea de esta actividad es introducirles el conocimiento de que algunos individuos exactamente idénticos genéticamente no son iguales ni físicamente ni en otros factores, debe haber 'algo más' que influya en cómo somos o como son los seres vivos.

Qué se espera que suceda

Que reconozcan diferencias entre ambas abejas pero que no sepan que son genéticamente iguales ni por qué ocurre esto, mucho menos sabrán darle una explicación clara a como son tan distintas si son genéticamente iguales.

A11. a) ¿Conocéis ejemplos de personas con la misma información genética?

b) ¿Es posible que los hermanos gemelos que tienen la misma información genética sean distintos físicamente?



Figura 7. Obtenida y modificada de: <http://listas.20minutos.es> Publicada 9/01/12

c) ¿A qué creéis que es debido? ¿Qué ha podido influir en ellas para que existan diferencias en estas hermanas?

d) ¿Veis alguna posible similitud en este caso y en el de las abejas?

Descripción

Esta actividad se hace a continuación del caso de las abejas con idea de ayudar a las hipótesis del alumnado. Se sigue haciendo en grupo y en el apartado b después de exponer todas sus respuestas y discutir sobre las pregunta se les muestra la imagen de las gemelas con mucha diferencia física.

Justificación

La idea de esta actividad es ayudar a la reflexión que plantea la actividad 10 y proponer otro ejemplo similar para que sus ideas sigan aflorando.

Qué se espera que suceda

Se espera que conozcan casos de personas de mismo ADN (gemelos de mismo ADN) pero que piensen que son iguales o casi iguales físicamente y al ver la imagen la explicación más probable que den sea la alimentación. Después de esto la similitud que pueden ver con el caso de las abejas es que efectivamente la comida influye en diferenciar dos individuos genéticamente iguales y puede que en esta actividad ya nombren el factor ambiente como causante de estas diferencias.

A12. (Modificada a partir de: Puig, et al, 2012) a) ¿Os resultan familiares estas imágenes? ¿Qué os llama la atención de ellas?



Figura 8. Obtenida de <http://www.abc.es> publicada 14/08/12



Figura 9. Obtenida de <http://abcblogs.abc.es> publicada 06/08/12

b) ¿Cómo explicarías los logros en atletismo de los corredores negros? ¿Qué explicaciones puedes encontrar?

Descripción

La primera pregunta se hace en grupo general en clase y para el apartado b se deja a los alumnos unos minutos pensar su respuesta para más tarde discutir en grupo todas las ideas. Tras la exposición de ideas del alumnado que serán de todo tipo y tras un tiempo de discusión el profesor puede ir mostrando diferentes pruebas a favor de las ideas que se decanten por la influencia del factor genes y pruebas a favor de las ideas que se decanten por la influencia del factor ambiente. La idea es ir guiando la clase sobre las respuestas de los alumnos sin dar información extra y una vez hayan aparecido las repuestas que nombran los genes y el ambiente ayudar a sus pensamientos con pruebas.

Se espera que el alumnado reconozca antes el factor genes por lo que en ese momento lo ideal sería tratar un tema como el de Mo Farah y su hermano gemelo (idéntico ADN) separados de pequeños y criados uno en Inglaterra y otro en Somalia. Aquí se les puede preguntar a los alumnos porqué teniendo los mismos genes uno es un atleta mundialmente conocido y el otro no, después de esto reconocerán o emperezaran a pensar sobre la influencia del factor ambiente. También se les puede mostrar en los casos a favor de los genes por ejemplo la publicación de *Nature*

(Enríquez & Gullans, 2012) que decía que: “La mitad de los atletas euroasiáticos y el 85% de los africanos cuenta con al menos una copia del alelo 577R, una variante del gen ACTN3 que produce una proteína que favorece la contracción rápida muscular”.

Justificación

Esta actividad se propone como ejemplo real de una situación donde existe interacción genes-ambiente y donde ambos factores están involucrados.

Qué se espera que suceda

Se espera que el alumnado haga hipótesis a favor del ambiente como a favor de los genes, con las pruebas que se les pueden ir mostrando y las explicaciones guiadas del docente así como la discusión en grupo podrán comprobar que ambos factores están relacionados. Es posible que reconozcan más fácilmente el factor genes por el caso de las diferencias genéticas del gen ACTN3 que suele ser conocido aunque también factores ambientales como el entrenamiento son tenidos en cuenta.

A13. Aplicamos lo aprendido... (Modificada a partir de: Puig, et al, 2012) a) ¿Creéis que somos más altos que nuestros abuelos o bisabuelos?

b) ¿A qué puede deberse? ¿Qué explicaciones se os ocurren?

Año	1935	1980	2005
Estatura media	1.63 m	1.70 m	1.75 m

Figura 10. Datos de Rafael Rojo, Universidad de Santiago de Compostela. Cambios en la estatura media de varones en Galicia.

Descripción

Esta actividad se hace de forma individual para que los alumnos no se copien unos de los resultados de otros, después de hacerla se exponen en grupo las ideas y se intercambian opiniones. Es bueno aclarar que estos datos no se deben a evolución de la especie humana, puesto que la evolución no es visible en estos tramos de tiempo y esto puede causar alguna confusión.

Justificación

La idea de esta actividad es que los alumnos apliquen lo aprendido y sean capaces de dar una explicación científica a una cuestión real haciendo uso de la idea de que el ambiente influye en como somos.

Qué se espera que suceda

Se espera que después de todo lo trabajado el alumnado reconozca correctamente la actividad del ambiente en estos cambios de altura: sanidad, alimentación, mejor calidad de vida, etc.

2.4. EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

Los resultados de la evaluación de la propuesta que se muestran a continuación son los obtenidos al implementar el diseño realizado en el centro educativo en el que realicé mi intervención intensiva, La Salle Virgen del Mar, donde el alumnado procede de familias normalmente estructuradas de clase social media-alta, lo que hace que el desarrollo de las clases sea normal y tranquilo sin muchos problemas de disciplina, absentismo, etc. Y donde el alumnado está acostumbrado a seguir nuevas metodologías de enseñanza.

Tanto la evaluación como el análisis de los resultados que se van a mostrar corresponden a las secuencias que se implementaron, no al diseño que hay descrito en el apartado anterior (que ya tienen incorporadas las mejoras) aún así son ilustrativos del efecto de la propuesta ya que las actividades, en mayor o menor medida, son bastante similares y están dirigidas a los mismos objetivos.

Los aspectos a evaluar han sido:

- La evolución del alumnado en su conocimiento científico

Ideas evaluadas	Actividades
Todos los seres vivos están formados por células presentes en todas las partes de su cuerpo y que todas estas tienen ADN	1 en comparación con 8 y 9
Concepto y la relación entre ADN, gen y cromosoma, ubicación y organización del material genético	4 en comparación con 9
Todas las células que forman un individuo contienen la misma información genética	5, 6 en comparación con 8 y 9
Algunas características que presentan los organismos son el resultado de la interacción genes-ambiente	10, 11, 12 y 13

Figura 11. Cuadro explicativo de la metodología seguida para evaluar la evolución del alumnado en su conocimiento científico.

Las actividades 2, 3 y 7 no han servido como evaluación pero sí como búsqueda de pruebas intermediarias para crear conocimiento y poder seguir la secuencia de una forma lógica.

Se recogieron las respuestas individuales de cada alumno respecto a cada actividad mediante hojas de tareas que se les proporcionaron.

- Qué reconocen los alumnos haber aprendido después de la implementación mediante un cuestionario anónimo final KPSI (acrónimo del inglés *Knowledge and Prior Study Inventory*) (Anexo 1).
- Qué emociones reconocen los alumnos haber experimentado y qué opiniones tienen del desarrollo de las clases mediante un cuestionario anónimo final (Anexo 1).

2.5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

- ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DEL ALUMNADO EN SU CONOCIMIENTO CIENTÍFICO
 - Análisis de aprendizaje de la idea: *Todos los seres vivos están formados por células presentes en todas las partes de su cuerpo y todas estas tienen ADN.*

Al empezar a tratar esta idea es muy destacable que durante la primera actividad 18 alumnos de los 25 de la clase colorearon el ADN en el dibujo de la manzana solamente en las semillas, asociándolo únicamente a la zona reproductora; al igual pasa con la seta, 10 de los 25 colorean sólo el tallo y la zona de las esporas, lo que ellos asociaron a reproducción. El ADN de los animales si lo reconocen con más facilidad, aunque en algunos de los dibujos animales no colorean todas las partes y también reconocen, a excepción de dos alumnos, que sólo hay ADN en los seres vivos y que por tanto el sol no debe ser coloreado.

En contraposición al final de la secuencia en la actividad 9 todos los alumnos reconocieron que hay ADN en todas las células nombradas y en la actividad 8 todos los alumnos (100% de la clase) reconocen que los animales y vegetales tienen ADN y no muestran ningún problema de comprensión en que éste se presenta en todas las partes del cuerpo del ser vivo.

- Análisis de aprendizaje de la idea: *Concepto y la relación entre ADN, gen y cromosoma, ubicación y organización del material genético.*

En la actividad 4, es decir, al inicio de la enseñanza de esta idea, el 100% de la clase supo situar el ADN de las células eucariotas en el núcleo de la célula pero tiene problemas para asociar la palabra genes y cromosomas a la organización del material genético y si lo hacen lo hacen de una forma equívoca sólo porque algo 'les suena'. Con la imagen que aparece en el apartado d de la actividad 4 (Fig. 3) el alumnado se orienta mejor hacia la respuesta de cómo se organiza el ADN aunque confunden los conceptos de genes y cromosomas y no saben la relación entre ellos y el ADN. Todos reconocieron que la imagen les aclaró sus ideas.

Tras la implementación de la secuencia, en la actividad de aplicación de lo aprendido, número 9, reconocen (100% de la clase) que los genes y los cromosomas están presentes en todas las células por lo que lo asocian claramente siempre al ADN y no a elementos genéticos que aparecen en ocasiones en los seres vivos.

- Análisis de aprendizaje de la idea: *Todas las células que forman un individuo contiene la misma información genética.*

Cuando se empezó a trabajar esta idea, en la actividad 5 muchos alumnos pensaban que sí, que todas las células del cuerpo eran iguales pero que tenían funciones distintas. Sólo un grupo de seis decía que nuestras células no eran todas iguales físicamente, al ver la imagen que les mostré donde se puede ver lo diferentes que son nuestras células (Fig. 4) todos cayeron en que evidentemente son muy distintas. Cuando pregunté a qué creían que se debía estas diferencias todos los grupos de la clase me dijeron que cada tipo celular tiene unos genes y un ADN distinto, por eso son distintas. Antes de terminar la actividad dos alumnos de la clase me dijeron que todas las células tenían que tener el mismo ADN pero que entonces no entendían que pasaba y como eran tan distintas.

Además en la actividad 6, que se hacía individual, 15 de los 25 alumnos respondieron que los óvulos y los espermatozoides eran los que tenían información genética hereditaria, 6 de éstos 15 señalan también las células sanguíneas y el resto de la clase, 10 alumnos, responden que todas las células presentaban esta información. Por lo que el concepto de mismo ADN para todas las células de un mismo individuo es algo que no tenían claro.

En las actividades de aplicación de lo aprendido ya se ve claramente como casi todos los alumnos tiene clara esta idea, en la actividad 8 el 92% de la clase responde correctamente diciendo que da igual la parte del animal de la que cojas la muestra ya que todas las células tienen el mismo ADN y el 88% de la clase entiende también que todas las células de la planta tienen la misma información genética.

Y además en la actividad 9, 22 de los 25 alumnos (88% de la clase) reconocieron que hay información genética hereditaria o cromosomas sexuales en todas las células que les puse, por lo que saben que todas las células de un individuo presentan el mismo ADN.

- Análisis de aprendizaje de la idea: *Algunas características que presentan los organismos son el resultado de la interacción genes-ambiente.*

Cuando empezamos a trabajar esta idea en la actividad 10 noté que a muchos alumnos les costaba reconocer que individuos genéticamente iguales fuesen físicamente diferentes, sólo pensaban en que somos como somos gracias a los genes y no podían pensar en otros factores.

Durante la siguiente actividad, la número 11, todos los alumnos me dijeron que conocían el caso de los gemelos de idéntico ADN y todos creían que los gemelos eran muy parecidos físicamente, al ver la foto que les mostré (Fig. 7), y al plantearles a qué podía deberse que fueran tan diferentes y si veían similitudes con el caso de las abejas empezaron a sacar a la luz algunas de las ideas que tenían y tras un rato de discusión apareció la influencia del ambiente (de la comida) como una posible causa y hablaron de cómo el ambiente puede influir en cómo somos los individuos.

Una vez en la actividad 12 todos los alumnos estuvieron de acuerdo en que les llamaba la atención de la imagen, y de las competiciones que veían en la tele o en internet, que siempre los corredores o velocistas de color negro son los mejores. Las ideas que me dieron como posibles explicaciones de estos logros, tras un rato de discusión, englobaban los genes (proteína ACTN3, la conocían; evolución, etc.) y entrenamiento, al preguntarles de que otra forma podríamos llamar al entrenamiento me dijeron que ambiente, ya tratamos a este factor como tal en la actividad 11. Las respuestas exactas que me dieron fueron:

Evolución por selección natural, en África sus antepasados tenían que correr de depredadores → 3 alumnos, a la genética → 15 alumnos, genética y ambiente → 6 alumnos, ambiente → 1 alumno.

Tras ver las pruebas a favor del ambiente y de los genes que les mostré el alumnado a la par que íbamos aceptando la veracidad de éstas para fundamentar nuestras ideas toda la clase tuvo claro que ese éxito en el atletismo es resultado de una interacción de ambos factores: genes más ambiente.

Al evaluar todo lo aprendido de la influencia del ambiente en los seres vivos, en la actividad 13, toda la clase respondió que somos más altos que nuestros abuelos y todos (100% de los alumnos) lo asocian a causas ambientales resumiéndolas en lo siguiente: mejora en la alimentación → 21 alumnos, entorno en el que vivimos actualmente → 10 alumnos, mejora económica → 2 alumnos, modo de vida → 8 alumnos.

- ANÁLISIS DE QUÉ RECONOCEN LOS ALUMNOS HABER APRENDIDO DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN

El análisis del cuestionario anónimo final o KPSI (Anexo 1) muestra que todos los alumnos manifiestan una evolución positiva en sus conocimientos y consideran que adquirieron de forma correcta todas las ideas (a excepción de tres alumnos que no aprendieron bien una de ellas). Para mostrar de una forma visual los resultados exactos obtenidos con el KPSI he presentado sus respuestas en la siguiente tabla (los números indican cuantos de los 25 alumnos marcaron cada casilla):

	ANTES DE ESTAS CLASES...			DESPUÉS DE ESTAS CLASES...		
	No sabía nada	Me sonaba algo	Lo sabía bien	No sé nada	Me suena algo	Lo sé bien
Todos los seres vivos están formados por células	1	7	17			25
Todas las células tienen ADN	10	12	3			25
Concepto y relación de ADN, Gen y Cromosoma (organización del material genético)	5	13	7		3	22
Ubicación exacta material genético o ADN	8	13	4			25
Todas las células que forman un individuo contienen la misma información genética	8	12	5			25
Algunas características que presentan los organismos son resultado de la interacción genes-ambiente	10	14	1			25

Figura 12. Resultados obtenidos sobre qué reconocen los alumnos haber aprendido después de la implementación.

- ANÁLISIS DE QUÉ EMOCIONES RECONOCEN LOS ALUMNOS HABER EXPERIMENTADO Y QUÉ OPINIONES TIENEN DEL DESARROLLO DE LAS CLASES

En cuanto a las emociones el alumnado reconoce generalmente emociones positivas durante estas sesiones de clase. Según muestra la literatura las emociones están muy involucradas a la hora de asimilar nuevas ideas. Las emociones positivas favorecen la integración de conocimientos mientras que los estados de ánimo negativos agobian y limitan al cerebro coartando la capacidad de aprendizaje (Fredrickson, 2001). La siguiente gráfica muestra los resultados exactos:

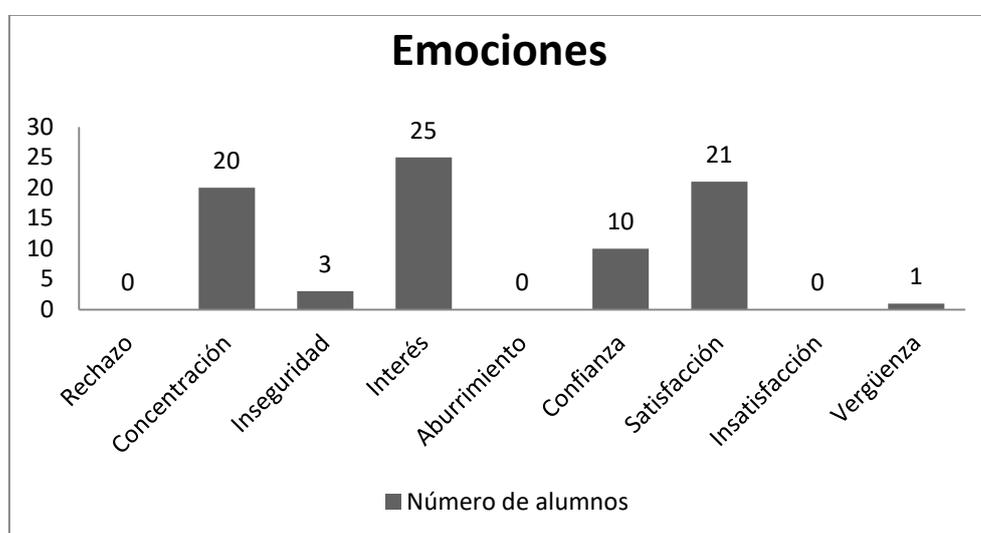


Figura 13. Gráfica de las emociones sentidas por los alumnos durante las clases.

Según el cuestionario anónimo final (Anexo 1) y gracias a sus comentarios pude comprobar que el alumnado expresa una gran acogida de la sesión y de este método de enseñanza.

2.6. PROPUESTAS DE MEJORA

Tras la implementación del diseño inicial, además de cuestiones operativas que indicaban la necesidad de reformular algunas actividades, y del análisis de los resultados obtenidos, una reflexión posterior me llevó a identificar propuestas de mejora, que, aunque ya han sido incorporadas en el diseño, concreto a continuación:

- Mejora en la redacción de los enunciados de las actividades para una más clara comprensión y un mejor enlace se las actividades para dar formato de secuencia, por ejemplo en el enunciado de la actividad 4, 5 y 11.
- Adecuar más los verbos utilizados en el enunciado de las tareas para que no haya lugar a confusión ejemplo: deber/poder (actividad 8).
- Estudiar por igual la genética de las plantas y de los animales para poder aplicar un zoom general a todos los seres vivos (actividad 3).
- Introducir más preguntas para que los alumnos mismos sean los que dan lugar a la continuación de las actividades con sus respuestas y no dar información de manera gratuita. Por ejemplo en la actividad 11 en lugar de “decirles” directamente que los gemelos son ejemplos de personas con el mismo ADN preguntarles si conocen personas con la misma información genética. O antes de decirles o mostrarles las diferencias físicas entre las células del cuerpo humano preguntarles si las reconocen como iguales (a causa de los libros de texto) o no (actividad 5).
- Introducir que el alumno dibuje lo que ve en el laboratorio (extracción del ADN, actividad 4) para poder de esta forma observar más claramente sus representaciones y que estas sean de utilidad para organizar su conocimiento, en concreto lo que se trabajará en la actividad siguiente de organización y ubicación del material genético.
- Favorecer mucho más el pensamiento individual (previo a la puesta en común en grupo/gran grupo) para que los alumnos no se copien de las respuestas de otros. Aplicable a todas las actividades de reflexión.
- No hablar de actividades de evaluación sino hacerles ver que son actividades de aplicación de lo aprendido. Que pueden hacer sin problema y de una forma correcta. Aplicable a actividades 8, 9 y 13.
- Modificar las actividades (actividad 4 y 9) para hacer hincapié en los conceptos que más problemas les causó a los alumnos como diferenciar: ADN, genes y cromosomas y entender su relación, en vista de los resultados obtenidos en el KPSI.

- Enlazar y/o dar entidad propia a actividades concretas, según su finalidad y lo que harán los alumnos en ellas. Ejemplo recopilar pruebas para contrasta hipótesis, esto es importante para que sean conscientes de esta otra actividad científica. Aplicable a las actividades 2, 3 y 7.
- Modificar el cuestionario de emociones para poder analizar mejor los resultados. El alumnado siente emociones positivas y negativas como podemos comprobar en los resultados obtenidos, no podemos obligarles a “no sentir”, pero sí ayudaría al docente a entender estos resultados el saber qué sienten y cuándo lo sienten, en qué momento o en qué actividad concreto. Por ejemplo sería lógico pensar que emociones como la inseguridad son probables en las actividades iniciales, donde aún no se han trabajado los contenidos.

3. VALORACIÓN FINAL Y CONCLUSIONES

En este trabajo Fin de Máster se pretendían abordar varios objetivos resumiéndolos en la necesidad de una nueva enseñanza de la genética en la educación secundaria, para lo cual se presenta una propuesta didáctica basada en la indagación que ha sido implementada en un grupo de 1º de bachillerato y además mejorada tras la posterior revisión y reflexión, teniendo también en cuenta los resultados obtenidos en un proceso de evaluación.

Centrándome en la experiencia vivida durante toda mi vida como estudiante, más concretamente, durante este curso y en especial durante mi intervención intensiva, he de decir que, según mi criterio, no existe un método infalible de enseñanza de las ciencias válido para todo el mundo por igual. Pero sí es cierto que enfoques de enseñanza como la indagación o la consideración de las concepciones alternativas para desarrollar propuestas que promuevan la construcción de conocimiento a partir de éstas funcionan y dan buenos resultados.

Tras el análisis del desarrollo de las clases en las que se llevó a cabo esta propuesta didáctica se puede apreciar que esta otra forma de enseñar la genética puede resultar muy eficaz, ya que a nivel de secundaria hay identificado un déficit de conocimientos básicos como los tratados en este TFM, así como la persistencia de concepciones alternativas y mientras que al inicio de las secuencias algunos alumnos muestran no saber de forma correcta estas ideas básicas, en las actividades finales de las secuencias se puede observar que han adquirido toda la información que se les pretendía enseñar.

El siguiente paso podría ser comprobar que esos resultados se mantienen en el tiempo, para lo que habría que evaluar dentro de unos meses o incluso años el recuerdo de los mismos alumnos sobre los contenidos trabajados. Aún así mi percepción, apoyada por los resultados obtenidos y por todas las horas que he pasado con esos alumnos, es que las ideas que quería transmitir ya están aprendidas y adquiridas de forma correcta. Además de estas ideas de tipo conceptual también experimentaron una forma “diferente” de aprender. Soy consciente de que además el alumnado disfrutó y se sintió motivado en todo momento, sin mencionar, lo importante que es todo esto para facilitar una asimilación de conocimientos. Según los comentarios y opiniones que incorporaron en el cuestionario anónimo final los alumnos se mostraron claramente satisfechos con este enfoque de enseñanza y reconocieron una evolución muy positiva en su conocimiento, siendo conscientes de lo aprendido, lo que nos permite concluir que todos los objetivos se han alcanzado de una forma eficaz.

He de reconocer que puede resultar complicado enseñar cualquier tema siguiendo un enfoque por indagación en sentido estricto ya que el diseño de estas propuestas es complejo y requiere para el docente de mucho tiempo, preparación y dedicación. No obstante, sí que es posible incorporar en nuestro quehacer diario como docentes características concretas de estos enfoques de enseñanza.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abril, A.M., Muela, F.J., & Quijano, R. (2002). Herencia y genética: concepciones y conocimientos de los alumnos (1ª fase). Recuperado de: <http://apice.webs.ull.es/pdf/146-050.pdf>
- Argento, D. (2013). *Estudio exploratorio sobre preconcepciones en el área de la genética en alumnos de secundaria italianos y españoles*. Trabajo Fin de Máster (Directora: Lourdes Jiménez Taracido). Universidad internacional de La Rioja.
- Ayuso, E. (2000). *La enseñanza de la Herencia Biológica y la Evolución de los seres vivos. Fundamentación, planificación y evaluación de una propuesta didáctica para la Educación Secundaria Obligatoria*. Tesis doctoral. Universidad de Murcia.
- Banet, E., & Ayuso, E. (1995). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: I. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (2), 137-153.
- Banet, E., & Ayuso, E. (2000). Teaching Genetics at Secondary School: A Strategy for Teaching about the Location of Inheritance Information. *Science Education*, 84, 313-351.
- Caballero, M. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de las Ciencias*, 26 (2), 227-243.
- Enríquez, J. & Gullans, S. (2012). Olympics: Genetically enhanced Olympics are coming. *Nature*, 487 (297).
- Fredrickson, B.L. (2001). The role of positive emotion in positive psychology: The broaden and build theory of positive emotion. *American Psychologist*, 56, 218-226.

- Íñiguez F.J., & Puigcerver, M. (2001). ¿Qué opinan los alumnos sobre la ubicación de los cromosomas? *Enseñanza de las Ciencias*, núm. Extra, 31-32.
- Íñiguez F.J., & 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), 307-327.
- Jiménez-Aleixandre, M.P. & Puig, B. (2010). Argumentación y evaluación de explicaciones causales en ciencias: el caso de la inteligencia. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 63, 11-18.
- Lewis, J., Leach J., & 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.
- Martínez-Chico, M., Jiménez Liso, M. R. & López-Gay, R. (2015). Efecto de un programa formativo para enseñar ciencias por indagación basada en modelos en las concepciones didácticas de los futuros maestros. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12, 149-166.
- Martínez-Torregrosa, J., Doménech, J.L. & Verdú, R. (1993). Del derribo de ideas al levantamiento de puentes: la epistemología de la ciencia como criterio organizador de la enseñanza en las ciencias física y química. *Curriculum*, 6(7), 67-89.
- MEC (2014). *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 núm. 3 de enero de 2015).
- Mills Shaw, K.R., Van Horne, K., Zhang, H. & Boughman, J. (2008). Essay contest reveals misconceptions of high school students in genetics content. *Genetics*, 178(3), 1157-1168.

National Research Council (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. National Academy Press, Washington, DC.

Pashley, M. (1994). A chromosome model. *Journal of Biological Education*, 28(3), 157-161.

Puig, B., Bravo, B. & Jiménez-Aleixandre, M.P. (2012). Argumentación en el aula: dos unidades didácticas. Recuperado de: www.rodausc.eu

Ricoy, M.C. (2005). La prensa como recurso educativo. Complejidad y pertinencia de su uso en la educación de adultos. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 10 (024), 125-163.

Wood-Robinson, C., Lewis, J., Leach, J., & Driver, R. (1998). Genética y formación científica: resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre los programas escolares y la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), 43-61.

5. ANEXOS

ANEXO 1: Cuestionario anónimo final – KPSI, emociones y comentarios.

QUÉ HAS APRENDIDO...	ANTES DE ESTAS CLASES...			DESPUÉS DE ESTAS CLASES...		
	No sabía nada	Me sonaba algo	Lo sabía bien	No sé nada	Me suena algo	Lo sé bien
Todos los seres vivos están formados por células						
Todas las células tienen ADN						
Concepto y relación de ADN, Gen y Cromosoma (organización del material genético)						
Ubicación exacta material genético o ADN						
Todas las células que forman un individuo contienen la misma información genética						

Algunas características que presentan los organismos son resultado de la interacción genes-ambiente						
---	--	--	--	--	--	--

CÓMO TE HAS SENTIDO...



RECHAZO



CONCENTRACIÓN



INSEGURIDAD



INTERÉS



ABURRIMIENTO



CONFIANZA



SATISFACCIÓN



INSATISFACCIÓN



VERGÜENZA

COMENTARIOS: