



# Universidad Internacional de La Rioja

## Facultad de Educación

Máster Universitario en Formación del Profesorado de  
Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación  
Profesional y Enseñanzas de Idiomas

**La investigación-acción aplicada en la  
asignatura de Biología y Geología de 4º  
ESO y la enseñanza de la célula y el ADN**

|                         |                            |
|-------------------------|----------------------------|
| <b>Presentado por:</b>  | Patricia Jové Martín       |
| <b>Tipo de trabajo:</b> | Propuestas de Intervención |
| <b>Especialidad:</b>    | Biología y geología        |
| <b>Director/a:</b>      | Beatrix Molinuevo Salces   |
| <b>Fecha:</b>           | 21/05/2021                 |

## Resumen

El uso de experimentos didácticos permite aprovechar los beneficios educativos que implica esta técnica como el incremento de la motivación de los alumnos debido al hecho que el proceso de enseñanza se realiza en ambientes más lúdicos que el aula. Además, el alumno puede experimentar en primera persona el trabajo de un científico: desde formular hipótesis, elaborar protocolos, realizar los experimentos, obtener conclusiones y, comunicar los resultados. Igualmente, se trabajan habilidades prácticas y se potencia el trabajo en equipo.

El objetivo general de este trabajo ha sido profundizar en la evolución del estudio de las ciencias experimentales y los modelos didácticos, buscar y analizar información sobre técnica de la investigación-acción y concretamente sobre los experimentos didácticos con el fin de hacer una primera evaluación de sus ventajas e inconvenientes y diseñar una propuesta de intervención enfocada a la enseñanza de Biología y Geología de 4º ESO sobre la célula y el ADN que consta de catorce sesiones que no se ha podido aplicar en el aula. La técnica que se va a seguir en la propuesta es la investigación-acción a partir de la realización de un experimento didáctico.

Se concluye que la enseñanza de las ciencias ha ido cambiando a lo largo del tiempo al igual que las necesidades de la sociedad de manera que los docentes disponen de una amplia variedad de técnicas con el fin de alcanzar la alfabetización científica. Una de estas técnicas es la investigación-acción que se puede aplicar en el aula mediante la transformación de una actividad práctica en un experimento didáctico docente actúa como guía. Esta técnica permite a los alumnos experimentar en primera persona el método científico.

**Palabras clave:** Investigación-acción, Innovación educativa, Experimento científico, 4º ESO, célula, ADN

## Abstract

The use of learning experiments allow to take advantage of some educational benefits such as the motivation of students since its learning process is carried out in more playful environments than class. Also, the student can experience in first person the scientist work: formulate hypothesis, establish protocols, do the experiments, reach conclusions and communicate the results. Practical skills and teamwork are worked.

The overall objective of this study was to go in-depth on the evolution of the study of experimental sciences and didactic models, to find and analyze information about action research and specifically on learning experiments in order to make a first evaluation of their advantages and disadvantages and designing an intervention proposal focused on 4º ESO Biology and Geology grade specifically in cell and DNA themes. This proposal consists of fourteen sessions that have not been applied in the classroom. The technique to be followed in the proposal is action-research based on a didactic experiment.

In conclusion, the teaching of science has changed over time as well as the needs of society. In addition, teachers have a wide variety of techniques in order to achieve science literacy. One of these techniques is action research that can be applied in the classroom by transforming a laboratory practices into a learning experiment where the teacher acts as a guide. This technique allows students to experience the scientific method first-hand.

**Keywords:** Action Research, Educational innovation, Learning experiment, 4ºESO, cell, DNA.

## Índice de contenidos

|  |    |
|--|----|
| 1. Introducción .....  | 8  |
| 1.1. Justificación y planteamiento del problema.....   | 9  |
| 1.2. Objetivos .....   | 12 |
| 1.3.1. Objetivo general .....  | 12 |
| 1.3.2. Objetivos específicos .....   | 12 |
| 2. Marco teórico .....   | 13 |
| 2.1. La enseñanza de las ciencias.....   | 13 |
| 2.2. El modelo constructivista y el modelo por descubrimiento aplicado a la enseñanza<br>de las ciencias ..... | 15 |
| 2.2.1. El modelo constructivista.....  | 17 |
| 2.2.2. El modelo por descubrimiento .....  | 17 |
| 2.2.3. Aprendizaje por descubrimiento guiado .....   | 19 |
| 2.3. La investigación-acción como técnica para la enseñanza de las ciencias .....                              | 19 |
| 2.3.1. Las prácticas tradicionales .....   | 23 |
| 2.3.2. Los experimentos didácticos .....   | 25 |
| 3. Propuesta de intervención .....   | 28 |
| 3.1. Presentación de la propuesta .....  | 28 |
| 3.2. Contextualización de la propuesta .....   | 29 |
| 3.3. Intervención en el aula .....   | 30 |
| 3.3.1. Objetivos.....  | 30 |
| 3.3.2. Competencias .....  | 30 |
| 3.3.3. Contenidos.....   | 36 |
| 3.3.4. Metodología .....   | 37 |

|   |    |
|---|----|
| La investigación-acción aplicada en la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO y la enseñanza de la célula y el ADN |    |
| 3.3.5.    Cronograma y secuenciación de actividades .....   | 38 |
| 3.3.6.    Recursos.....   | 52 |
| 3.3.7.    Evaluación.....   | 53 |
| 3.4.    Evaluación de la propuesta.....   | 60 |
| 4.    Conclusiones.....   | 62 |
| 5.    Limitaciones y prospectiva .....  | 64 |
| Referencias bibliográficas.....   | 65 |
| Anexo 1.    Preguntas y respuestas del <i>Kahoot!</i> .....   | 71 |
| Anexo 2.    Actividades de la sesión 2 .....  | 75 |
| Anexo 3.    Actividades de la sesión 3 .....  | 79 |
| Anexo 4.    Actividades de la sesión 6 .....  | 82 |
| Anexo 5.    Experimento didáctico .....   | 83 |

## Índice de figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Evolución de la comprensión científica según el informe PISA. Cada línea representa un país. España (rojo) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (azul). Fuente: Stegmann, J.G. (diciembre, 2019).             | 10 |
| Figura 2. Esquema de la propuesta de investigación acción como técnica para la didáctica de las ciencias. (Elaboración propia).  | 14 |
| Figura 3. Rasgos que definen la investigación-acción. (Pérez Serrano (1994).   | 22 |
| Figura 4. Organización del ADN. ( <a href="https://www.veritasint.com/blog/es/genes-y-cromosomas-como-determinan-nuestra-vida-y-nuestra-salud/">https://www.veritasint.com/blog/es/genes-y-cromosomas-como-determinan-nuestra-vida-y-nuestra-salud/</a> ). | 47 |
| Figura 5. Noticia sobre el descubrimiento de la estructura del ADN destinada al debate. (Elaboración propia).  | 48 |

## Índice de tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Características de los modelos de aprendizaje.  | 17 |
| Tabla 2. Relación entre los objetivos específicos, contenidos, criterios de evaluación y las competencias para el contenido: "La vida, conservación y cambio" de Biología y Geología de 4º ESO según el Decreto 187/2015, de 25 de agosto. | 37 |
| Tabla 3. Temporalización y programación del desarrollo de la propuesta didáctica.  | 40 |
| Tabla 4. Ficha de la actividad 1, sesión 1. Actividad inicial de prueba de los conocimientos previos del alumno.   | 41 |
| Tabla 5. Ficha de la actividad 2, sesión 2. Actividad de desarrollo.   | 42 |
| Tabla 6. Ficha de la actividad 3, sesiones 3,4 y 5. Actividad de desarrollo.   | 44 |
| Tabla 7. Ficha de la actividad 4, sesión 6. Actividad de desarrollo.   | 46 |
| Tabla 8. Ficha de la actividad 5, sesiones de 7 a 14. Actividad de desarrollo.   | 49 |
| Tabla 9. Relación entre la imagen seleccionada y el proceso a trabajar.  | 52 |
| Tabla 10. Recursos necesarios para la realización de la propuesta de intervención.   | 52 |
| Tabla 11. Relación entre los criterios de evaluación y calificación, el % de la evaluación, las herramientas de evaluación y las sesiones.   | 55 |
| Tabla 12. Rúbrica de la evaluación continua  | 56 |
| Tabla 13. Modelo de autoevaluación propuesto.  | 57 |
| Tabla 14. Matriz DAFO  | 59 |
| Tabla 15. Evaluación de la propuesta para el alumnado.   | 59 |

## 1. INTRODUCCIÓN

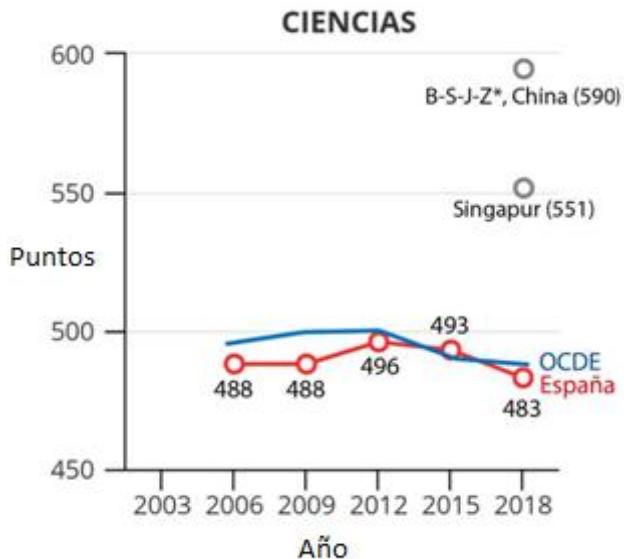
Actualmente, la ciencia y, concretamente la tecnología son protagonistas de los cambios sociales que se están produciendo en nuestra sociedad. Los sucesos que se vienen dando así como los medios de comunicación participan en la interacción entre la sociedad con los conocimientos científicos y/o los productos tecnológicos (Malacarne, 2005). Por este motivo, es importante formar a los alumnos para que tengan una base de conocimientos científicos que les permitan opinar y reflexionar ante las situaciones que se dan día a día. A partir de aquí, podremos construir unas generaciones de ciudadanos críticos y capaces de tomar decisiones de manera racional (Vázquez et al. 2008).

El siglo XXI nos plantea nuevas demandas que se traducen en retos educativos que ponen de manifiesto una reflexión sobre la ciencia que se enseña en el aula y la que demanda la sociedad. A raíz de esto surge la pregunta, ¿qué ciencia enseñar? La divulgación de la ciencia es de vital importancia para todos los ciudadanos de un planeta que se va globalizando (Olmedo, 2011).

La necesidad de un cambio en la enseñanza de las ciencias implica primero, preguntarnos por su finalidad: ¿queremos enseñar a nuestros alumnos para que puedan acceder a estudios posteriores? (o finalidad propedéutica) o, ¿queremos formar a ciudadanos capaces de comprender los avances científicos o decisiones políticas que se traducen en decisiones económicas o sociales con el fin que puedan participar? En este último caso, estamos hablando de alfabetización científica (Olmedo, 2011). El National Science Education Standards expone que todos deberíamos ser capaces de participar en discursos públicos y debates relacionados con la ciencia y la tecnología además de experimentar la emoción y la satisfacción personal que implica entender el mundo natural (National Research Council, 1996).

Además, debemos tener en cuenta el hecho, no menos importante, del incremento del desinterés de los alumnos por cursar carreras de ciencias así como el descenso de la evolución de la comprensión científica según el informe PISA (Figura 1).

**Figura 1** Evolución de la comprensión científica según el informe PISA. Cada línea representa un país. España (rojo) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (azul).



Fuente: Stegmann, J.G. (diciembre, 2019).

De acuerdo con esta figura, en el año 2018 España estaba a 10 puestos menos de la edición anterior. La cifra de 2018 es la más baja que España ha sacado en ciencias desde que empezó la serie oficial de Ciencias en el informe educativo, hace exactamente 15 años.

Los motivos de este descenso son varios como: la organización del sistema educativo o la imagen que dan algunos medios de comunicación sobre la ciencia (Solbes et al, 2007). Esta realidad no es característica únicamente de nuestro país ni de las ciencias exclusivamente, ya que esta crisis afecta la enseñanza en general en la mayoría de los países, y es especialmente importante en las ciencias (Fourez, 1999,2002).

## 1.1.JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El título del trabajo que se presenta es "La investigación-acción aplicada en la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO y la enseñanza de la célula y el ADN".

Ante estos argumentos, la alfabetización científica debería ser una prioridad a tener en cuenta en el proceso de aprendizaje porque es esencial para el desarrollo no sólo de las

La investigación-acción aplicada en la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO y la enseñanza de la célula y el ADN persona sino también de la sociedad. Según Gil y Vilches (2006), la alfabetización científica de la ciudadanía constituye un componente básico de la educación ciudadana para muchos expertos y responsables políticos. En este sentido, no debemos olvidar que la idea de ciencia al alcance de todos los ciudadanos significa no excluir a nadie por lo que está muy relacionado con los principios educativos de comprensividad y equidad (Fensham, 2000).

La pregunta que se nos plantea es, ¿cómo alcanzamos la alfabetización científica si cada vez hay menos estudiantes interesados en los estudios científicos?, ¿los alumnos conocen las implicaciones de no tener nociones de ciencias y cómo afecta esto a la humanidad? (Solbes et al. 2007). Ante esta perspectiva parece razonable pensar que, no basta con saber de ciencias para enseñar ciencias. A parte del conocimiento didáctico del contenido, el profesor necesita conocimientos sobre las técnicas y estrategias de enseñanza que resultan idóneas en cada contexto.

La investigación-acción es una técnica orientada en la práctica y basándose en un proceso sistemático. Su aplicación supone otra forma de entender la enseñanza, más participativa y colaborativa (Latorre Beltrán, 2004). Según Lewin (1973), esta técnica implica una investigación continua con el objetivo de producir una mejora en la práctica educativa pasando por la resolución de problemas.

La transmisión de los conocimientos ya sean científicos o otros, va mucho más allá que enseñar a los alumnos todos los contenidos de información relacionados. El conocimiento asociado es una fuente de información y formación de los ciudadanos activos y por lo tanto, indispensables para la alfabetización científica. Una educación de calidad que promueva esta alfabetización y una correcta divulgación son antídotos contra la exclusión, la ignorancia y la marginación (Olmedo, 2011).

Igualmente, la falta de contextualización y el uso de estrategias incorrectas para cada caso pueden afectar al proceso de enseñanza de las ciencias afectando la motivación e incrementando la falta de interés por las asignaturas científicas (Torres, 2010). En el caso de las ciencias, esto puede estar relacionado con la idea de ver la ciencia como algo complejo y difícil que no está a su alcance por mucho que se esfuerzen. Esta situación se pueda dar si el aprendizaje es básicamente memorístico y repetitivo. Esta situación se acentúa en niveles de enseñanza postobligatoria como el Bachillerato.

La investigación-acción aplicada en la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO y la enseñanza de la célula y el ADN

De acuerdo con las ventajas que proporciona la técnica de “Investigación-acción” presentadas anteriormente, consideramos útil profundizar más sobre esta técnica con el fin de poder diseñar una propuesta de intervención donde se aplique en el marco de la asignatura de Biología y Geología de 4ºESO y concretamente en la célula y el ADN, un contenido del bloque 1 de la legislación española (Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre). De acuerdo con la legislación de Cataluña, la célula y el ADN pertenecen al contenido “La vida, conservación y cambio” (Decreto 187/2015, del 25 de agosto). Para la realización de la propuesta se va a tener en cuenta la legislación de Cataluña para poder contextualizarlo mejor en el centro. Igualmente, se eligió el curso de 4º de ESO para el diseño de la propuesta didáctica porque consideramos que se necesita una base técnica y teórica de diversas materias (ciencia, matemáticas, física...) para poder desarrollar con éxito un experimento didáctico en el laboratorio.

El problema que se plantea es que la sociedad actual requiere que se dé una alfabetización científica en el aula. Una propuesta para incentivar este cambio es la transformación de las prácticas de laboratorio por experimentos didácticos que permitan al alumno tener una idea más extensa y real del trabajo científico y, mejorar su proceso de aprendizaje y desarrollo. Con la propuesta didáctica que se plantea se pretende hacer un cambio de protagonismo del profesor al alumno así como mejorar la motivación de los alumnos por el método científico, por las prácticas de laboratorio y, porque no, por su interés por la ciencia.

Partiendo de este problema, se proponen los siguientes objetivos.

## 1.2. OBJETIVOS

Una vez mostrada la problemática referente al estudio e interés de las ciencias se ha formulado un objetivo general para la investigación y unos objetivos específicos de forma que su consecución permita el logro del objetivo general.

### 1.2.1. Objetivo general

El objetivo general de este TFM es diseñar una propuesta de intervención que permita a los alumnos de 4ºESO mejorar su aprendizaje y motivación en las ciencias usando la técnica de investigación-acción y concretamente, el uso de experimentos didácticos. El resultado es la programación de un experimento didáctico titulado "A la pesca del ADN" que trabaja aspectos relacionados con la célula y, concretamente con la estructura y composición del ADN en la asignatura de Biología y Geología de 4ºESO.

### 1.2.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos han sido:

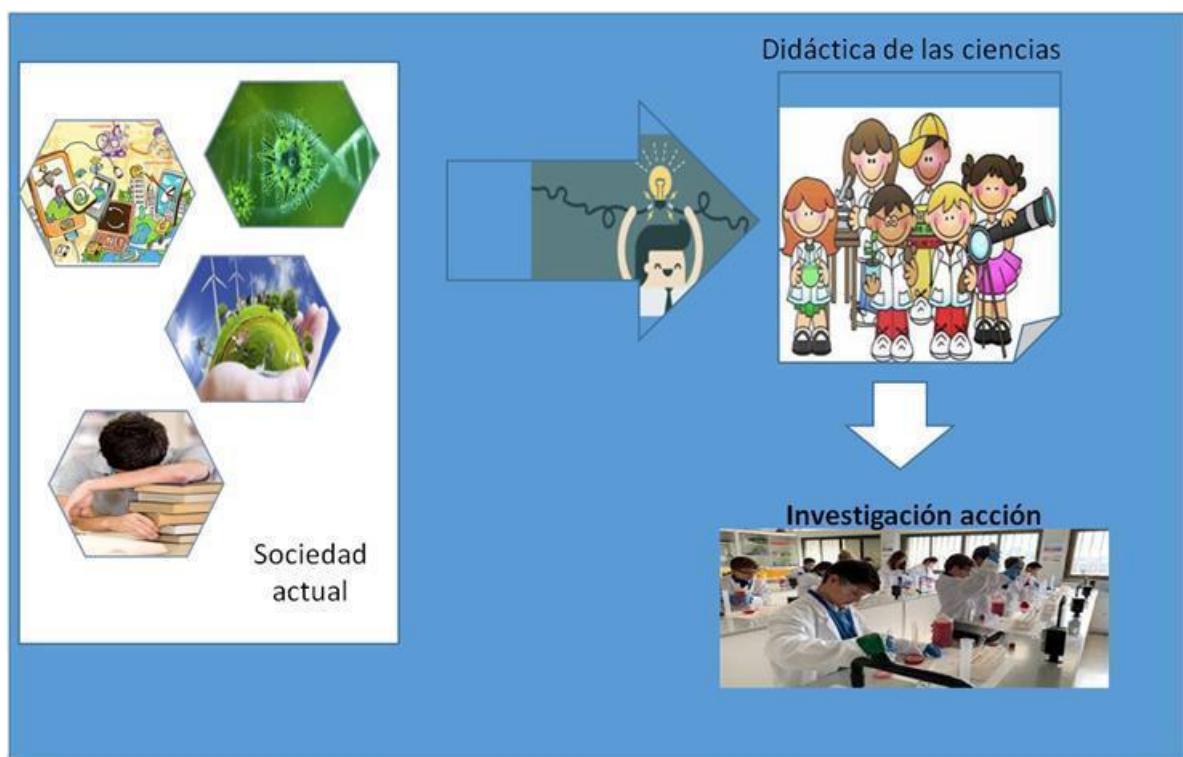
- 1) Profundizar en el conocimiento sobre la evolución del estudio de las ciencias experimentales y los modelos didácticos.
- 2) Recoger y analizar la información sobre la técnica de la investigación-acción y concretamente sobre los experimentos didácticos.
- 3) Analizar los proyectos desarrollados siguiendo la técnica de la investigación-acción con el fin de hacer una primera evaluación de sus ventajas e inconvenientes.
- 4) Diseñar una propuesta didáctica para la asignatura de Biología y Geología de 4ºESO basada en la técnica de investigación-acción y concretamente, el diseño de un experimento didáctico para trabajar parte del contenido "La vida, conservación y cambio", concretamente: "La célula. Estructura y tipos" y "El ADN. Composición, estructura y funciones biológicas" (Decreto 187/2015, de 25 de agosto, p.141).

## 2. MARCO TEÓRICO

En el marco teórico se profundizará sobre las bases del modelo constructivista y por descubrimiento así como la técnica de investigación acción y los experimentos didácticos como recurso para que el alumno de 4ºESO adquiera un conocimiento más profundo de las ciencias.

El esquema de la importancia del estudio de las ciencias de acuerdo con las demandas de la sociedad actual y, el planteamiento de otras técnicas como posibles soluciones se expone en la Figura 2.

**Figura 2** Esquema de la propuesta de investigación-acción como técnica para la didáctica de las ciencias.



Fuente: Elaboración propia.

### 2.1. LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

La enseñanza de las ciencias ha ido cambiando a lo largo del tiempo al igual que la sociedad. Cada vez hay más revistas donde se argumentan y explican diferentes propuestas

La investigación-acción aplicada en la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO y la enseñanza de la célula y el ADN pedagógicas destinadas al área de las ciencias con el objetivo de mejorar su enseñanza (Bravo y Izquierdo, 2002).

La tecnología y, concretamente, la ciencia son las protagonistas de los cambios sociales que se vienen produciendo en los últimos años. Los sucesos que se vienen dando en los últimos meses, ponen de manifiesto que la sociedad está en continua interacción con los conocimientos y avances científicos por lo que es necesario dar información y recursos a los alumnos para que puedan elaborar sus propias opiniones y reflexiones. El resultado de éste propósito será formar ciudadanos críticos capaces de tomar decisiones racionales frente a los avances tecnológicos y su impacto en la sociedad.

En la Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI, auspiciada por la UNESCO y el Consejo Internacional para la Ciencia, se declara que si un país quiere atender la necesidades de sus ciudadanos, la enseñanza de las ciencias debería considerarse como una estrategia de manera que se debe prestar especial atención a la alfabetización científica en todas las culturas y sectores de la sociedad. Además, de acuerdo con las consideraciones de los National Science Education Standards, todos los ciudadanos debemos de poder participar de las discusiones públicas relacionadas con la ciencia y la tecnología. De acuerdo con estas afirmaciones, defender y promover la alfabetización científica está aportando argumentos democráticos.

Si es tan importante, ¿cómo podemos enseñar mejor las ciencias? ¿Cómo podemos reconceptualizar la enseñanza de las Ciencias? De acuerdo con Vázquez et al. (2008), debemos cambiar el concepto de enseñanza de ciencias puras para dar a la ciencia un sentido más humanista donde se haga especial hincapié en la comprensión de la ciencia como valor ético, relacionado con la cultura y en continua interacción con la sociedad. Con todas estas consideraciones se puede llegar a la conclusión de Eggen y Kauchak (1999) que argumentan que no existe una forma de enseñar superior a las demás y, que cada docente debe seleccionar y adaptar la estrategia y/o técnicas al contexto al que se enfrenta es decir, a las características y demandas del grupo de alumnos.

Así pues, el docente debe tener una visión más allá de los conceptos y conocimientos científicos porque deber ser capaz de analizar la situación, tomar decisiones al respecto, ser crítico con su labor e innovar en la medida del posible. Para cumplir con todos estos

La investigación-acción aplicada en la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO y la enseñanza de la célula y el ADN requisanos, el docente debe tener en cuenta que la enseñanza de las ciencias supone otras dificultades como el hecho que para los alumnos puede ser difícil comprender y aprender ciertos contenidos científicos. La falta de motivación, los conocimientos previos, la labor del docente o el tipo de estrategia seleccionada por ejemplo, pueden ser responsables de estas dificultades (Mazzitelli et al, 2006).

Actualmente, los docentes disponen de una amplia variedad de estrategias y técnicas a partir de las cuales trabajar por lo que puede realizar una selección en función de la realidad que tiene en el aula. Un ejemplo de estas técnicas sería la investigación-acción. Esta técnica tiene consideraciones tanto del modelo constructivista como del modelo por descubrimiento.

## 2.2. EL MODELO CONSTRUCTIVISTA Y EL MODELO POR DESCUBRIMIENTO APLICADO A LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Hay diferentes tipos de aprendizaje en función de la teoría y los procesos que se consideren como fundamentales: el aprendizaje repetitivo o memorístico y el aprendizaje significativo (Martínez y Zea, 2004), bien sea por recepción (Ausubel et al. 1976) o por descubrimiento (Bruner, 1966).

Durante muchos años, se ha ido aplicando el modelo de transmisión-recepción donde para el proceso de enseñanza-aprendizaje se realiza una transmisión oral de los conceptos que al mismo tiempo son estables y cerrados (Torres, 2010). En este caso, el docente explica los conocimientos y/o el contenido mientras los alumnos deben escuchar y asimilar sin necesidad de relacionarlos ni con su realidad, ni con los conocimientos previos que puedan tener. En definitiva, se trata de un aprendizaje memorístico y repetitivo.

Hoy en día, cada vez más expertos sustentan la idea que el alumno aprende cuando da significado al contenido aprendido porque al mismo tiempo elabora su propio conocimiento (Encabo de Lucas, 2010). De acuerdo con esta idea, es mejor favorecer el aprendizaje significativo entre los estudiantes en lugar del memorístico si queremos que éste perdure. El aprendizaje significativo está asociado con niveles superiores de comprensión de la información por lo tanto es más resistente al olvido. Como se ha comentado anteriormente,

La investigación-acción aplicada en la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO y la enseñanza de la célula y el ADN el aprendizaje significativo se puede alcanzar bien sea por el modelo constructivista o por el modelo por descubrimiento.

Las propiedades de los dos modelos anteriores respecto al modelo por transmisión-recepción se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 1. Características de los modelos de aprendizaje.**

| Modelo transmisión recepción   | Modelo por descubrimiento   | Modelo constructivista  |
|--|---|---|
| Basta con atender para aprender.   | El conocimiento se construye con actividad: la mejor forma de aprender es descubrir por sí mismo.   | El conocimiento se construye a partir de las propias ideas y así se aprende.  |
| El docente sabe de contenido no de habilidades pedagógicas-didácticas  | El docente es facilitador: coordina la actividad, promueve la cooperación, introduce oportunidades de investigación. Conoce estrategias didácticas y pedagógicas. | El docente es facilitador y guía. Conoce estrategias didácticas y pedagógicas.  |
| Visión cerrada de la ciencia. Importancia de los conceptos.  | Visión abierta de la ciencia. Implica aplicar el modelo científico. Los procedimientos son más importantes que los conceptos.                                     | Visión abierta de la ciencia. Importancia de los preconceptos.  |
| Profesor activo.<br>Alumno pasivo.   | Alumno activo.  | Alumno activo.  |
| Libro. Exámenes. Clases magistrales.   | Aprendizaje significativo.<br>Cambio conceptual.  | Aprendizaje significativo.<br>Cambio conceptual.  |
| Inconvenientes: menor motivación de los alumnos, no tienen en cuenta ni el proceso de aprendizaje, ni la diversidad del aula ni el contexto. | Inconvenientes: necesidad de más recursos, hay conceptos que no se pueden adquirir sólo de la observación.  | Inconvenientes: los preconceptos erróneos se arrastran, los alumnos deben querer aprender (esfuerzo cognitivo), prioriza los contenidos conceptuales sobre los procedimentales. |

Fuente. Apuntes de la asignatura Didáctica de la especialidad (UNIR).

### **2.2.1. El modelo constructivista**

El constructivismo se puede definir como un proceso de construcción y reconstrucción cognoscitiva que realizan las personas que quieren entender los conceptos, procesos o fenómenos que los rodea, a partir de los conocimientos previos que ya tienen.

Para que esta construcción se pueda dar, las nuevas ideas o conceptos deben estar relacionados con los conocimientos previos del alumno y/o deben tener algún sentido cognitivo para él. En este proceso interno, se produce una modificación en la estructura cognitiva del alumno con la nueva información y con aquella que previamente tiene y está relacionada (Ausubel et al, 1976). De acuerdo con este modelo, el alumno es el principal responsable de su aprendizaje y este proceso de aprendizaje está influenciado por el contexto y entorno (Mazarío y Mazarío, s.f.).

De acuerdo con este modelo, la función principal del docente no es transmitir los conceptos sino que actúa como mediador entre el alumno y los nuevos conceptos. Su función es ayudar al alumno en la construcción de los nuevos esquemas de pensamiento a partir de las nuevas ideas. Al final, el alumno será capaz de proponer, exponer y defender sus ideas sobre el tema.

Sawyer (2006) comenta que el alumno construye significados partir de los conceptos y basándose en sus experiencias y su relación con el entorno porque, cuando aprende a partir únicamente de la explicación del docente, un libro o un ordenador, no se produce un aprendizaje significativo sino superficial. Así pues, para obtener un aprendizaje profundo es necesario que el alumno reconstruya lo que ya sabe usando las nuevas ideas o experiencias y partiendo de sus conocimientos o ideas previas.

### **2.2.2. El modelo por descubrimiento**

Por otro lado, Bruner (1966) plantea el concepto de aprendizaje por descubrimiento para alcanzar un aprendizaje significativo. Este modelo se basa en la idea que los docentes ofrezcan a los alumnos oportunidades de aprender por sí mismos. Sanmartí (2009) expone que las explicaciones del profesor no son suficientes para que el aprendizaje sea significativo y que deben realizar actividades ellos mismos con el fin que construyan sus propias ideas.

La investigación-acción aplicada en la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO y la enseñanza de la célula y el ADN

Hasta que no se aplique el nuevo conocimiento en otras situaciones, se busquen relaciones, se seleccione la información, se apliquen reglas, métodos y/o fórmulas y se construyan sus propias conclusiones, no hay una comprensión profunda (Bruner y Maldonado, 1980). En definitiva, los alumnos construyen sus propios conocimientos (Santrok, 2004).

La idea del aprendizaje por descubrimiento es no facilitar el contenido a asimilar en su forma final por este motivo. Teniendo en cuenta esta condición, existen distintos grados de descubrimiento: desde un descubrimiento puro o casi autónomo hasta un descubrimiento guiado que se basa en la orientación del profesor. Por lo general, en el aula se utiliza mayoritariamente este último porque sin un apoyo adecuado éste aprendizaje puede no ser efectivo.

En el descubrimiento guiado, se dan a los alumnos oportunidades para manipular, transformar, buscar, explorar y/o analizar. Estas oportunidades, no sólo incrementan el conocimiento de los estudiantes acerca del tema, sino que estimulan su curiosidad, promueven la reflexión y los ayudan a desarrollar estrategias para aprender a aprender (Good y Brophy, 1995).

Díaz Barriga (2003) expone que aprender y hacer son dos acciones que no pueden estar una sin la otra y, que se van reforzando si van acompañadas por unas buenas prácticas educativas que a su vez deben ser coherentes y estas relacionadas con el contexto del alumno. En este sentido, la importancia de las características de las prácticas es imprescindible para que el aprendizaje sea significativo ya que implican atención, ensayo y repetición durante suficiente tiempo para favorecer tanto la adquisición de conocimiento como de habilidades.

El aprendizaje por descubrimiento es especialmente efectivo en la enseñanza de las ciencias si nos centramos en los resultados de diversos estudios y al hecho que los alumnos obtienen mejores resultados que aquellos que han seguido un modelo de transmisión-recepción (Santrok, 2004).

### 2.2.3. Aprendizaje por descubrimiento guiado

La combinación de la construcción de conocimiento mediante la aplicación del modelo constructivista y el modelo por descubrimiento nos da como resultado el descubrimiento guiado. Tal y como se ha comentado anteriormente, en 1967 Brunner propuso el aprendizaje por descubrimiento mientras que Wales propuso el aprendizaje por descubrimiento guiado.

En el caso del aprendizaje guiado, el profesor orienta, identifica una meta y actúa como guía para que el estudiante pueda alcanzarla (Eggen y Kauckak, 1999). De acuerdo con esta idea, el docente debe desarrollar un plan con el fin de guiar a los alumnos a aprender progresivamente a través de la investigación y tener en mente la meta. Igualmente, el docente debe proporcionar la información inicial e ir reconduciendo a los alumnos durante todo el proceso a través de preguntas orientadoras, proporcionando la información adecuada en cada comentario con la finalidad de que el alumno pueda ir progresando hasta llegar a la solución (Castejón y Navas, 2009).

La guía es un elemento muy importante y debe cumplir unas características:

- ✓ sólo debe ayudar al alumno cuando sea necesario.
- ✓ no debe ser muy estricta porque podría afectar la motivación del alumno, ni muy laxa porque podría desorientar al alumno.
- ✓ su finalidad es que ayude y estimule al mismo tiempo para que el alumno realice una investigación autónoma del conocimiento.

## 2.3. LA INVESTIGACIÓN-ACCIÓN COMO TÉCNICA PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

En la última década, se han realizado numerosas investigaciones dirigidas a estudiar el problema de la enseñanza de las ciencias. En este sentido, ha surgido un debate entre los partidarios del aprendizaje por repetición y los que prefieren el aprendizaje por descubrimiento (Eleizalde et al, 2010). Aunque no hay duda en la afirmación que la ciencia es una actividad teórica y práctica, existen diferentes opiniones sobre cómo deben ser los trabajos prácticos sobre todo respecto a los objetivos y/o las metodologías.

La investigación-acción es un término propuesto por Kurt Lewin en varias de sus investigaciones (Lewin, 1973) y actualmente, se utiliza en diferentes enfoques en función de la problemática a abordar.

La investigación-acción implica un proceso continuo de investigación con el objetivo de mejorar la práctica educativa y proponer soluciones para los problemas que se puedan dar a lo largo del proceso de enseñanza-aprendizaje (Lewin, 1973). Ésta técnica consiste en hacer una reflexión con el fin de mejorar la calidad del proceso de educación teniendo en cuenta el contexto educativo y el trabajo colaborativo y buscando las causas de los problemas.

Kemmys y MacTaggart (1988) y Latorre Beltrán (2004) enumeran una serie de rasgos que definen esta técnica:

- Se construye desde y para la práctica con el fin de mejorarla.
- Es una técnica participativa y colaborativa.
- Se sigue un ciclo de planificación, acción, observación y reflexión.
- No tiene un enfoque jerárquico: todos los participantes mantienen una relación de iguales en relación a sus aportaciones en la investigación.
- Es un proceso sistemático de aprendizaje orientado a la práctica: pretende mejorar la práctica a través de su transformación, al mismo tiempo que procura comprenderla.
- Implica poner a prueba las ideas y las suposiciones.
- Supone la realización de un registro sobre nuestras impresiones y/o opiniones para luego analizarlas y conocer mejor qué está ocurriendo.
- Las mejoras prácticas se dan gracias a los resultados que se obtienen a lo largo del proceso y al final de éste.
- No se puede reducir al aula porque investigar nos lleva cambiar la forma de entender la práctica en general.
- Permite la reflexión de los docentes con el fin de replantearse su conocimiento profesional y su capacidad de respuesta a los problemas y necesidades.
- No puede ser nunca una tarea individual. Todas las tareas de investigación necesitan de un entorno social donde se dé un intercambio de información y opiniones con el fin de generar discusiones que nos lleven a contrastar la información.

Gil et al. (1991) proponen una serie de estrategias que se pueden aplicar cuando se plantea el aprendizaje de las ciencias mediante la investigación dirigida:

- a) Para promover el interés de los alumnos, plantear situaciones problemáticas con las que estén familiarizados.
- b) El trabajo en grupo es importante para que los alumnos trabajen de forma cualitativa las situaciones problemáticas planteadas.
- c) Los problemas deben tratarse siguiendo el método científico: elaboración de hipótesis, elaboración de estrategias para su resolución, análisis y comparación de los resultados con el resto de compañeros.
- d) Los nuevos conocimientos deben poderse utilizar en otras situaciones.

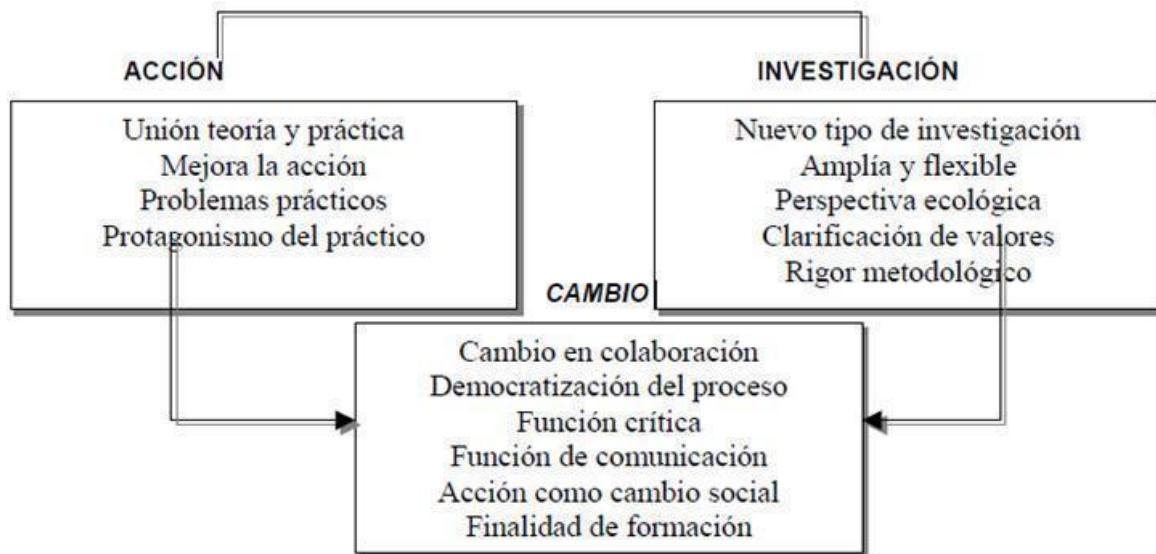
De acuerdo con este mismo autor, la investigación no se plantea para conseguir el cambio conceptual sino para resolver un problema y, durante el proceso de resolución, se produce el cambio.

Al igual que otras técnicas, la investigación dirigida plantea algunos problemas cuando se pretende realizar su aplicación práctica, uno de ellos es que estamos otorgando a los alumnos una capacidad investigadora para poder llevar a cabo esta técnica. Esta idea de comparar un alumno con un científico ha sido cuestionada por algunos autores como Tiberghien et al. (1995). La solución pasa por plantear situaciones simplificadas y la acción del docente como planificador y guía para anticiparse a los posibles problemas que se puedan plantear a lo largo de la experiencia. En este sentido, la combinación de la técnica de investigación-acción con el aprendizaje por descubrimiento guiado podría ser una solución a este inconveniente. Algunos autores han publicado que, las actividades experimentales pensadas para que el alumno sea una parte activa en la obtención del guión a través de preguntas dirigidas por el docente proporciona unas buenas situaciones de aprendizaje (Gormally et al. 2009; Luckie et al. 2004; Gallego et al. 2019).

Otro inconveniente, es el tiempo que se debe dedicar a la realización de esta actividad puesto que se debe establecer un equilibrio entre los contenidos que se deben dar y la profundización de la investigación. Actualmente, el gran número de contenidos planteados para cada curso, implica no poder dedicar tiempo a su profundización. Finalmente, esta técnica implica que el alumno deba dedicar más esfuerzo por lo que debe querer participar.

La investigación-acción aplicada en la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO y la enseñanza de la célula y el ADN Pérez (1994) esquematiza los rasgos que definen la investigación-acción en la siguiente figura 3.

**Figura 3. Rasgos que definen la investigación-acción.**



Fuente: (Pérez Serrano (1994)).

De acuerdo con toda esta información, las etapas de la investigación-acción son:

- 1. Definición del problema.** Se debe seleccionar uno o varios problemas viables, concretos y motivadores para todos. En esta fase también se deben plantear las hipótesis de trabajo y definir los objetivos a conseguir.
- 2. Diseño y planificación de la actuación.** En este caso se presenta el diseño de la propuesta y las técnicas de recogida de la información.
- 3. Ejecución.** En esta fase debemos atender el proceso, los resultados y las limitaciones que nos hemos encontrado.
- 4. Reflexión y evaluación de los datos.** Es importante conocer la opinión de los alumnos y los profesores. En este caso, se suelen pasar dos tipos de cuestionarios, uno dirigido a los alumnos y otro para los profesores con el objetivo de conocer el grado de satisfacción de ambos grupos.

La investigación-acción aplicada en la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO y la enseñanza de la célula y el ADN

Algunos ejemplos de investigación-acción serían el caso de López Górriz (1992) que desarrollaron una propuesta de investigación-acción estableciendo como objetivos: ayudar al docente a adquirir capacidades investigadoras necesarias para evaluar su situación educativa que tienen en el aula y ofrecer alternativas de acción con el fin de introducir mejoras educativas y de innovación. Por otro lado, Lapuebla (1988) desarrolló un proyecto educativo donde teniendo en cuenta aspectos como las necesidades del alumno, sus aptitudes además de otras características con el fin de hacer a los alumnos elementos activos de su proceso de aprendizaje.

Algunos ejemplos que aplican la investigación-acción como técnica para la enseñanza de las ciencias sería el caso de Marcos-Merino et al. (2019) donde estudian las emociones experimentadas por los docentes en formación inicial al realizar una práctica de investigación dirigida sobre la extracción del ADN o, Lima y Moura, (2010) que diseñaron un experimento didáctico para la enseñanza las matemáticas demostrando que las ecuaciones de primer grado suponen una herramienta que facilita el aprendizaje del movimiento de cantidades. Rodríguez y Lloveras (2009) diseñan un experimento didáctico aplicado a la enseñanza de la física donde incorporan las simulaciones virtuales a las prácticas de laboratorio y comprueban que facilita el modelado de situaciones reales y la identificación de fuentes de errores en las mediciones. González y Palomeque (2017) desarrollan una propuesta para la comprensión del concepto de equilibrio químico desde el punto de vista de la fermentación láctica. Porras y Oliván (2013), diseñan una propuesta didáctica con el fin de abordar la problemática que supone la enseñanza de la genética y, concretamente, los mecanismos de transmisión de la herencia biológica mediante el modelo tradicional.

### **2.3.1. Prácticas tradicionales**

El trabajo científico se realiza mayoritariamente en los laboratorios donde se diseñan y realizan los experimentos con el fin de progresar en la resolución de las hipótesis que se han planteado en el inicio de la investigación. La ciencia se sustenta en las teorías y estas se obtienen estableciendo conexiones entre el modelo teórico y el estudio de los fenómenos. Las teorías se formulan cuando se crea un contexto adecuado que permite participar de

La investigación-acción aplicada en la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO y la enseñanza de la célula y el ADN forma consciente y reflexiva (Rua y Alzate, 2012). De acuerdo con esto, en la enseñanza de las ciencias se deben tener en cuenta los trabajos prácticos como actividad de aprendizaje.

Las prácticas de laboratorio son además un buen recurso para mejorar el interés y la motivación de los alumnos así como para trabajar sus actitudes. Igualmente, son necesarias para enseñar a no confundir la teoría con los modelos teóricos (Izquierdo et al. 1999).

En general, cuando se enseña Biología en la etapa de la ESO no se suele reflejar la realidad práctica donde se aplican los conceptos para la resolución de hipótesis relacionadas con problemas próximos, dando a entender que es una enseñanza que no va con ellos sino van a ser futuros científicos. En este sentido, las prácticas se han ido realizando siguiendo el modelo de transmisión/recepción donde se ilustran y comprueban conceptos, modelos y/o leyes que antes han sido explicados por el docente. El docente es el que diseña, prepara y dirige la práctica mientras que el alumno sólo debe seguir las pautas previamente marcadas. Entonces, aunque uno de los objetivos de las prácticas es permitir que los alumnos puedan comprobar los conceptos científicos en el laboratorio, en general consisten en protocolos cerrados que el profesor aporta a los alumnos con el fin que estos lo sigan paso a paso. Al final, se trata de una representación del modelo tradicional donde el alumno no desarrolla un papel activo. Además, los conceptos explicados no suelen estar conectados con la realidad del alumno por lo que difícilmente suponen una actividad motivadora.

A partir del surgimiento del modelo constructivista, el proceso de aprendizaje-desarrollo y concretamente en el caso del estudio de las ciencias, se han propuesto cambios en el desarrollo de las prácticas con el fin de reforzar el uso de los conocimientos previos de los alumnos y generar conflictos cognitivos para mejorar el proceso de aprendizaje. De acuerdo con Caamaño (1992), no se trata tanto de descubrir sino de construir conocimiento a partir de compartir nuestras ideas con las de los demás.

De acuerdo con Roth y Roychoudhury (1993), el aprendizaje es más efectivo y los alumnos desarrollan mayores destrezas cuando las prácticas se realizan teniendo en cuenta contextos auténticos o lo que es lo mismo, próximos a él de manera que se hacen más creíbles. Según estos autores, también es importante que no tengan una solución única y previamente definida. Además, todas las ventajas comentadas anteriormente es importante tener en cuenta las ventajas del trabajo cooperativo que supone funcionar como un grupo de prácticas ya que ayuda a los alumnos a tener en cuenta el punto de vista de los demás

La investigación-acción aplicada en la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO y la enseñanza de la célula y el ADN compañeros renunciando, negociando o posponiendo sus intereses personales en beneficio del objetivo del grupo. Finalmente y, como se ha comentado anteriormente, la participación del alumno en la elaboración del guión mediante el planteamiento de preguntas dirigidas por el docente, mejora las situaciones de aprendizaje (Luckie et al. 2004; Gallego et al. 2019; Gormally et al. 2009).

### **2.3.2. Los experimentos didácticos**

Las actividades prácticas son muy importantes para la promoción del conocimiento científico. La realización de pocas actividades relacionadas con la investigación y el carácter cerrado de la mayoría de los protocolos de prácticas ha provocado que se estén realizando cambios relacionados con un cambio de orientación de los trabajos prácticos dando como resultados el desarrollo de pequeñas investigaciones o experimentos didácticos (Gil, 1981; Gené, 1986; Rua y Alzate, 2012, Cutrera, 2020; Guerrero y García, (2020).

Tal y como se ha comentado anteriormente, la técnica de investigación-acción se podría aplicar en la enseñanza de las ciencias y concretamente, podría mejorar la práctica docente de la asignatura de Biología y Geología de 4ºESO. Esta técnica se podría aplicar mediante la transformación de una actividad práctica en un experimento didáctico. Esta transformación supondría el uso del método científico para la resolución de problemas teniendo en cuenta:

1. La identificación del problema a partir de la observación de las evidencias
2. El diseño del procedimiento a realizar
3. La observación de las variables y el planteamiento de preguntas que las cuestionen
4. Formulación de los objetivos
5. Formulación y prueba de hipótesis
6. Reflexión sobre el proceso y los resultados
7. Llegar a conclusiones y argumentarlas

Según Albaladejo, Caamaño y Jiménez (1995), el uso de experimentos didácticos implica una serie de beneficios educativos a partir del cumplimiento de los siguientes objetivos:

1. **Motivación** porque se realiza en ambientes lúdicos. Además, se aprende al hablar y al escribir de ciencia, esto se concibe como parte del proceso de alfabetización

La investigación-acción aplicada en la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO y la enseñanza de la célula y el ADN científica. Igualmente, se promueve el desarrollo de habilidades comunicativas y el trabajo en equipo.

2. Los estudiantes **viven en primera persona** el fenómeno que se está estudiando.
3. A partir de la experimentación, se **comprenden** mejor los contenidos y teorías
4. **Desarrollar habilidades prácticas** debido al uso de material de laboratorio, la observación, el manejo de datos...
5. **Desarrollar habilidades cognitivas** porque se aplica la lógica científica mediante el planteamiento de hipótesis, la resolución de problemas...
6. **Disfrutar de la tarea científica** con el fin de desarrollar la perseverancia, la colaboración y/o la curiosidad.

Si se quieren alcanzar estos objetivos a partir del uso de los experimentos didácticos, se debe enfocar desde el punto de vista del descubrimiento dirigido ya que si se enfoca desde el modelo tradicional, el experimento únicamente serviría como ejemplo de la teoría y no tendría el impacto deseado. Los experimentos didácticos, al igual que en el caso del aprendizaje basado en problemas (ABP), se basan en el modelo de descubrimiento dirigido pero no son lo mismo, ya que en este último, no se analizan datos ni se plantean hipótesis. Según Caamaño (1992), estas actividades se deben preparar teniendo en cuenta que se debe dar tiempo para la discusión sobre su realización y los resultados obtenidos es decir, atendiendo las fases del pre y post experimento.

Una propuesta para la realización de más experimentos didácticos sería la transformación de las prácticas convencionales en experimentos didácticos. Si es así, se deberían cumplir algunos pasos:

1. Plantear un problema teniendo en cuenta la introducción y los objetivos de la práctica.
2. Presentar unos objetivos.
3. Dar una hipótesis inicial.
4. Planificar; el material, procedimiento, las indicaciones para la realización del experimento (debe de ser replicable).
5. Analizar los datos
6. Obtener conclusiones a las que queremos que lleguen los alumnos.

7. Plantear problemas futuros con el fin que sepan que pueden plantear otros problemas a partir de sus resultados.
8. Comunicar los resultados.

El uso de experimentos didácticos también plantea algunos inconvenientes como sería: que son una simplificación de un modelo científico complejo o que está descontextualizado en términos histórico-conceptuales (Galagovsky y Adúriz, 2001). También se tiene que tener en cuenta que requiere más tiempo debido a la necesidad de planificación y la elaboración de los recursos necesarios ya que, esto no es necesario si la clase se da de manera oral. Igualmente, el nivel de esfuerzo y compromiso tanto por parte tanto del docente como del alumno es mayor aunque a medio plazo, permitirá a ambas partes enfocar los futuros aprendizajes con el fin de garantizar el éxito en la resolución de problemas (García y Martínez, 2011).

Una de las prácticas más comunes a nivel de secundaria, es la extracción del ADN (ácido desoxirribonucleico) con material cotidiano. El objetivo de la práctica es mostrar uno de los métodos clave para la Biotecnología aplicando un protocolo sencillo. La extracción del ADN es una práctica que aporta una excelente oportunidad para explicar su uso en aplicaciones de gran relevancia tanto en la medicina moderna como en el análisis forense y/o el diagnóstico de enfermedades pero no se suele profundizar más allá del propio procedimiento de extracción. Igualmente, esta práctica implica el uso y aplicación de conceptos básicos de Química, Física y Biología pero en general, se realiza aplicando el protocolo redactado por los docentes sin discutir, sin argumentar los fundamentos y sin enfatizar su aplicación interdisciplinar de los conceptos clave.

A partir de esta información, se considera que la transformación de esta práctica en un experimento didáctico puede ser una oportunidad para aprovechar los beneficios que implica esta práctica como serían: la comprensión de conceptos básicos, el debate de sus múltiples aplicaciones en diversos campos de estudio o la necesidad del trabajo en equipo mezclando disciplinas con el fin de aprovechar todo el conocimiento. Finalmente, con el fin que el alumno sea una parte activa en la práctica, el docente plantea preguntas dirigidas a lo largo de la práctica para que participen en el desarrollo del protocolo y puedan, al final de la práctica, argumentar los resultados, conclusiones y sus aplicaciones futuras. Además, se hará

La investigación-acción aplicada en la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO y la enseñanza de la célula y el ADN un especial énfasis a la fase puesta en común y comunicación de los resultados de igual manera que si se tratara de una experiencia científica.

### 3. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

La propuesta de intervención que se presenta implica el desarrollo de una unidad didáctica centrada en la extracción del ADN, uno de los contenidos del currículo de Educación Secundaria Obligatoria, aplicando la investigación-acción como técnica explicada anteriormente y concretamente, desarrollando un experimento didáctico. Para asegurar que los alumnos dispongan de los conceptos necesarios para el desarrollo del experimento, en las primeras sesiones se van a trabajar conceptos previos como la célula (tipos y orgánulos) y la división celular así como el concepto de gen y cromosoma.

#### 3.1. PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA

A lo largo del trabajo se ha presentado la evolución y los retos asociados al aprendizaje de las ciencias, así como los motivos por los que se justifica esta intervención educativa seguida por los fundamentos teóricos de la investigación-acción y de los experimentos didácticos.

A continuación, se expone una propuesta de intervención dividida en diversos apartados. El primero es una contextualización de la propuesta donde se explicarán algunas características del centro educativo y del alumnado al que va destinada esta intervención. Además, se expondrá la legislación que se ha aplicado (Estatal y Autonómica) correspondiente a la asignatura de Biología y Geología de 4ºESO. La intervención en el aula se basa en la metodología de Investigación-acción y concretamente en el uso de experimentos didácticos que sigue el modelo constructivista y por descubrimiento (en este caso guiado). El objetivo final es mejorar el aprendizaje de las ciencias a partir de la aplicación de una metodología que fomente el aprendizaje autónomo. La unidad didáctica de la propuesta de intervención se denomina "Exploramos la célula para encontrar nuestro material genético" y se compone de 14 sesiones presenciales. Igualmente se describirán los objetivos generales descritos en el Decreto 187/2015, de 25 de agosto, de ordenación de los aprendizajes de educación secundaria obligatoria de la Generalitat de Cataluña. Así mismo, se recogerán los objetivos específicos que deben cumplir los alumnos y, que se han elaborado de acuerdo con esta

La investigación-acción aplicada en la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO y la enseñanza de la célula y el ADN intervención. También, se identificarán los contenidos, los estándares de aprendizaje, las competencias clave que se van a desarrollar con las actividades propuestas y los recursos y los materiales necesarios para su realización. Finalmente, se presenta una autoevaluación de la propuesta mediante la elaboración de una matriz DAFO y una propuesta para la evaluación de la propuesta por parte de los alumnos.

### 3.2. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROPUESTA

El centro educativo se localiza en el municipio de Palamós (Girona) y pertenece a la Comunidad Autónoma de Cataluña. El centro es concertado y se encuentra en el centro del municipio. El alumnado es heterogéneo porque hay familias de 4 países diferentes y son familias de estructura social de clase media-alta.

Esta propuesta está destinada a los alumnos que cursan la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO. Esta clase consta de 24 alumnos de los cuales, 10 son chicos y 14 son chicas. Una característica a tener en cuenta de este grupo es que muchos se conocen desde hace varios años ya que en el centro se cursa desde preescolar hasta bachillerato. Esto, junto a que se trata de un municipio pequeño hace que entre ellos se hayan forjado relaciones cercanas. Desde el punto de vista académico, se trata de una clase prometedora ya que la mayoría de los alumnos son aplicados y, la nota media de la clase es de notable. Además, ningún alumno presenta necesidades específicas por lo que no precisan de apoyo educativo y, no hay alumnos repetidores.

La presente intervención se propone para implantar en un centro educativo de Cataluña por lo que aunque se tendrá en cuenta la legislación Estatal mediante el Real Decreto 1105/2014, del 26 de diciembre por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato pero la propuesta se centrará en la legislación Autonómica mediante el seguimiento del Decreto 187/2015, de 25 de agosto, de ordenación de los aprendizajes de educación secundaria obligatoria de la Generalitat de Catalunya. Igualmente, se debe tener en cuenta que en Cataluña se aplica la LOE (Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación) y no la LOMCE lo que conlleva algunos ajustes como sería el caso de la ausencia de estándares de aprendizaje. En el caso de las competencias, se

La investigación-acción aplicada en la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO y la enseñanza de la célula y el ADN tendrá en cuenta las establecidas por la legislación autonómica (Decreto 187/2015, de 25 de agosto, de ordenación de los aprendizajes de educación secundaria obligatoria de la Generalitat de Cataluña) y las establecidas por la legislación estatal (Orden ECD/65/2015, de 21 de enero) ya que en la legislación autonómica no se contemplan de la misma manera.

En esta intervención se elaborará una Unidad Didáctica denominada "Exploramos la célula para encontrar nuestro material genético". En este caso, la atención a la diversidad se trabajará teniendo en cuenta las diferentes agrupaciones y actividades.

### 3.3. INTERVENCIÓN EN EL AULA

En la intervención que se presenta se expondrán los objetivos curriculares y específicos, las competencias clave que se tendrán en cuenta en esta intervención, los contenidos a tratar, la metodología aplicada, el cronograma y secuenciación de actividades, los recursos necesarios y las formas de evaluación.

#### 3.3.1. Objetivos

##### 3.3.1.1 Objetivos curriculares

Los objetivos de etapa y de asignatura de acuerdo con el Decreto 187/2015, de 25 de agosto, de ordenación de los aprendizajes de educación secundaria obligatoria de la Generalitat de Catalunya, y que están relacionados con la realización de esta intervención son los siguientes:

Los objetivos de etapa:

**OG1.** Asumir con responsabilidad sus deberes y ejercer sus derechos respeto a los otros, entender el valor del diálogo, de la cooperación, de la solidaridad, del respeto de los derechos humanos como valores básicos para una ciudadanía democrática.

**OG2.** Desarrollar y consolidar hábitos de estudio, de trabajo individual y cooperativo y de disciplina como base indispensable para un aprendizaje responsable y eficaz para conseguir un desarrollo personal equilibrado.

**OG3.** Valorar y respetar la diferencia de sexos y la igualdad de derechos y oportunidades entre ellos. Rechazar los estereotipos que supongan una discriminación entre hombres y mujeres.

**OG4.** Fortalecer sus capacidades afectivas en todos los ámbitos de la personalidad y en sus relaciones con los demás, así como rechazar la violencia, los prejuicios de cualquier tipo, los comportamientos sexistas y resolver pacíficamente los conflictos.

**OG5.** Desarrollar el espíritu emprendedor y la confianza en sí mismo, el sentido crítico, la iniciativa personal y la capacidad para aprender a aprender, planificar, tomar decisiones y asumir responsabilidades.

**OG6.** Adquirir buenas habilidades comunicativas: una expresión y comprensión orales, una expresión escrita y una comprensión lectora correcta en lengua catalana, en lengua castellana y, en su caso, en aranés; y consolidar los hábitos de lectura y comunicación empática, así como el conocimiento, la lectura y el estudio de la literatura.

**OG7.** Comprender y expresarse de manera apropiada en una o más lenguas extranjeras.

**OG8.** Desarrollar hábitos para el análisis crítico de la información, en diferentes apoyos, mediante instrumentos digitales y otros, para transformar la información en conocimiento propio y, comunicarlo a través de diferentes canales y formatos.

**OG9.** Comprender que el conocimiento científico es un saber integrado que se estructura en diversas disciplinas y, conocer y aplicar los métodos de la ciencia para identificar los problemas propios de cada ámbito para la resolución y la toma de decisiones.

**OG10.** Valorar críticamente los hábitos sociales relacionados con la salud, el consumo y el medio ambiente, y contribuir a su conservación y mejora.

**OG11.** Valorar la necesidad del uso seguro y responsable de las tecnologías digitales, teniendo cuidado en la gestión de la propia identidad digital y, el respeto a los demás.

### **3.3.1.2 Objetivos específicos o didácticos**

Los objetivos específicos o de aprendizaje del alumno que se pretenden cumplir mediante esta propuesta de intervención son los siguientes:

**OE1.** Diferenciar la célula procariota y eucariota.

**OE2.** Reconocer la función de los orgánulos celulares.

**OE3.** Identificar las distintas fases del ciclo celular. Mitosis y meiosis.

**OE4.** Conocer la composición, estructura y función del ADN.

**OE5.** Conocer conceptos básicos sobre la ingeniería genética y su repercusión.

### 3.3.2. Competencias

El Decreto 187/2015, de 25 de agosto, de ordenación de los aprendizajes de educación secundaria obligatoria de la Generalitat de Cataluña, establece unas competencias básicas en función del ámbito al que se refieren: lingüístico, matemático, científico tecnológico, social, artístico, de la educación física, de cultura y valores, digital y personal y social. En nuestro caso trabajaremos las competencias del ámbito científico tecnológico. Estas competencias se basan en aquellas capacidades que permiten a los alumnos resolver problemas a partir del conocimiento científico y técnico, así como al dominio de los procesos de la actividad científica. Es un saber que permite el razonamiento y que contribuye a la educación global de los alumnos porque los hace capaces de interactuar de manera reflexiva delante de situaciones que se consideran relevantes.

Las competencias del ámbito de conocimiento científico y técnico destinadas a contenido de la célula y el ADN y que se van a trabajar en esta intervención son:

- **CCT2. Competencia 2:** Identificar y caracterizar los sistemas biológicos y geológicos desde la perspectiva de los modelos, para comunicar y predecir el comportamiento de los fenómenos naturales. El conocimiento de conceptos como la célula y el ADN así como la elaboración del informe de prácticas donde deben de usar una determinada terminología y razonar sus conclusiones, contribuyen a la ejecución de esta competencia.
- **CCT4. Competencia 4:** Identificar y resolver problemas científicos susceptibles a ser investigados en el ámbito escolar que impliquen el diseño, la realización y la comunicación de investigaciones experimentales. La presente intervención permite la

La investigación-acción aplicada en la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO y la enseñanza de la célula y el ADN resolución de problemas científicos a partir de la realización de todas las fases de un diseño experimental, interpretando y comunicando los resultados en el marco de los conceptos adquiridos.

- **CCT5 Competencia 5:** Resolver problemas de la vida cotidiana aplicando el razonamiento científico. Una de las etapas de la intervención es plantear situaciones donde los alumnos pueden aplicar lo que han aprendido resolviendo preguntas abiertas como, ¿qué haríais para solucionarlo? De esta manera, se cumple esta competencia.
- **CCT6. Competencia 6:** Reconocer y aplicar los procesos implicados en la elaboración y validación del conocimiento científico. Esta competencia se trabaja a partir de la identificación y realización de las partes de una investigación científica (hipótesis, objetivos, conclusiones...).
- **CCT11. Competencia 11:** Adoptar medidas con criterios científicos que eviten o minimicen los impactos medioambientales derivados de la intervención humana en el ámbito científico tecnológico. El debate final de la intervención pretende trabajar la concienciación de las actividades humanas relacionadas con la biotecnología y la sociedad.
- **CCT15. Competencia 15:** Dar respuesta a las preguntas sobre sexualidad y reproducción humanas, a partir del conocimiento científico, valorando las consecuencias de las conductas de riesgo. Los contenidos relacionados con la división celular y, concretamente con la división de cromosomas en la reproducción sexual conlleva a que se deba facilitar la verbalización de las ideas previas y/o preguntas relacionadas con la sexualidad.

Igualmente, se trabajan dos competencias del ámbito digital:

- **AD1. Competencia 1.** Seleccionar, configurar y programar dispositivos digitales según las tareas a realizar. Esta competencia se va a trabajar mediante la selección y configuración de los dispositivos digitales como el ordenador, usando sus funciones básicas, almacenando los datos y realizando copias de seguridad.
- **AD2. Competencia 2.** Utilizando las aplicaciones de edición de textos, presentaciones multimedia y tratamiento de datos numéricos para la producción de documentos. La

presente intervención implica el uso de programas de edición de textos para el registro de las respuestas y comentarios así como programas para el registro de datos y la presentación de los resultados.

Y dos competencias del ámbito personal y social que serían

- **APS1. Competencia 1.** Tomar conciencia de uno mismo e implicarse en el proceso de crecimiento personal. Esta competencia se trabaja a partir de la organización de debates y actividades de trabajo compartido a partir de las cuales se observa la capacidad de comunicación, persuasión, timidez, razonamiento..., de cada alumno para después poder tener conversaciones y reflexiones personales con ellos.
- **APS3. Competencia 3.** Desarrollar habilidades y actitudes que permitan afrontar los retos del aprendizaje a lo largo de la vida. La intervención que se propone aporta una enfoque de la evolución científicotécnica y pretende motivar el aprendizaje a lo largo de la vida a partir del incremento de la curiosidad del alumnado.

También se ha considerado pertinente tener en cuenta las competencias clave que se exponen en la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero. En este documento se describe la relación entre competencias, contenidos y criterios de evaluación de la Educación Primaria, Secundaria Obligatoria y Bachillerato. De acuerdo con este documento, las competencias que se van a trabajar en esta intervención son:

**CC1. Competencia en comunicación lingüística (CCL).** Los alumnos deben conocer la diversidad del lenguaje y las formas de comunicación. Igualmente deben conocer y emplear el vocabulario y la gramática. Además, deben saber expresarse de forma oral y escrita teniendo en cuenta el contexto en el que se encuentren, buscar información y procesarla. Esta competencia se trabajará en casi todas las sesiones especialmente en aquellas en que los alumnos debían buscar información y realizar una lectura comprensiva y/o comunicar sus resultados al grupo clase.

**CC2. Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT).** Esta competencia hace hincapié en la importancia de tener conocimientos científicos básicos, el lenguaje científico o la importancia de la investigación científica. La asignatura de Biología y Geología de 4ºESO ya tiene una naturaleza científica por lo que esta unidad didáctica ya

La investigación-acción aplicada en la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO y la enseñanza de la célula y el ADN contempla la adquisición de esta competencia a lo largo de todas las actividades propuestas por ejemplo, los alumnos deberán recurrir al pensamiento crítico para la resolución de las actividades.

**CC3. Competencia digital (CD).** Para el desarrollo de esta unidad didáctica es muy importante el uso de las TIC, ya sea a partir de la búsqueda de información usando material multimedia o elaborando contenido multimedia en clase. Igualmente, los alumnos deberán respetar los principios éticos del sector digital y valorar las ventajas e inconvenientes que se les presentan.

**CC4. Competencia para aprender a aprender (CPAA).** En la unidad didáctica que se presenta, el alumnado deberá adquirir autonomía buscando recursos y respuestas a las problemáticas presentadas. Además, como algunas de las actividades son grupales, aprenderá de las respuestas de los demás compañeros y a participar en los debates. Finalmente, esta unidad está pensada para que el alumno sea capaz de motivarse para el aprendizaje siendo el protagonista de la actividad, investigando y buscando las respuestas a lo largo del camino para poder ir avanzando.

**CC5. Competencias sociales y cívicas (CSC).** La unidad didáctica que se presenta implica algunas actividades en grupo, lo que les permitirá relacionarse y participar de manera activa y democrática. Además, también se debe tener en cuenta la participación en el entorno virtual.

**CC6. Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor (SIE).** Los alumnos deben buscar por ellos mismos las respuestas a las preguntas (o hipótesis) que se plantean. Igualmente deben ser capaces de planificar tanto individual como grupal. El trabajo en grupo implica conocer y aplicar el trato igualitario entre hombres y mujeres y/o etnias. Deben saber comunicarse teniendo en cuenta el respeto, la justicia, la igualdad y los derechos humanos.

**CC7. Conciencia y expresiones culturales (CEC).** Los alumnos aprenderán a comprender y expresar la calidad de su trabajo para su propio aprendizaje a partir de las presentaciones en las que reflejaran sus resultados.

### 3.3.3. Contenidos

Los objetivos específicos elaborados para esta unidad se han relacionado con los contenidos y los criterios de evaluación que se trabajan en esta intervención y que están recogidos en el Decreto 187/2015, de 25 de agosto, de ordenación de los aprendizajes de educación secundaria obligatoria de la Generalitat de Cataluña (página 141). Al mismo tiempo, esta información se relaciona con las competencias clave establecidas en la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero. Toda esta información se presenta en la Tabla 2.

**Tabla 2** Relación entre los objetivos específicos, contenidos, criterios de evaluación y las competencias para el contenido: "La vida, conservación y cambio" de Biología y Geología de 4º ESO según el Decreto 187/2015, de 25 de agosto.

| OBJETIVOS ESPECÍFICOS   | CONTENIDOS   | CRITERIOS DE EVALUACIÓN   | COMPETENCIAS                       |
|---|--|---|------------------------------------|
| <b>OE1.</b> Diferenciar la célula procariota y eucariota                            | <b>C1.</b> La célula. Estructura y tipos.  | <b>CE1.</b> Comparar los diferentes tipos de células y reconocer las funciones de los orgánulos celulares y la relación entre morfología y función  | CMCT, CD, CSC, CCL                 |
| <b>OE2.</b> Reconocer la función de los orgánulos celulares                         |  |   |                                    |
| <b>OE3.</b> Identificar las distintas fases del ciclo celular. Mitosis y meiosis.   | <b>C2.</b> Los cromosomas y el ciclo celular. Mitosis y Meiosis  | <b>CE2.</b> Reconocer las características básicas del ciclo celular y describir el proceso de la reproducción celular, identificando las diferencias y similitudes básicas entre la mitosis y la meiosis para interpretar su significado biológico. | CMCT, CD, CCL, CPAA, CSC, CEC      |
| <b>OE4.</b> Conocer la composición, estructura y función del ADN                    | <b>C3.</b> El ADN. Composición, estructura y funciones biológicas. Concepto de gen   | <b>CE3.</b> Relacionar la replicación del ADN con la conservación de la información genética y con el concepto de gen.  | CMCT, CD, CSC, CCL, SIE            |
| <b>OE5.</b> Conocer conceptos básicos sobre la ingeniería genética y su repercusión | <b>C4.</b> Técnicas y aplicaciones de la ingeniería genética en diferentes campos y las repercusiones en los seres vivos y los ecosistemas | <b>CE4.</b> Relacionar algunos métodos de ingeniería genética con las bases científicas. Valorar las implicaciones éticas de algunas de estas técnicas.   | CMCT, CCL, CSC, CEC, CPAA, CD, SIE |

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.4. Metodología

Tal y como se ha comentado anteriormente, se va a aplicar la técnica de investigación-acción a partir de la realización de un experimento didáctico. Esta técnica se basa en el modelo constructivista y en el modelo por descubrimiento donde, en los dos casos, el protagonista es el alumno ya que se le hace partícipe activo del proceso de aprendizaje. El docente actúa como guía de este proceso proporcionando las pautas necesarias para que el alumno aprenda. El objetivo es ir más allá de la actividad práctica fomentando el razonamiento científico en un ambiente lúdico a partir de la realización de una actividad experimental planificada con anterioridad (Galagovsky y Adúriz (2001). Para la consecución de las actividades, los alumnos deben plantearse hipótesis, llegar a conclusiones a partir de la interpretación de los resultados y compartirlos y comunicarlo a los demás.

La diversidad del alumnado se ha tenido en cuenta a partir de la formación de diferentes agrupaciones y la realización de diversas actividades.

Se van a realizar un total de 14 sesiones repartidas en 5 actividades.

Antes de la realización del experimento didáctico, los alumnos deben tener unos conocimientos previos que les permitan poder realizar con éxito la propuesta. Sería el caso de los tipos de células, sus orgánulos, los procesos de mitosis y meiosis o qué es y donde se encuentra el ADN. La célula es un contenido explicado en cursos anteriores pero no es el caso del ADN y varios aspectos relacionados con la ingeniería genética como sus técnicas o repercusiones de su uso en el ser humano y los ecosistemas. Por este motivo, las 6 primeras sesiones que se presentan en esta intervención están destinadas a la realización de actividades que tratan estos contenidos. Estas sesiones se desarrollarán siguiendo una misma pauta: primero el docente hace preguntas con el fin de introducir los conceptos que se van a dar y ayudar a recordar los conceptos explicados en sesiones anteriores. Después, el docente hará la explicación apoyándose en una presentación PowerPoint. Con el fin de afianzar los conceptos e ir integrando las nuevas ideas, los alumnos deberán realizar actividades relacionadas con el tema. Estas actividades se realizan en sus ordenadores y se envían al docente para su corrección.

Algunos trabajos se van a realizar de manera individual y otros de manera grupal. Las agrupaciones se van a realizar teniendo en cuenta la diversidad del alumnado por lo que se van a formar grupos heterogéneos. No sólo se tendrán en cuenta aspectos académicos sino que también se tendrá en cuenta la diversidad de sexo y cultura. El objetivo es que todos los alumnos estén en igualdad de condiciones para la realización de las sesiones.

De acuerdo con esto, los grupos que se van a formar son:

- ❖ 12 grupos de 2 estudiantes
  - Sesiones 3, 4 y 5.
- ❖ 8 grupos de 3 estudiantes
  - Sesiones 2 y de 8 a 14.

### **3.3.5. Cronograma y secuenciación de actividades**

En este apartado se muestra la propuesta de cronograma con la temporalización y programación de la intervención. En el caso de los contenidos seleccionados, les corresponde 14 sesiones de 55 minutos cada una. Aun así, atendiendo a las necesidades del grupo a las situaciones que se pueden dar, las sesiones se pueden ver modificadas por ejemplo con más tiempo de exposición del docente, en este caso pueden terminar algunas de las actividades en casa.

La primera actividad o "Va de células" está destinada a la presentación de la unidad didáctica y al conocimiento de las ideas previas de los alumnos. En esta primera sesión, se presenta la unidad de forma general haciendo especial hincapié en los conceptos explicados en otros cursos, al final de la sesión, se realiza un *Kahoot*. Para el docente, es importante saber cuál es el nivel de conocimiento de la clase para poder tener una primera idea de qué alumnos van a poder seguir sin problema la unidad y qué alumnos van a necesitar mayor atención.

En la segunda actividad o "La célula procariota y eucariota y las funciones de sus orgánulos celulares" se explican las diferencias entre células procariotas y eucariotas así como las funciones de los orgánulos celulares.

La investigación-acción aplicada en la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO y la enseñanza de la célula y el ADN

La tercera actividad o " La división celular y los cromosomas" se realizan en las sesiones 3, 4 y 5, con el fin de conocer los procesos de mitosis y meiosis e identificar las distintas fases del ciclo celular.

En la cuarta actividad o " Nos preparamos para la investigación: El ADN y sus aplicaciones en el campo de la ingeniería genética", se explican los conceptos necesarios para la realización del experimento didáctico

La quinta actividad "A la pesca del ADN" corresponde al experimento didáctico y se realiza en las sesiones 7 a 14. La sesión 7, se destina a la introducción del experimento didáctico haciendo una introducción al ADN, explicando los objetivos y en qué consistirá cada uno de los apartados, que son: propuesta de la hipótesis, elaboración del protocolo, realización de las actividades, redacción de las conclusiones y la comunicación de los resultados. También se explica cómo se realiza la evaluación. Además en esta sesión 7, se realiza la selección de la hipótesis y la elaboración del protocolo mediante preguntas dirigidas por el docente. Al final de la sesión, se dispone del protocolo completo para poderlo realizar en la sesión 8. En la sesión 8 se realiza la extracción del ADN. En las sesiones 9 y 10, los alumnos completan las actividades relacionadas con las prácticas buscando la información en la web. En la sesión 11, se elaboran las conclusiones y se completa el apartado de problemas futuros. Las sesiones 12, 13 y 14 se destinan al apartado de comunicación.

En la siguiente tabla se presentan las fases de la metodología con la sesión y las actividades donde se trabajan.

Los contenidos, competencias y la temporalización de las actividades de acuerdo con las sesiones se detallan en la tabla 3.

**Tabla 3** Temporalización y programación del desarrollo de la propuesta didáctica.

| Sesión | Contenidos | Actividades  | Competencias  |
|--------|------------|--|---|
| 1      | C1 y C2    | Actividad 1 "Va de células!"   | CMCT, CD; CCT1, CCT2, AD1                                   |
| 2      | C1         | Actividad 2. La célula procariota y eucariota y las funciones de sus orgánulos celulares                           | CMCT, CD, CSC, CCL; CCT2, AD1                               |
| 3 y 4  | C2         | Actividad 3. La división celular y los cromosomas  | CMCT, CD, CCL, CPAA, CSC, CEC; CCT2, AD1                    |
| 5      | C2 y C3    |  | CMCT, CD, CSC, CCL; CCT2, AD1                               |
| 6      | C3         | Actividad 4. Nos preparamos para la investigación: El ADN y sus aplicaciones en el campo de la ingeniería genética | CMCT; CD, CCL, CSC; CCT2, AD1, APS1                         |
| 7      |            |  | CMCT, SIE; CCT2   |
| 8      |            |  | CMCT, CCL, CSC, CEC, CPAA; CCT2 a CCT15, APS1, APS2         |
| 9      |            |  | CMCT, CD, CSC, CPAA; CCT2 a CCT15, AD1, AD2, APS1, APS3     |
| 10     |            |  | CMCT, CD, CSC, CPAA; CCT2 a CCT15, AD1, AD2, APS1, APS3     |
| 11     | C3 y C4    | Actividad 5. A la pesca del ADN  | CMCT, CD, CSC, SIE, CEC; CCT2 a CCT15, AD2, APS1, APS3      |
| 12     |            |  | CMCT, CD, CSC, SIE, CEC; CCT2 a CCT15, AD1, AD2, APS1, APS3 |
| 13     |            |  | CMCT, CD, CSC, SIE, CEC; CCT2 a CCT15, AD1, AD2, APS1, APS3 |
| 14     |            |  | CMCT, CD, CCL, CSC, CEC; CCT2 a CCT15, AD1, AD2, APS1, APS3 |

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se describe el desarrollo de cada sesión con las actividades de la propuesta.

### 3.3.5.1 Actividad 1

**Tabla 4. Ficha de la actividad 1, sesión 1. Actividad inicial de prueba de los conocimientos previos del alumno.**

|  |                           |
|--|---------------------------|
| <b>Actividad 1: "Va de células"</b>  |                           |
| <b>Objetivos específicos:</b> OE1, OE2, OE3  | <b>Contenidos:</b> C1, C2 |
| <b>Objetivos de la actividad:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Conocer las ideas previas de los alumnos</li> <li>✓ Motivar la participación de los alumnos</li> <li>✓ Reforzar y recordar los conocimientos previos sobre la célula</li> </ul> |                           |
| Descripción de la sesión 1:  | Competencias clave:       |
| Presentación de los objetivos de la unidad didáctica y de los contenidos que se van a dar (15')  | CCL                       |
| Explicación de la célula y el ciclo celular de acuerdo con los conceptos estudiados en cursos pasados (10')  | CMCT X                    |
| Realización de un <i>Kahoot!</i> de ideas previas sobre la célula y el ciclo celular (20') (Anexo 1)   | CD X                      |
| Resolución de dudas (10')  | CPAA                      |
|  | CSC                       |
|  | SIE                       |
|  | CEL                       |
| <b>Espacio y agrupamiento:</b> Recursos:   |                           |
| Aula ordinaria.  | Proyector del aula.       |
| Individual   | Ordenador del docente     |
|  | Móviles de los alumnos    |
| Evaluación: esta actividad no se evalúa.   |                           |

Fuente: Elaboración propia.

- ❖ **Sesión 1.** Al inicio, el docente introducirá la unidad didáctica explicando los objetivos y contenidos así como los procedimientos de evaluación. Igualmente, explicará la realización del experimento didáctico. En concreto, les va a informar que después de repasar la célula y el ciclo celular van a realizar una serie de actividades relacionadas con los conceptos de los ácidos nucleicos, el ADN y la ingeniería genética y sus repercusiones en el hombre y los ecosistemas. En esta sesión también se van a resolver dudas sobre la

La investigación-acción aplicada en la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO y la enseñanza de la célula y el ADN consecución de la unidad didáctica. Después, se empezará la unidad con una breve explicación de la célula y el ciclo celular de acuerdo con los conceptos estudiados en cursos pasados. A lo largo de esta explicación, se irán haciendo preguntas a los alumnos para ir facilitando la recuperación de lo que habían aprendido. Algunas de estas preguntas pueden ser:

- ¿Qué es la célula?
- ¿Recodáis el nombre de los orgánulos celulares?
- ¿Qué funciones realiza la célula?
- ¿Qué tipos de divisiones celulares hay?

Luego, se explicará el procedimiento del *Kahoot!* o cuestionario donde se utiliza la gamificación con el fin de motivar a los alumnos al mismo tiempo que podemos valorar su conocimiento. El objetivo del *Kahoot!* es valorar las ideas previas de los alumnos a partir de la realización de una serie de preguntas relacionadas con el contenido de la unidad. A partir de los resultados, el docente podrá valorar qué contenidos presentan más dificultades y qué contenidos conocen mejor. A partir de aquí, el docente podrá adaptar, dentro del posible, la complejidad del resto de actividades y las explicaciones con el objetivo que el alumno pueda comprenderlo e integrarlo a sus estructuras cognitivas. Las preguntas y las respuestas del *Kahoot!* con título "Va de células" se presenta en el Anexo 1. La actividad se va a realizar de forma individual con el fin de conocer el grado de conocimiento de cada alumno.

### 3.3.5.2 Actividad 2

**Tabla 5. Ficha de la actividad 2, sesión 2. Actividad de desarrollo.**

|   |                       |
|---|-----------------------|
| <b>Actividad 2:</b> "La célula procariota y eucariota y las funciones de sus orgánulos celulares"   |                       |
| <b>Objetivos específicos:</b> OE1, OE2  | <b>Contenidos:</b> C1 |
| <p><b>Objetivos de la actividad:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Conocer las diferencias entre una celula eucariota y procariota.</li> <li>✓ Conocer las funciones de los orgánulos celulares y relacionarlas con su estructura y morfología.</li> </ul> |                       |

|  |                          |
|--|--------------------------|
| <p>✓ Reconocer los orgánulos en muestras tomadas por el microscópico electrónico.</p>  |                          |
| Descripción de la sesión 2:  | Competencias clave:      |
| ✓ Preguntas para recordar clases anteriores (5 min).   | CCL x                    |
| ✓ Explicación del docente sobre las funciones de los orgánulos celulares y presentación de fotografías de células animales y vegetales observadas con el microscopio electrónico (15 min). | CMCT x                   |
| ✓ Realización de las actividades (20 min). (Anexo 2)   | CD x                     |
| ✓ Puesta en común de las respuestas (15 min).  | CPAA                     |
|  | CSC x                    |
|  | SIE                      |
|  | CEL                      |
| Espacio y agrupamiento:  | Recursos:                |
| Aula ordinaria.  | Proyector del aula.      |
| 8 grupos de 3 estudiantes  | Ordenador del docente    |
|  | Ordenador de los alumnos |
| Evaluación: Observación de la actitud, actividades según rúbrica de la evaluación continua   |                          |

Fuente: Elaboración propia.

❖ **Sesión 2.** Al inicio, el docente empezará haciendo una serie de preguntas con el fin de recordar lo visto en la clase anterior (5 minutos). Algunas de estas preguntas pueden ser:

- ¿Qué diferencias hay entre una célula procariota y una eucariota?
- ¿Qué orgánulos celulares recordáis?

Después, el docente realizará una breve explicación sobre las funciones de los orgánulos celulares guiándose por unas diapositivas en PowerPoint donde se expondrá: un dibujo de una célula vegetal con sus orgánulos indicados y, al lado, la función que realizan y lo mismo para una célula animal. En esta presentación, el docente presentará fotografías de células animales y vegetales observadas con el microscopio electrónico indicando como se ven los orgánulos desde el punto de vista de esta técnica con el fin de dar una idea más real de su presencia (15 minutos). Luego, el docente agrupará a los alumnos en 8 grupos de 3 estudiantes con el fin de realizar una serie de ejercicios (20 minutos) (Anexo 2). Antes de terminar la clase, se pondrán en común las respuestas (15 min).

### 3.3.5.3 Actividad 3

**Tabla 6. Ficha de la actividad 3, sesiones 3,4 y 5. Actividad de desarrollo.**

|   |                       |     |   |      |   |    |   |      |   |     |   |     |  |     |   |
|---|-----------------------|-----|---|------|---|----|---|------|---|-----|---|-----|--|-----|---|
| <b>Actividad 3: " La división celular y los cromosomas"</b>   |                       |     |   |      |   |    |   |      |   |     |   |     |  |     |   |
| <b>Objetivos específicos:</b> OE3   | <b>Contenidos:</b> C2 |     |   |      |   |    |   |      |   |     |   |     |  |     |   |
| <b>Objetivos de la actividad:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Relacionar la mitosis y la meiosis con los procesos biológicos</li> <li>✓ Reconocer las fases de la mitosis y la meiosis</li> <li>✓ Conocer las estructuras celulares que participan en los procesos de división celular</li> <li>✓ Comprender el concepto de gen y su relación con los cromosomas</li> </ul>  |                       |     |   |      |   |    |   |      |   |     |   |     |  |     |   |
| <b>Descripción de la sesión 3, 4 y 5:</b>   |                       |     |   |      |   |    |   |      |   |     |   |     |  |     |   |
| <b>Sesión 3:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Explicación del docente con la presentación de imágenes y realización de preguntas (15 min).</li> <li>✓ Visualización de un video sobre la mitosis y la meiosis (10 min).</li> <li>✓ Realización de un esquema de cada proceso de división celular (30 min)</li> </ul> <b>Sesión 4</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Continuación de la realización de un esquema de cada proceso de división celular (30 min)</li> <li>✓ Puesta en común de los esquemas y resolución de dudas (10 min).</li> <li>✓ Resumen teórico de la sesión (15 min).</li> </ul> <b>Sesión 5</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Preguntas para recordar clases anteriores (5 min).</li> <li>✓ Explicación del docente sobre la meiosis relacionada con los cromosomas y los genes (15 min).</li> <li>✓ Realización de las actividades (25 min). (Anexo 3)</li> </ul> |                       |     |   |      |   |    |   |      |   |     |   |     |  |     |   |
| <b>Competencias clave:</b> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">CCL</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">x</td> </tr> <tr> <td>CMCT</td> <td style="text-align: center;">x</td> </tr> <tr> <td>CD</td> <td style="text-align: center;">x</td> </tr> <tr> <td>CPAA</td> <td style="text-align: center;">x</td> </tr> <tr> <td>CSC</td> <td style="text-align: center;">x</td> </tr> <tr> <td>SIE</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CEL</td> <td style="text-align: center;">x</td> </tr> </table>  |                       | CCL | x | CMCT | x | CD | x | CPAA | x | CSC | x | SIE |  | CEL | x |
| CCL   | x                     |     |   |      |   |    |   |      |   |     |   |     |  |     |   |
| CMCT  | x                     |     |   |      |   |    |   |      |   |     |   |     |  |     |   |
| CD  | x                     |     |   |      |   |    |   |      |   |     |   |     |  |     |   |
| CPAA  | x                     |     |   |      |   |    |   |      |   |     |   |     |  |     |   |
| CSC   | x                     |     |   |      |   |    |   |      |   |     |   |     |  |     |   |
| SIE   |                       |     |   |      |   |    |   |      |   |     |   |     |  |     |   |
| CEL   | x                     |     |   |      |   |    |   |      |   |     |   |     |  |     |   |

✓ Puesta en común de las respuestas (10 min).

Espacio y agrupamiento:

Aula ordinaria.

12 grupos de 2

Recursos:

Proyector del aula.

Ordenador del docente

Ordenador de los alumnos

Evaluación: Observación de la actitud, actividades según rúbrica de la evaluación continua

Fuente: Elaboración propia.

- ❖ **Sesión 3.** El docente presentará diferentes imágenes como serían de un espermatozoide, un ovocito, un embrión o células madre de la médula ósea humana mientras realiza preguntas con el fin de que los alumnos lo relacionen con la mitosis y la meiosis. El objetivo de esta primera intervención es conocer las ideas previas de los alumnos y que comiencen a establecer relaciones que les ayude a asimilar los nuevos conocimientos. A medida que los alumnos comparten sus ideas, el docente lo apuntará en la pizarra para que se vaya construyendo una primera definición del concepto de división celular de manera colectiva (15 minutos). Luego, el docente pondrá un video sobre la mitosis y la meiosis con el fin que puedan observar los procesos (<https://www.youtube.com/watch?v=goyfzlZuUWw>) (10 minutos). Después, el docente establecerá 12 grupos de 2 estudiantes y se les enviará el link del video a sus Ordenadores. Cada grupo deberá hacer un esquema de cada proceso de división celular haciendo capturas de pantalla del video y utilizándolo como imagen con la que van a trabajar: le asignan un título que resuma lo observado y describirán qué está ocurriendo. Se realizará un esquema de la mitosis y uno de la meiosis por grupo en un PowerPoint. Esta actividad requiere más tiempo por lo que formará parte de la sesión 4 (30 minutos de cada sesión).
- ❖ **Sesión 4.** Primero se deben finalizar los esquemas que se empezaron en la sesión 3 (30 minutos). Luego, se hará una puesta en común de lo que han observado en el vídeo y los esquemas que han realizado con el fin de afianzar los conceptos clave y resolver dudas (10 minutos). Finalmente, el docente volverá a presentar las imágenes de la sesión 3 y recuperará los apuntes de la pizarra con el fin de aclarar las primeras ideas (15 minutos).

❖ **Sesión 5.** La sesión 5 se empezará con preguntas orientadoras por parte del docente con el objetivo de recordar conceptos de la sesión anterior e introducir el concepto de cromosoma. Algunas de estas preguntas pueden ser: ¿Cuál es la finalidad de la meiosis?, ¿y de la mitosis?, ¿Cuáles son las principales diferencias entre los dos procesos? ¿En qué tipo de células ocurre cada tipo de células? (5 minutos) El docente comentará que la meiosis garantiza que los individuos aporten un número correcto de cromosomas en la descendencia y hará una explicación con un soporte de PowerPoint sobre los cromosomas y los genes (15 minutos). Al finalizar la explicación, los alumnos realizarán las actividades relacionadas con el tema (Anexo 3) en los grupos de 2 que ya se habían hecho en las dos sesiones anteriores (25 minutos). Antes de terminar la sesión, las actividades se corregirán en modo grupal (10 minutos).

### 3.3.5.4 Actividad 4

**Tabla 7.** *Ficha de la actividad 4, sesión 6. Actividad de desarrollo.*

|  |                       |
|--|-----------------------|
| <b>Actividad 4:</b> " Nos preparamos para la investigación: El ADN y sus aplicaciones en el campo de la ingeniería genética"   |                       |
| <b>Objetivos específicos:</b> OE4  | <b>Contenidos:</b> C3 |
| <b>Objetivos de la actividad:</b>  |                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Conocer la estructura de los ácidos nucleicos</li> <li>✓ Identificar el ADN como molécula portadora del material hereditario</li> </ul> |                       |
| Descripción de la sesión 6   | Competencias clave:   |
| ✓ Preguntas para recordar clases anteriores (5 min).   | CCL x                 |
| ✓ Visualización del video sobre la estructura y composición del ADN (5 min).   | CMCT x                |
| ✓ Explicación del docente con soporte de la figura del esquema del ADN y los cromosomas (15 min).  | CD x                  |
| ✓ Debate sobre el descubrimiento de la estructura del ADN (15 min)   | CPAA x                |
| ✓ Realización de las actividades (15 min). (Anexo 4)   | CSC x                 |
| SIE  |                       |
| CEL  | x                     |
| Espacio y agrupamiento:  | Recursos:             |

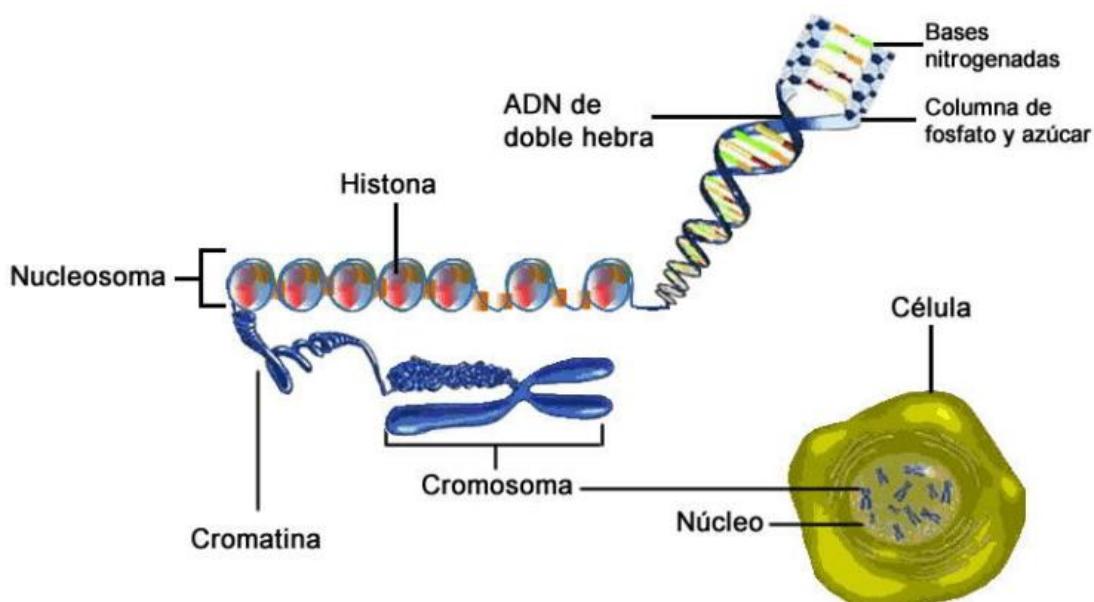
Aula ordinaria.  
Individual

Proyector del aula.  
Ordenador del docente  
Ordenador de los alumnos

Evaluación: Observación de la actitud, actividades según rúbrica de la evaluación continua

Fuente: Elaboración propia.

❖ **Sesión 6.** En esta sesión se explica la estructura y composición del ADN así como su empaquetamiento hasta formar los cromosomas pero primero se realizan preguntas para recordar clases anteriores (5 minutos) y luego se visualiza el video (<https://www.youtube.com/watch?v=B4RAE7ZP2Qw>) con el fin de conocer su estructura y composición (5 minutos). Después, se presenta la figura 4 con el fin de apoyar la explicación sobre el empaquetamiento del ADN para formar cromosomas (15 minutos).



**Figura 4. Organización del ADN.**

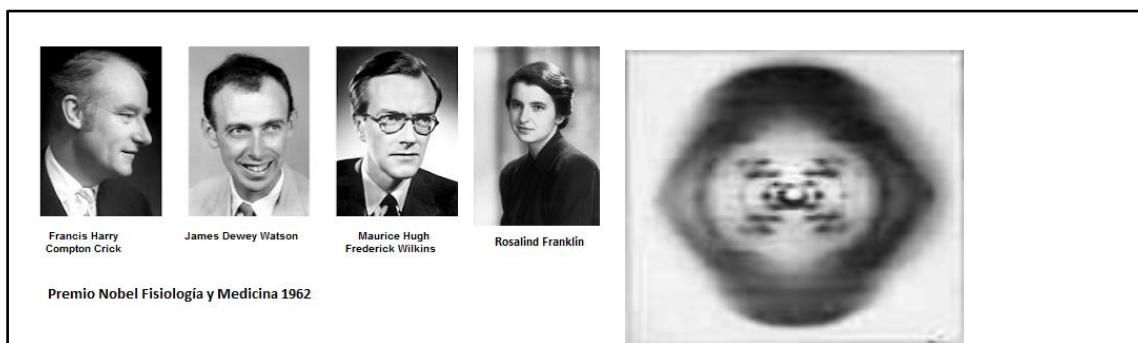
Fuente: <https://www.veritasint.com/blog/es/genes-y-cromosomas-como-determinan-nuestra-vida-y-nuestra-salud/>.

La investigación-acción aplicada en la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO y la enseñanza de la célula y el ADN

Después de la explicación, el docente envía a los ordenadores la siguiente noticia sobre el descubrimiento de la estructura del ADN (Figura 5) y se abre un debate con el fin de comprobar la opinión de los alumnos así como para responder dos preguntas (15 minutos):

- En el descubrimiento de la estructura molecular, ¿cuál fue la importancia de su trabajo?
- ¿Por qué crees que no fue reconocido su trabajo?

**Figura 5.** Noticia sobre el descubrimiento de la estructura del ADN destinada al debate.



En 1953, dos jóvenes científicos, el físico Francis Crick y el biólogo James Watson anunciaron que eran los primeros en revelar la estructura del ADN. Aunque, su trabajo conjunto empezó en 1951, no fue hasta 1953 que expusieron sus resultados. Al mismo tiempo, en 1950 la fisicoquímica Rosalind Franklin y el biofísico Maurice Wilkins realizaban sus estudios cristalográficos de difracción de rayos X sobre moléculas de ADN. En 1952, antes que Watson y Crick anunciaran tan esperado resultado, Rosalind Franklin obtuvo la fotografía donde se observaba la estructura helicoidal o de doble hélice del ADN.

Sin el consentimiento de Rosalind Franklin, Maurice Wilkins envió la imagen a Watson y Crick lo que supuso el dato definitivo para determinar que la estructura del ADN era una doble hélice y no, una triple como se pensaba.

En 1962, recibían el Premio Nobel de Fisiología Medicina por sus investigaciones sobre la estructura del ADN. Rosalind Franklin murió en 1958 sin que la comunidad científica tuviera en cuenta su inestimable labor.

Fuente: Elaboración propia.

Los alumnos deben responder las preguntas en un documento Word y enviar al docente para su evaluación. Finalmente, los alumnos deben realizar las actividades asignadas a esta sesión (15 minutos) (Anexo 4).

### 3.3.5.5 Actividad 5

**Tabla 8.** Ficha de la actividad 5, sesiones de 7 a 14. Actividad de desarrollo.

| <b>Actividad 5: " A la pesca del ADN"</b>  |   |
|--|---|
| <b>Objetivos específicos:</b> OE4 y OE5  | <b>Contenidos:</b> C3 y C4                          |
| <b>Objetivos de la actividad:</b>  |   |
| <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Conocer la estructura y composición del ADN</li><li>✓ Conocer y vivir el trabajo científico</li><li>✓ Aprender un método de extracción del ADN</li><li>✓ Comprender la importancia y repercusión de la ingeniería genética</li></ul>   |   |
| <b>Descripción de las sesiones 7 a 14</b>  | <b>Competencias clave:</b>                          |
| <b>Sesión 7</b>  | CCL x   |
| <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Preguntas para recordar los conceptos aprendidos sobre el ADN que son necesarios para el experimento didáctico (10 min).</li><li>✓ Introducción del experimento didáctico y explicación de los objetivos de cada apartado así como la evaluación (15 min). (Anexo 5)</li><li>✓ Preguntas dirigidas para la elaboración de la hipótesis (30 min).</li></ul> | CMCT x<br>CD x<br>CPAA x<br>CSC x<br>SIE x<br>CEL x |
| <b>Sesión 8</b>  |   |
| <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Explicación de las normas del laboratorio (5 min).</li><li>✓ Revisión del protocolo elaborado en la sesión 7 (5 min).</li><li>✓ Protocolo de extracción del ADN (40 min).</li><li>✓ Limpieza del laboratorio (5 min).</li></ul>  |   |

**Sesión 9**

- ✓ Realización de las actividades (55 min).

**Sesión 10**

- ✓ Realización de las actividades (55 min).

**Sesión 11**

- ✓ Elaboración de las conclusiones y realización del apartado de problemas futuros (55 min).

**Sesión 12**

- ✓ Preparación de la presentación PowerPoint a partir de la imagen seleccionada (55 min).

**Sesión 13**

- ✓ Exposiciones de las presentaciones de las presentaciones (50 min).
- ✓ Resolución de dudas (5 min).

**Sesión 14**

- ✓ Elaboración de los dibujos/esquemas/fotos de una de las fases del proceso de extracción (40 min).
- ✓ Elaboración de los pósters (15 min)

|  |                          |
|--|--------------------------|
| Espacio y agrupamiento:                        | Recursos:                |
| Laboratorio                                    | Ordenador del docente    |
| Grupal (Sesión 7)                              | Ordenador de los alumnos |
| 8 grupos de 3 estudiantes (sesiones de 8 a 13) | Material de laboratorio  |

|  |
|--|
| Evaluación: Observación de la actitud, actividades según rúbrica de la evaluación continua |
|--|

Fuente: Elaboración propia.

- ❖ **Sesión 7.** Esta sesión 7 se destina a recordar los conceptos aprendidos sobre el ADN que son necesarios para el experimento didáctico. Además, se realiza una introducción del experimento didáctico explicando los objetivos y en qué consistirá cada uno de los apartados: propuesta de la hipótesis, elaboración del protocolo, realización de las actividades, redacción de las conclusiones y la comunicación de los resultados. Se reparte el informe del experimento didáctico (Anexo 5). También se explica cómo se

La investigación-acción aplicada en la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO y la enseñanza de la célula y el ADN realiza la evaluación (15 minutos). Además en esta sesión 7, se realiza la selección de la hipótesis y la elaboración del protocolo mediante preguntas dirigidas por el docente (30 minutos). Al final de la sesión, se dispone del protocolo completo para poderlo realizar en la sesión 8.

- ❖ **Sesión 8.** En esta sesión se realiza la extracción del ADN. Antes de empezar el procedimiento, se explican las normas del laboratorio (5 minutos) y se revisa el protocolo elaborado en la sesión anterior para comprobar que todos saben qué tiene que hacer (5 minutos). El docente agrupa los alumnos en 8 grupos de 3 estudiantes. Después, se realiza la extracción del ADN de las muestras (40 minutos). Al final de la sesión, se limpia el laboratorio (5 minutos).
- ❖ **Sesión 9.** En la sesión 9, los alumnos manteniendo los grupos de prácticas responden a las actividades relacionadas con las prácticas buscando la información en la web (55 minutos).
- ❖ **Sesión 10.** En la sesión 10, se continua con la realización de las actividades relacionadas con las prácticas buscando la información en la web (55 minutos).
- ❖ **Sesión 11.** Manteniendo los grupos de prácticas, se responde el apartado de conclusiones y problemas futuros (55 minutos).
- ❖ **Sesión 12.** Primero, cada grupo selecciona una imagen y prepara una presentación PowerPoint para explicar los conceptos relacionados con ella y la práctica con el fin de exponer las reflexiones en una presentación de 5 minutos al resto de compañeros (55 minutos).
- ❖ **Sesión 13.** En esta sesión se realiza la exposición de las presentaciones elaboradas en la sesión 12. Cada presentación tiene una duración de 5 a 6 minutos (50 minutos). Los últimos minutos de la sesión se destinan a la resolución de dudas (5 minutos).
- ❖ **Sesión 14.** En esta sesión, el grupo clase elabora dos posters con un dibujo/esquema/foto de una de las fases del proceso de extracción. Con este fin, cada grupo de prácticas trabaja una de las fases del proceso de extracción: desde la preparación de las muestras hasta la observación en el microscopio (40 minutos). La fase a trabajar depende de la imagen que hayan trabajado en la sesión 13 tal y como se muestra en la tabla 9.

**Tabla 9.** Relación entre la imagen seleccionada y el proceso a trabajar.

| Presentación  | dibujo/esquema/foto             |
|---|---------------------------------|
| <b>9.1 Papel de la sal en el tampón de lisis y en la fase de precipitación.</b>                                 | Preparación de la muestra       |
| <b>9.2 Efecto del detergente sobre la membrana celular</b>  | Preparación del tampón de lisis |
| <b>9.3 El bicarbonato en el tampón de lisis: el concepto de pH y de tampón o amortiguador químico</b>           | Aislamiento del ADN             |
| <b>9.4 Los compuestos inmiscibles de diferentes densidades y el alcohol en la última fase de la extracción.</b> | Observación del ADN             |

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se reúnen los grupos de manera que haya dos grupos principales cada uno con una representación de cada fase para la elaboración del poster (15 minutos). Como son 8 grupos se obtienen 2 posters.

### 3.3.6. Recursos

En la tabla 10 se presentan los recursos necesarios para realizar la propuesta de intervención expuesta.

**Tabla 10.** Recursos necesarios para la realización de la propuesta de intervención.

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>Recursos materiales</b> | Ordenador del profesor<br>Ordenador de los alumnos<br>Proyector del aula<br>Material de laboratorio para el experimento didáctico: muestras (animal y vegetal), material de medición y preparación de la muestra (cuchara, batidora, cuchillo, vaso de precipitado, embudo con gasa, tubo de ensayo, varilla de vidrio, cronómetro), reactivos (agua destilada fría, detergente de lavavajillas, sal, alcohol de 96 %, azul de metileno), portaobjetos y cubreobjetos, microscopio óptico. |
| <b>Recursos espaciales</b> | Aula (sesiones 1 a 6)<br>Laboratorio (sesiones 7 a 14)   |
| <b>Recursos humanos</b>    | No se van a necesitar más recursos humanos que el propio profesor del aula.  |

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.7. Evaluación

La evaluación de los alumnos será continua e individualizada basándose en la recogida de datos a lo largo de la intervención y la realizará el docente. También se realizará una autoevaluación por parte de los alumnos.

La evaluación tendrá en cuenta tanto la adquisición de los contenidos como de las competencias así como la actitud, el comportamiento y la participación en los grupos de trabajo.

#### 3.3.7.1 Criterios de evaluación y calificación

De acuerdo con el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato, los criterios de evaluación son el referente específico para evaluar el aprendizaje del alumnado ya que describen aquello que se quiere valorar y que por lo tanto, los alumnos deben alcanzar. Estos criterios hacen referencia tanto a los conocimientos como a las competencias y son específicos de cada asignatura y curso. En el caso del presente trabajo, se tendrán en cuenta los criterios de evaluación recogidos en el Decreto 187/2015, de 25 de agosto, de ordenación de los aprendizajes de educación secundaria obligatoria de la Generalitat de Catalunya. En esta propuesta, los criterios que se tiene en cuenta son:

- ✓ CE1. Comparar los diferentes tipos de células y reconocer las funciones de los orgánulos celulares y la relación entre morfología y función
- ✓ CE2. Reconocer las características básicas del ciclo celular y describir el proceso de la reproducción celular, identificando las diferencias y similitudes básicas entre la mitosis y la meiosis para interpretar su significado biológico.
- ✓ CE3. Relacionar la replicación del ADN con la conservación de la información genética y con el concepto de gen.
- ✓ CE4. Relacionar algunos métodos de ingeniería genética con las bases científicas. Valorar las implicaciones éticas de algunas de estas técnicas.

Tal y como se ha comentado anteriormente, la evaluación es continua y para la valoración de la adquisición de los contenidos y las competencias se van a tener en cuenta las actividades propuestas a lo largo de las actividades, entre ellas, el informe del experimento

La investigación-acción aplicada en la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO y la enseñanza de la célula y el ADN didáctico, la actitud y el trabajo en equipo. La evaluación de las actividades se ha diferenciado en dos grupos: las actividades que no forman parte del experimento didáctico que suponen un 30% de la evaluación continua y el informe del experimento didáctico junto con el póster que suponen el 60% (del cual 50% es el informe y un 10% es póster). El 10% restante corresponde a la actitud y el trabajo en grupo (5% cada uno).

La atención a la diversidad se ha tenido en cuenta a partir de la realización de diferentes actividades que, al mismo tiempo, se han realizado a partir de diferentes agrupaciones.

### 3.3.7.2 Herramientas de evaluación

Las herramientas de evaluación serán:

- Observaciones del docente con el fin de valorar la actitud y el trabajo en equipo.
- Actividades
- Informe del experimento didáctico
- Rúbrica de las actividades
- Autoevaluación del alumno

En la tabla 11, se presentan las relaciones entre los criterios de evaluación y calificación, el % de la evaluación, las herramientas de evaluación y las sesiones donde se obtienen.

**Tabla 11.** Relación entre los criterios de evaluación y calificación, el % de la evaluación, las herramientas de evaluación y las sesiones.

| Aspectos a evaluar           |                       | % evaluación | Herramientas de evaluación                      | Sesiones   |
|------------------------------|-----------------------|--------------|---|------------|
| <b>Actividades</b>           | Corrección            | 25           | Fichas de actividades según rúbrica.            | 2, 3, 4, 5 |
|                              | Expresión escrita     | 5            |   |            |
| <b>Experimento didáctico</b> | Experimento didáctico | 50           | Informe de prácticas según rúbrica.             | De 7 a 11  |
|                              | Presentación oral     | 5            | Observación de la presentación según rúbrica.   | 13         |
|                              | Póster                | 5            | Presentación del póster según rúbrica.          | 14         |
| <b>Actitud</b>               |                       | 5            | Observación durante las sesiones según rúbrica. | De 1 a 14  |
| <b>Trabajo en grupo</b>      | <b>Participación</b>  | 2.5          | Observación durante las sesiones según rúbrica. | De 2 a 14  |
|                              | <b>Planificación</b>  | 2.5          |   |            |

Fuente: Elaboración propia.

La rúbrica que se va a usar para evaluar se detalla en la tabla 12.

**Tabla 12.** Rúbrica de la evaluación continua.

|                                    |   | NIVEL DE LOGRO   |   |   |  |
|------------------------------------|---|--|---|---|--|
|                                    |   | Nivel 1 (suspenso)   | Nivel 2 (aprobado)  | Nivel 3 (notable)   | Nivel 4 (sobresaliente)  |
| <b>Actividades (30%)</b>           | Actividades (25%)                             | Menos de la mitad correcto.  | Más de la mitad correcto.   | Casi todo correcto.   | Todo correcto.   |
|                                    | Expresión escrita (5%)                        | Se expresa de manera incomprendible y demuestra que no entiendo el tema.                             | Se expresa de forma comprensible pero muestra cierta inseguridad en el conocimiento de los conceptos.                             | Con la expresión se muestra seguridad en la comprensión de los conceptos.                       | Con la expresión se muestra seguridad en la comprensión de los conceptos. Sin faltas de ortografía.                  |
| <b>Experimento didáctico (60%)</b> | Informe de prácticas (50%)                    | Menos de la mitad correcto. Se expresa de manera incomprendible y demuestra que no entiendo el tema. | Más de la mitad correcto<br>Se expresa de forma comprensible pero muestra cierta inseguridad en el conocimiento de los conceptos. | Casi todo correcto<br>Con la expresión se muestra seguridad en la comprensión de los conceptos. | Todo correcto<br>.Con la expresión se muestra seguridad en la comprensión de los conceptos. Sin faltas de ortografía |
|                                    | Expresión oral (5%)                           | No muestra interés por expresarse.   | Se expresa con dificultad.  | Se expresa de forma comprensible.   | Se expresa de forma clara haciendo énfasis a las ideas principales.  |
|                                    | Póster (5%)                                   | No tiene relación con los procesos del experimento didáctico.  | Falta información de algún o algunos procesos del experimento didáctico.  | Esquematiza y explica correctamente todos los procesos del experimento didáctico.               | Esquematiza y explica de forma excelente todos los procesos del experimento didáctico.                               |
| <b>Actitud (5%)</b>                | Comportamiento                                | Inaceptable en la mayoría de las sesiones.   | Aceptable en la mayoría de las sesiones.  | Bueno en todas las sesiones.  | Excelente en todas las sesiones.   |
| <b>Trabajo colaborativo (5%)</b>   | Participación                                 | No participa.  | Poca participación.   | Participa de forma activa.  | Participación activa u con aportaciones importantes.   |
|                                    | Planificación y organización dentro del grupo | No ha mostrado interés en la planificación y la organización dentro del grupo.                       | Ha presentado algunos problemas en la planificación y la organización dentro del grupo.   | Correcta planificación y la organización dentro del grupo.                                      | Muy eficiente en la planificación y la organización dentro del grupo.  |

Fuente. Elaboración propia.

La autoevaluación de los alumnos se propone con el fin de hacer conscientes a los alumnos del grado de conocimiento que han adquirido, sus logros a lo largo del proceso, los problemas que se pueden haber encontrado y el esfuerzo realizado. Esta autoevaluación se realiza al finalizar el experimento didáctico, es decir, después de la sesión 14. En la tabla 13 se muestra el modelo de autoevaluación que se va a seguir.

**Tabla 13.** *Modelo de autoevaluación propuesto.*

1. ¿Consideras que has comprendido los contenidos de las sesiones?
2. ¿Has terminado las actividades en clase?
3. ¿Te ha gustado la elaboración de tu propio protocolo de prácticas?
4. El experimento didáctico ¿te ha resultado difícil?
5. ¿Has tenido algún problema en la búsqueda de información si es que si, ¿Cuál?
6. ¿Te ha parecido interesante la experiencia del laboratorio?
7. ¿Has participado activamente en los grupos de trabajo?
8. ¿Te plantearías dedicarte a la ciencia como futuro profesional?
9. ¿Te han parecido útiles los contenidos estudiados?
10. ¿Te gustaría repetir la experiencia con otros contenidos?

Fuente. Elaboración propia.

### 3.4. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA

La propuesta que se ha presentado se ha basado en la realización de un experimento didáctico en la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO. Uno de los primeros problemas que ha surgido es abordar todos los contenidos relacionados con el objetivo del experimento, la extracción del ADN. Aunque algunos de ellos como sería el caso de la célula y sus orgánulos ya se habían dado en cursos anteriores, los aspectos relacionados con la genética son totalmente nuevos para los alumnos. Éste ha sido el motivo de la preparación de las seis primeras sesiones que tenían por objetivo explicar conceptos básicos para poder entender el procedimiento experimental de la práctica. Aún así, en esta propuesta se ha intentado adaptar los contenidos a los objetivos previamente establecidos. Otro aspecto a tener en cuenta es la preparación del informe del experimento didáctico y el tiempo de dedicación que supone. Se debe dedicar tiempo a exponer las actividades de acuerdo a los conocimientos del alumno. Finalmente, aunque me parece muy positivo el hecho de que los alumnos conozcan el verdadero trabajo de un científico, ya sea elaborando protocolos, realizándose o elaborando y contrastando hipótesis, se debe tener en cuenta que no es tarea fácil para un profesional pues mucho menos para un alumno.

En general, aunque el uso de experimentos didácticos puede suponer un reto tanto para el docente como para los alumnos, me parece muy positivo que ambos tengan la oportunidad de trabajar como un científico y vivir, por unos días, las experiencias que ello supone.

En este caso, se ha realizado una autoevaluación de la propuesta mediante la elaboración de una matriz DAFO (Tabla 14) donde se exponen las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades que se han encontrado a lo largo de la elaboración de la propuesta. Finalmente, se redactó un cuestionario para los alumnos con el fin de poder evaluar la propuesta en el caso que se ponga en práctica (Tabla 15).

**Tabla 14. Matriz DAFO**

| FACTORES INTERNOS  | FACTORES EXTERNOS  |
|--|--|
| <b>DEBILIDADES</b><br>D1. Falta de tiempo para la realización del experimento didáctico.<br>D2. Falta de recursos (material de laboratorio) y tiempo.<br>D3. Complejidad del trabajo científico.<br>D4. Dificultad para implantar los experimentos didácticos en secundaria. | <b>AMENAZAS</b><br>A1. Dificultad en el cambio de metodología.<br>A2. No terminar el exceso de contenidos<br>A3. Dificultad en el cambio de la evaluación.<br>A4. Recursos costos.                         |
| <b>FORTALEZAS</b><br>F1. Motivación de los alumnos<br>F2. Trabajo colaborativo<br>F3. Trabajo en el laboratorio<br>F4. Combinación teoría con práctica   | <b>OPORTUNIDADES</b><br>O1. Cambio de la percepción del trabajo científico.<br>O2. Motivación para el estudio de las ciencias.<br>O3. Trabajo interdisciplinar.<br>O4. Mejora del ambiente de aprendizaje. |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 15. Evaluación de la propuesta para el alumnado.**

| Evaluar el grado de satisfacción de 0 (muy malo) a 5 (muy bueno) marcando con una X |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
|   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| <b>Actividades del experimento didáctico</b>  |   |   |   |   |   |
| <b>Tenías los conocimientos necesarios para su realización</b>                      |   |   |   |   |   |
| <b>El protocolo te ha resultado difícil</b>   |   |   |   |   |   |
| <b>Te ha parecido una actividad larga</b>   |   |   |   |   |   |
| <b>Te a ayudado a comprender los conceptos</b>                                      |   |   |   |   |   |
| <b>Te ha gustado trabajar en equipo</b>   |   |   |   |   |   |
| <b>Te ha gustado trabajar en el laboratorio</b>                                     |   |   |   |   |   |
| <b>Las actividades te han gustado</b>   |   |   |   |   |   |
| <b>La presentación de los resultados te ha gustado</b>                              |   |   |   |   |   |
| <b>Este tipo de actividades se deberían realizar en otras asignaturas</b>           |   |   |   |   |   |

Fuente: Elaboración propia.

## 4. CONCLUSIONES

Tal y como se ha comentado anteriormente, se plantean nuevas demandas que se traducen en retos educativos y, que ponen de manifiesto la reflexión sobre qué ciencia enseñar en el aula con el fin de dar respuesta a la demanda de la sociedad y permita motivar a los alumnos para el estudio de las ciencias. Por este motivo, se plantea sustituir las prácticas tradicionales por experimentos didácticos siguiendo la técnica de investigación-acción que se basa en el modelo constructivista y por descubrimiento.

El objetivo general de este TFM es elaborar una propuesta de intervención que permita al alumnado de 4ºESO mejorar su aprendizaje y motivación en las ciencias usando la investigación-acción y, concretamente a partir del uso de un experimento didáctico. A parte de este objetivo general se establecieron unos objetivos específicos: (1) profundizar en el conocimiento sobre la evolución del estudio de las ciencias experimentales y los modelos didácticos, (2) recoger y analizar la información sobre la técnica de la investigación-acción y concretamente sobre los experimentos didácticos, (3) analizar los proyectos desarrollados siguiendo la técnica de la investigación-acción con el fin de hacer una primera evaluación de sus ventajas e inconvenientes y (4) diseñar una unidad didáctica para la asignatura de Biología y Geología de 4ºESO basada en la técnica de investigación-acción y el diseño de un experimento didáctico para trabajar parte del contenido "La vida, conservación y cambio".

Teniendo en cuenta estos objetivos, las conclusiones de este TFM son:

- 1) La enseñanza de las ciencias ha ido cambiando a lo largo del tiempo al igual que las necesidades de la sociedad. Hoy en día se considera imprescindible la alfabetización científica con el fin que todos los ciudadanos puedan participar en las cuestiones relacionadas con la ciencia y la tecnología.
- 2) Actualmente, los docentes disponen de una amplia variedad de estrategias y técnicas con el fin de trabajar para alcanzar esta alfabetización. Una de estas técnicas es la investigación-acción que combina aspectos del modelo constructivista y del modelo por descubrimiento. Ésta técnica se basa en promover el cambio a partir del proceso de resolución de un problema implicando su reflexión.
- 3) La técnica de investigación-acción se puede aplicar en el aula mediante la transformación de una actividad práctica en un experimento didáctico. Existen

La investigación-acción aplicada en la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO y la enseñanza de la célula y el ADN

numerosas propuestas que aplican el uso de esta técnica. En el caso del diseño de experimentos didácticos se mencionan algunos inconvenientes como sería otorgar a los alumnos la capacidad investigadora, la necesidad de establecer un equilibrio entre los contenidos que se deben dar y la profundización de la investigación y el hecho que el alumno deba dedicar más esfuerzo siendo imprescindible que quiera participar. Una solución que se plantea implica el uso del descubrimiento guiado donde el docente actúa como guía con el fin centrar el proceso. Respecto a la motivación del alumno, es necesario que el alumno vea en la propuesta una relación con su entorno.

- 4) A partir de toda la información expuesta, se pretendía desarrollar un experimento didáctico con el fin de mejorar la comprensión de los contenidos al mismo tiempo que se acercaba el trabajo científico a los alumnos. Con el fin de hacer posible la realización del experimento didáctico, se han tratado previamente algunos de los contenidos. Uno de los beneficios del experimento didáctico es que los alumnos aprenden en un contexto diferente al aula y, pueden trabajar diversas habilidades como el uso de material de laboratorio o el trabajo en equipo. Éste tipo de práctica permite la comprensión de los contenidos relacionados con el tema además de entender sus aplicaciones y la necesidad del trabajo en equipo para llegar a las conclusiones.

La extracción del ADN es una práctica común donde se pretende mostrar uno de los métodos clave para la Biotecnología. Esta práctica aporta una excelente oportunidad para explicar el uso del ADN en aplicaciones de gran relevancia así como para entender su estructura y composición para comprender el procedimiento de extracción. Además, se trata de una práctica interdisciplinar porque participan conceptos básicos de Química, Física y Biología.

## 5. LIMITACIONES Y PROSPECTIVA

La principal limitación es el no poder poner en práctica la propuesta didáctica quedando como una propuesta teórica. Al no poder probarla no se dispone de información para valorar si aspectos como los objetivos, la adecuación de las actividades o la aplicabilidad del experimento didáctico. De la misma manera, tampoco se dispone de información sobre si la aplicación de la propuesta mejora el proceso de aprendizaje desarrollo y si mejora la motivación de los alumnos por las ciencias.

Igualmente, a lo largo del desarrollo del experimento didáctico únicamente se han tenido en cuenta los contenidos de la asignatura de Biología y Geología de 4ºESO sin considerar los contenidos de Física y Química aunque en la propuesta se tratan contenidos de esta materia. Este aspecto se podría mejorar transformando el experimento didáctico en una práctica multidisciplinar.

Otra limitación a tener en cuenta es la cantidad de contenido que presenta el currículo de Educación Secundaria ya que para que un experimento didáctico sea efectivo debe de permitir la dedicación de tiempo para la reflexión y comprensión de los contenidos. Los contenidos del currículo son muy amplios obligando a los docentes a trabajar mucho en poco tiempo.

La evaluación es otro aspecto a considerar sobre todo teniendo en cuenta que se trata de una propuesta donde muchas de las actividades son grupales. Cuando se trabaja en grupo o cuando se realiza un debate y todos están participando en mayor o menor grado, no es sencillo evaluar la aportación individual de cada uno de ellos. Entonces, como prospectiva se podrían proponer herramientas que ayuden a los docentes en este aspecto.

Como prospectiva general de este Trabajo de Final de Máster se plantea aplicar este experimento didáctico en una aula y, la práctica tradicional en la otra con el fin de evaluar si la propuesta didáctica cumple con los objetivos planteados inicialmente.

## Referencias bibliográficas

- Albaladejo, C., Caamaño, A. y Jiménez, M. (1995). *Los trabajos prácticos en materiales del área de Ciencias de la naturaleza para los cursos de la actualización científica y didáctica. Módulo III: Didáctica de las Ciencias*. Dirección General de Formación del Profesorado. España: MEC
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1976). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo* (Vol. 3). México: Trillas.
- Bravo, A., Izquierdo, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista electrónica de la enseñanza de las ciencias*, 1 (13), 130-140.
- Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction* (Vol. 59). Harvard University Press.
- Bruner, J. S., & Maldonado, A. (1980). *Investigaciones sobre el desarrollo cognitivo*. Pablo del Río.
- Caamaño, A. (1992). Los trabajos prácticos en ciencias experimentales Una reflexión sobre sus objetivos y una propuesta para su diversificación. *Aula de Innovación Educativa.. Revista Aula de Innovación Educativa* 9.
- Castejón Costa, J. L., & Navas Martínez, L. (2009). Aprendizaje, desarrollo y disfunciones. Implicaciones para la enseñanza en la Educación Secundaria. *1ra. Ed. Sitio Oficial [en línea] San Vicente (Alicante)*.
- Cutrera, G. (2020). Un análisis clasificatorio del conocimiento sobre la justificación del conocimiento científico en futuros profesores de ciencias exactas y naturales. *Revista Electrónica sobre Educación Media y Superior*, 7(14), 1-18.
- Díaz Barriga, F. (2003). Cognición y estrategias para el aprendizaje significativo. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 5 (2). Recuperado de <https://redie.uabc.mx/redie/article/view/85>
- Eggen, P. D., & Kauchak, D. P. (1999). El modelo inductivo: una visión constructivista del aprendizaje. *Estrategias docentes. Enseñanza de contenidos curriculares y desarrollo de habilidades de pensamiento*, 71-116.

La investigación-acción aplicada en la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO y la enseñanza de la célula y

el ADN

Eleizalde, M., Parra, N., Palomino, C., Reyna, A., & Trujillo, I. (2010). Aprendizaje por descubrimiento y su eficacia en la enseñanza de la Biotecnología. *Revista de investigación*, 34(71), 271-290.

Encabo de Lucas, A. (2010). *Cuerpo de profesores de enseñanza secundaria. Biología y Geología. Programación didáctica de 2º de ESO*. Ciencias de la Naturaleza. Madrid: Editorial CEP.

Fensham, P. J. (2000). Providing suitable content in the "science for all" curriculum. Improving science education: The contribution of research, 147-164.

Fourez, G. (1999). *L'enseignement des sciences. En crise?*. La Nouvelle Revue, 110, 96-99.

Fourez, G. (2002). Les sciences dans l'enseignement secondaire. Didaskalia (París).

García, S. & Martínez, C. (2011). La estrategia de enseñanza por investigación: Actividades y secuenciación. En P. Cañal, (Coord), *Didáctica de las Biología y la Geología* (pp. 109-128). Barcelona: Graó.

Galagovsky, L. y Adúriz, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 231-242. Recuperado de: <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21735/21569>.

Gallego, R. E., Marcos-Merino, J. M., & Ochoa de Alda, J. G. (2019). Extracción de ADN con material cotidiano: diseño, implementación y validación de una intervención activa interdisciplinar. *Educación química*, 30(1), 42-57.

Gené, Duch, A. (1986). *Transformació dels treballs pràctics de Biologia: una proposta teòricament fonamentada*. Tesis de Doctorado, Universidad de Barcelona.

Gil Pérez, D. (1981). Por unos trabajos prácticos realmente significativos. *Revista de Bachillerato*, 17(7), 54.

Gil Pérez, D. & Vilches Peña, A. (2006). Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades.

Gil Pérez, D., Carrascosa, J., Furió, C., & Martínez Torregrosa, J. (1991). La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria. Barcelona: ICE. Universitat Autònoma de Barcelona.

La investigación-acción aplicada en la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO y la enseñanza de la célula y el ADN

González, A. I., & Palomeque, L. A. (2017). Integración de estrategias didácticas y neurocientíficas para mejorar la motivación y el aprendizaje en cursos de química básica. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 11(21), 89-94.

Good, T., & Brophy, J. (1995). Introducción a la Psicología del Aprendizaje. Psicología Educativa Contemporánea.

Gormally, C., Brickman, P., Hallar, B., & Armstrong, N. (2009). Effects of inquiry-based learning on students' science literacy skills and confidence. *International journal for the scholarship of teaching and learning*, 3(2), n2.

Guerrero, J. A. C., & García, J. C. (2020). Experiencia en la formación de docentes a partir de la historia y la filosofía de la química. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1601-1601.

Izquierdo, M., Sanmartí, M., & , Espinet, M (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de Ciencias Experimentales. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 45-59.

Kemmis, S. y McTaggart, R. (1988). *Cómo planificar la investigación-acción*. Barcelona: Laertes.

Lapuebla, Á. (1988). Una investigación colectiva. *Cuadernos de pedagogía*, (157), 54-59.

Latorre Beltrán, A. (2004): “La investigación acción”. En: Bisquerra Alzina, R. (Coord.), *Metodología de la investigación educativa*. Madrid, Editorial La Muralla, S. A., 370-394.

Lewin, K. (1973). Action research and minority problems. En K. Lewin (201 – 216): *Resolving Social Conflicts: Selected Papers on Group Dynamics* (ed. G. Lewin). London: Souvenir Press.

Lima, W., & Moura, M. (2010). Experimento didáctico: un camino metodológico para la investigación en la educación matemática. UNIÓN. *Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 22, 53-63.

Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.

López Górriz, I. (1992). La investigación-acción como metodología de teorización y formación del profesor desde su práctica.

La investigación-acción aplicada en la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO y la enseñanza de la célula y el ADN

Luckie, D. B., Maleszewski, J. J., Loznak, S. D., & Krha, M. (2004). Infusion of collaborative inquiry throughout a biology curriculum increases student learning: a four-year study of "Teams and Streams". *Advances in Physiology Education*, 28(4), 199-209.

Malacarne, F. (2005). Biotecnología. Caracas: Venezolana.

Martínez, E., & Zea, E. (2004). Estrategias de enseñanza basadas en un enfoque constructivista. *Revista ciencias de la educación*, (24), 69-90.

Marcos-Merino, J. M., de Alda, J. A. G. O., & Gallego, R. E. (2019). *Efecto de una práctica activa interdisciplinar basada en la ex-tracción de ADN en las emociones experimentadas por una muestra de maestros en formación inicial*. Conferencia de Inovação no Ensino da Matemática e das Ciências, Santarém, Portugal.

Mazzitelli, C., Maturano, C., Núñez, G., & Pereira, R. (2006). Identificación de dificultades conceptuales y procedimentales de alumnos y docentes de EGB sobre la flotación de los cuerpos. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 33-50.

Mazarío, I. y Mazarío, A. (s.f.). El constructivismo: paradigma de la escuela contemporánea. Recuperado el 31 de mayo de 2016 de <http://monografias.umcc.cu/monos/2003/Mono24.pdf>

National Research Council (1996). National Science Education Standards. Washington D.C.: National Academy Press.

Olmedo, E.J.C. (2011). Educación y divulgación de la Ciencia: tendiendo puentes hacia la alfabetización científica. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 8(2), 137-148.

Orden ECD/65/2015 (de 21 de enero). Por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato. *Boletín Oficial del Estado*, nº25 (BOE 29 de enero de 2015).

Pérez, G. (1994). Investigación cualitativa. Retos e interrogantes.

Porras, F. J. I., & Oliván, M. P. (2013). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria. *Revista eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 307-327.

Real Decreto 1105/2014 (de 26 de diciembre). Por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. *Boletín Oficial del Estado*, nº37 (BOE 26 de 12 de 2014).

Real Decreto 187/2015 (de 25 de agosto). Por el que se establece la ordenación de las enseñanzas de la educación secundaria obligatoria. *Diario Oficial de la Generalitat de Cataluña*, nº 6945.

Rodríguez-Llerena, D., & Llovera-González, J. J. (2010). Estudio comparativo de las potencialidades didácticas de las simulaciones virtuales y de los experimentos reales en la enseñanza de la Física General para estudiantes universitarios de ciencias técnicas. *Latin-American Journal of Physics Education*, 4(1), 27.

Roth, W. M., & Roychoudhury, A. (1993). The development of science process skills in authentic contexts. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(2), 127-152.

Rua, A. M. L., & Alzate, Ó. E. T. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, 8(1), 145-166.

Santrock, J. (2004). Psicología del desarrollo en la adolescencia. Madrid, ES.

Stegmann, J.G. (04/12/2019). Los alumnos españoles de 15 años sacan la nota más baja en Ciencias desde que existe el informe PISA. *ABC*. [https://www.abc.es/sociedad/abc-alumnos-espanoles-15-anos-sacan-nota-mas-baja-ciencias-desde-existe-pisa-201912030900\\_noticia.html](https://www.abc.es/sociedad/abc-alumnos-espanoles-15-anos-sacan-nota-mas-baja-ciencias-desde-existe-pisa-201912030900_noticia.html)

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

Sawyer, R.K (2006). Educating for innovation. *Thinking skills and creativity*, 1 (1), 41-48.

La investigación-acción aplicada en la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO y la enseñanza de la célula y el ADN

Sanmartí, N. (2009). Enseñar ciencias en los inicios del siglo XXI. *Didáctica de las ciencias en educación secundaria obligatoria, 11.*

Torres, M.I. (2010). La enseñanza tradicional de las ciencias versus las nuevas tendencias educativas. *Revista Electrónica Educare, 14(1)*, 131-142.

Tiberghien, A., Psillos, D., & Koumaras, P. (1994). Physics instruction from epistemological and didactical bases. *Instructional Science, 22(6)*, 423-444.

Vázquez, S., Núñez, G., Pereira, R., & Cattáneo, L. (2008). Una estrategia integradora en la enseñanza de las ciencias naturales: aprendiendo sobre un producto regional. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias, 5(1)*, 39-61.

## Anexo 1. Kahoot "Va de células"

1. ¿Por qué decimos que una célula está viva?
  - a) **Porque se nutre, se relaciona y se reproduce**
  - b) Porque se nutre y se reproduce
  - c) Porque toda la célula es inorgánica
  - d) Porque se relaciona y se nutre
2. ¿Cómo son las células que constituyen un ser humano?
  - a) Eucariotas vegetales
  - b) Eucariotas**
  - c) Procariotas
  - d) No tenemos células
3. ¿Qué célula es más compleja y apareció más tarde en la historia de la Tierra?
  - a) La procariota
  - b) La eucariota**
  - c) El cloroplasto
  - d) El núcleo
4. ¿Qué orgánulo propio de las células vegetales realiza la fotosíntesis?
  - a) Celulosa
  - b) Clorofila
  - c) Caroteno
  - d) Cloroplastos**
5. ¿Qué células tienen verdadero núcleo?
  - a) Todas las células que tienen ADN
  - b) Las procariotas
  - c) Todas las células
  - d) Las eucariotas**
6. ¿Qué limita la célula por fuera y regula el intercambio de sustancias con el medio?
  - a) El aparato de Golgi
  - b) El citoplasma
  - c) La membrana celular**
  - d) El ADN
7. ¿Qué permite o niega la entrada y salida de sustancias entre una célula y el medio donde vive?
  - a) La membrana nuclear
  - b) La clorofila
  - c) El retículo endoplasmático
  - d) La membrana plasmática o membrana celular**
8. ¿Qué orgánulo membranoso fabrica, transporta y almacena sustancias?
  - a) El cromosoma**

- b) La mitocondria
- c) El retículo endoplasmático**
- d) El aparato de Golgi

9. ¿Qué orgánulos se encargan de la respiración celular?

- a) Las mitocondrias**
- b) El retículo endoplasmático y el aparato de Golgi
- c) Las vacuolas
- d) Los cloroplastos

10. ¿Qué orgánulo se representa aquí?

- a) El aparato de Golgi
- b) El ribosoma
- c) El cloroplasto
- d) El núcleo



11. ¿Qué gas se forma como producto de la respiración celular?

- a) Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)**
- b) Metano (CH<sub>4</sub>)
- c) Nitrógeno (N<sub>2</sub>)
- d) Oxígeno (O<sub>2</sub>)

12. ¿Qué orgánulos hacen posible que algunas células sean capaces de fagocitar?

- a) Los flagelos
- b) Los lisosomas**
- c) Las mitocondrias
- d) Los ribosomas

13. ¿Qué sustancia permite la fotosíntesis que realizan las células de las plantas?

- a) La mitocondria
- b) La clorofila**
- c) Las cromatina
- d) El cloroplasto

14. ¿Dónde se localiza la clorofila que hace posible la fotosíntesis?

- a) Mitocondrias
- b) Cloroplastos**
- c) Lisosomas
- d) Retículo endoplasmático

15. ¿Qué orgánulo se relaciona con el reparto de los cromosomas en las células hijas?

- a) Aparato de Golgi
- b) Retículo endoplasmático
- c) Microtúbulos**
- d) Citocentro

16. ¿Qué orgánulo, a modo de cola en movimiento, hace posible el desplazamiento de algunas células como el espermatozoide?

- a) El aparato de Golgi
- b) La cromatina
- c) El flagelo**
- d) El ribosoma

17. ¿Dónde está la información genética de una célula eucariota?

- a) En los genes, en el ADN, en los cromosomas**
- b) En el núcleo de la célula procariota
- c) En la membrana celular
- d) En las proteínas de la cromatina

18. ¿Pueden verse los cromosomas en una célula que no se esté dividiendo?

- a) No, los cromosomas nunca pueden verse pues son demasiado pequeños
- b) No, los cromosomas sólo se forman cuando la célula va a entrar en división**
- c) Sí, si estamos hablando de una célula eucariota bacteriana
- d) Sí, basta con un microscopio

19. ¿Cómo se reproduce una bacteria?

- a) Dividiéndose mediante meiosis
- b) Dividiéndose mediante mitosis
- c) Por la unión bacteria macho-bacteria hembra
- d) Dividiéndose mediante bipartición**

20. ¿Qué "cosas" se separan durante la primera división de la meiosis?

- a) Las parejas de homólogos**
- b) Las cromátidas
- c) Los cariotipos
- d) Los centrómeros

21. ¿Qué "cosas" se separan durante la mitosis?

- a) Los centrómeros
- b) Las cromátidas**
- c) Las parejas de homólogos
- d) Las mitocondrias

22. ¿Cuántas divisiones se producen en una meiosis?

- a) Dos
- b) Una
- c) Tres
- d) Cuatro**

23. ¿Qué tipo de división celular da lugar a la formación de gametos haploides?

- a) Telofase
- b) Meiosis**
- c) Cariotipo

d) Mitosis

24. ¿Cuántas divisiones se producen en una mitosis?

- a) Cuatro
- b) Tres
- c) Una**
- d) Dos

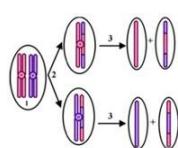
25. Qué se ve en esta imagen?

- a. Dos parejas de cromosomas homólogos. Cada cromosoma tiene dos cromátidas**
- b. Dos parejas de cromosomas homólogos. Cada cromosoma tiene una cromátida
- c. Dos cromosomas homólogos
- d. En total cuatro parejas y ocho cromosomas



26. ¿Qué representa este esquema?

- a) Los centriolos
- b) La meiosis
- c) La citocines**



27. ¿Qué representa esta animación?

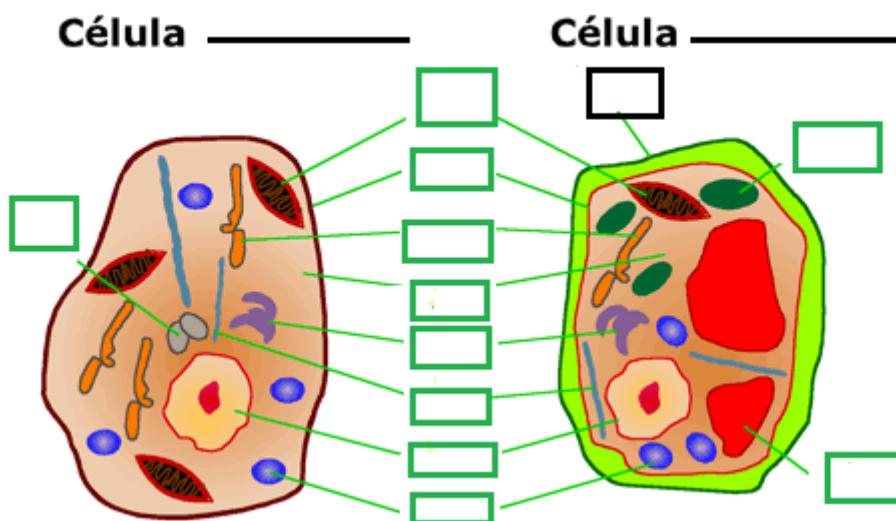
- a) La mitosis
- b) El crecimiento de un embrión
- c) La citocinesis
- d) La meiosis**



## Anexo 2. Actividades de la sesión 2. Conocemos y diferenciamos las células y sus orgánulos

Ejercicios para los alumnos durante la sesión 2.

**Ejercicio 1.** Indica si es una célula animal o vegetal y sus orgánulos

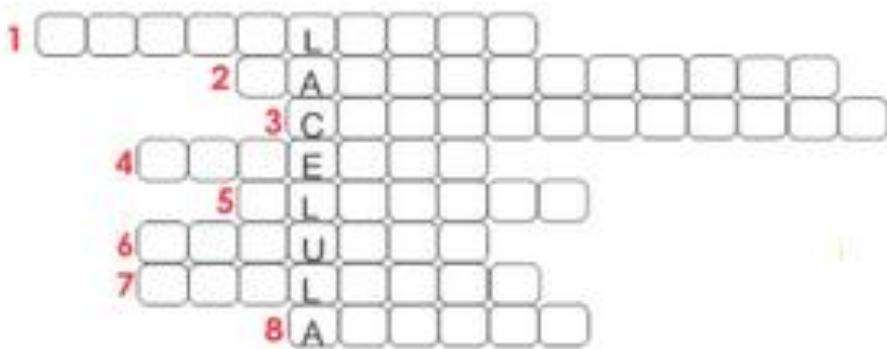


| Estructuras Comunes   | Estr. Diferentes   |
|---|--|
| <b>M</b> Mitocondria<br><b>MP</b> Membrana plasmática<br><b>RE</b> Retículo Endoplásmico<br><b>C</b> Citoplasma<br><b>AG</b> Aparato de Golgi<br><b>Ce</b> Citoesqueleto<br><b>N</b> Núcleo<br><b>L y P</b> Lisosomas y Peroxisomas | <b>Ct</b> Centríolos<br><b>PC</b> Pared Celular<br><b>Cl</b> Cloroplastos<br><b>V</b> Vacuolas |

**Ejercicio 2.** Realiza el siguiente crucigrama

1. Parte de la célula que contiene dos orgánulos.
2. Envoltura rígida que se encuentra en la célula vegetal
3. Orgánulo que contiene clorofila en su interior.
4. Célula que se encuentra en las plantas

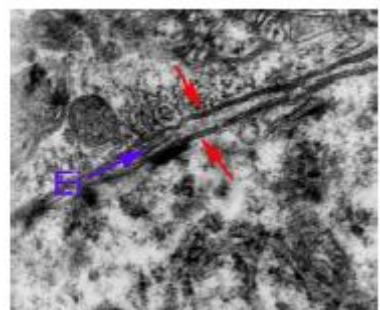
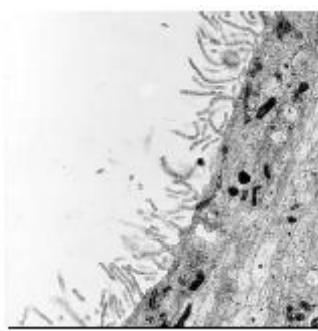
5. Célula redonda que se encuentra en la sangre
6. Orgánulo que almacena agua
7. Estructura esférica que se encuentra dentro del núcleo
8. Célula que forma al ser humano

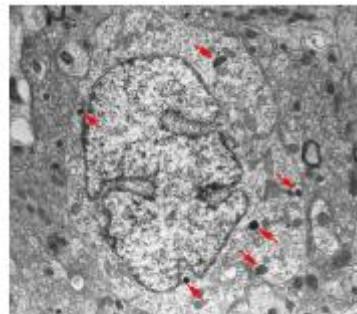
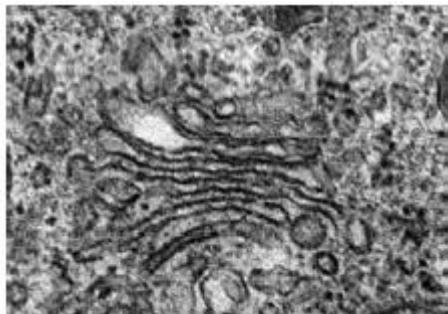
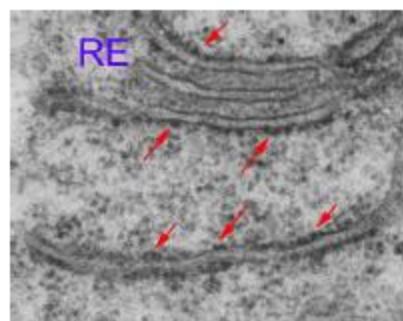
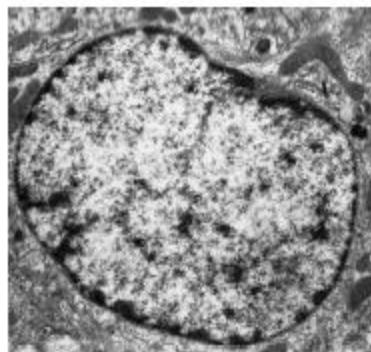
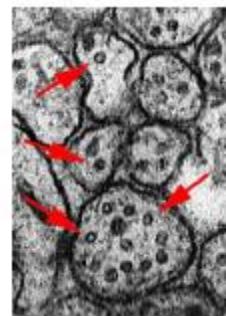


**Ejercicio 3.** Lee las frases e indica si es verdadero (V) o falso (F)

- El núcleo es una orgánulo celular
- Los centriolos sólo se encuentran en la célula animal
- La pared celular es propia de la célula animal
- Las células son macroscópicas y se ven a simple vista
- Todas las células son iguales
- Los cloroplastos son orgánulos de las células animales y vegetales
- Todas las células tienen mitocondrias

**Ejercicio 4.** Identifica los orgánulos que se ven en las observaciones del microscópico electrónico.



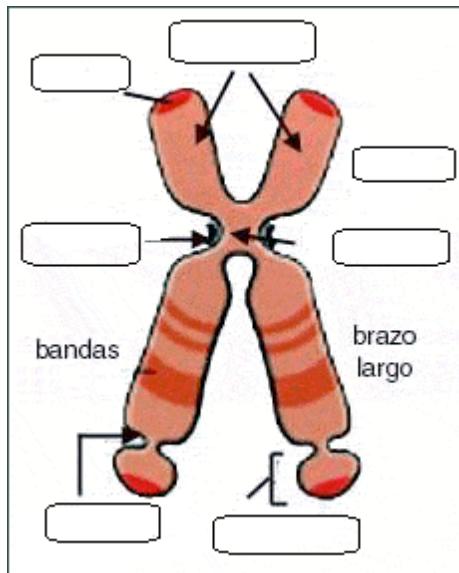


**Ejercicio 5.** Rellena el siguiente cuadro.

|            | ¿Qué es? | Funciones | Otra información |
|------------|----------|-----------|------------------|
| Membrana   |          |           |                  |
| Citoplasma |          |           |                  |
| Núcleo     |          |           |                  |

## Anexo3. Actividades de la sesión 3. La división celular y los cromosomas.

**Ejercicio 1.** Completar la siguiente imagen con las palabras: cromátidas, telómero, cinetocóro, centrómero, constricción secundaria y satélite



**Ejercicio 2.** La imagen que se presenta muestra un conjunto ordenado de cromosomas (un idiograma) que corresponden a una persona. De acuerdo con la imagen, responder las siguientes preguntas:



a) Número de cromosomas. \_\_\_\_\_

b) Estos cromosomas, ¿forman parte de una célula diploide o haploide? Razona la respuesta.

c) Anota el número de cromátidas que tiene cada cromosoma.

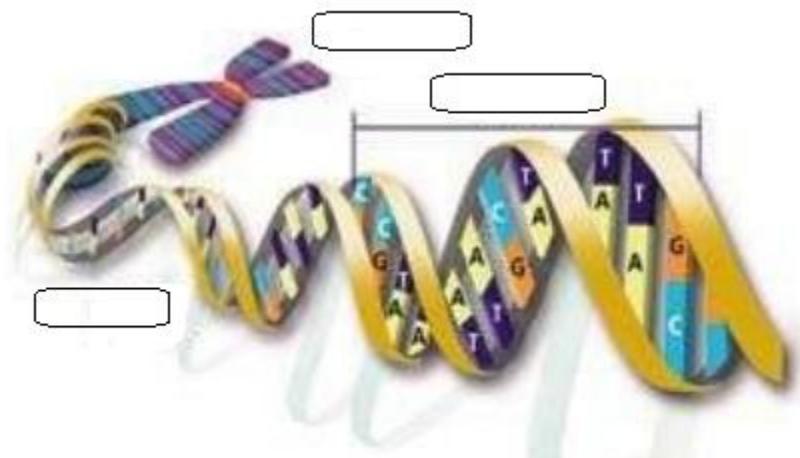
d) A partir de la imagen, ¿puedes decir si se trata del cariotipo de un hombre o de una mujer? \_\_\_\_\_

e) ¿En qué fase de la mitosis crees que se ha tomado la imagen? Razona tu respuesta.

**Ejercicio 3.** Los gametos de una persona cromosómica y genéticamente idénticos. Razonar la respuesta.

**Ejercicio 4.** Las personas pueden tener un número impar de cromosomas? Razonar la respuesta

**Ejercicio 5.** Completar la siguiente imagen con las palabras: ADN, gen, cromosoma



## Anexo 4. Actividades de la sesión 6. El ADN y sus aplicaciones en el campo de la ingeniería genética.

**Ejercicio 1.** Buscar en la web e información sobre la estructura del ADN con el fin de responder las siguientes preguntas:

- a) ¿Qué es un nucleótido?
- b) ¿Cuáles son sus componentes?
- c) ¿Qué nucleótidos forman parte del ADN?
- d) ¿El ADN es un polímero? ¿Por qué?

**Ejercicio 2.** Busca una noticia en la web donde se exponga el uso de la ingeniería genética. En relación con la noticia, responde las siguientes preguntas.

- a) ¿cuál es el problema que se plantea?
- b) ¿se plantea algún reto para el futuro?
- c) ¿crees que está justificado el uso de la ingeniería genética? Justifica tu respuesta.
- d) ¿deben poner límites en el uso de esta tecnología? Justifica tu respuesta.

## Anexo 5. Experimento didáctico

### A la pesca del ADN

#### Introducción

El ácido desoxirribonucleico (ADN) es el material genético de los organismos responsable de llevar toda la información que necesitan las células para la construcción de un organismo y mantenerlo con vida. El ADN es el principal componente de los cromosomas y es el material que forma los genes. Todas las células de un organismo contienen una copia idéntica de ADN pero cada una de ellas, sólo "lee" lo que necesita para realizar sus funciones por este motivo, hay células con diferentes funciones y formas.

El investigador suizo F. Miescher en 1869 fue quien la descubrió y aisló por primera vez cuando estaba estudiando la composición química de los glóbulos blancos. Como era una molécula presente en los núcleos celulares, la llamó nucleína.

En los años 20, Phoebus Levene descubrió la existencia del ADN y ARN e identificó las 4 bases nitrogenadas del ADN, timina y citosina (pirimidinas) y guanina y adenina (purinas), un azúcar (Desoxirribosa) y un grupo fosfato y llamó a la estructura nucleótido.

En los años 50, Rosalind Franklin y Maurice Wilkins, Francis Crick y James Watson lograron identificar la estructura molecular de doble hélice del ADN, avance que les permitió a los tres últimos, ganar el Premio Nobel de fisiología y medicina en 1962.

A partir de siglo XXI, y gracias a los avances de las tecnologías del ADN como los métodos de secuenciación, han permitido avanzar en el conocimiento de la información genética de muchos organismos. Esto ha permitido realizar avances en múltiples disciplinas como la medicina forense, la paleontología, la biomedicina o la agricultura.

El ADN está formado por unidades de nucleótidos y cada una de estas unidades está formada por: ácido fosfórico, una pentosa (o azúcar de 5 carbonos) y una base nitrogenada (adenina, guanina, citosina y timina).

- El ADN es una doble hélice formada por dos cadenas de nucleótidos enrollados una alrededor de otra.
  - En el interior de la doble hélice: las bases nitrogenadas
  - En el exterior de la doble hélice: el esqueleto azúcar-fosfato

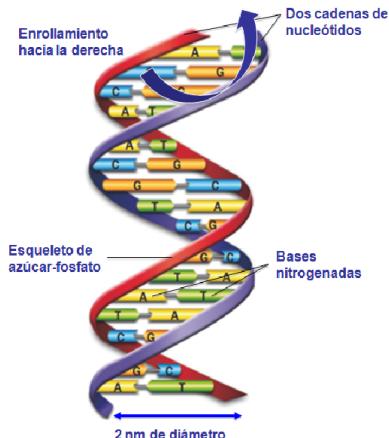


Figura 1. Estructura y características del ADN. Fuente:

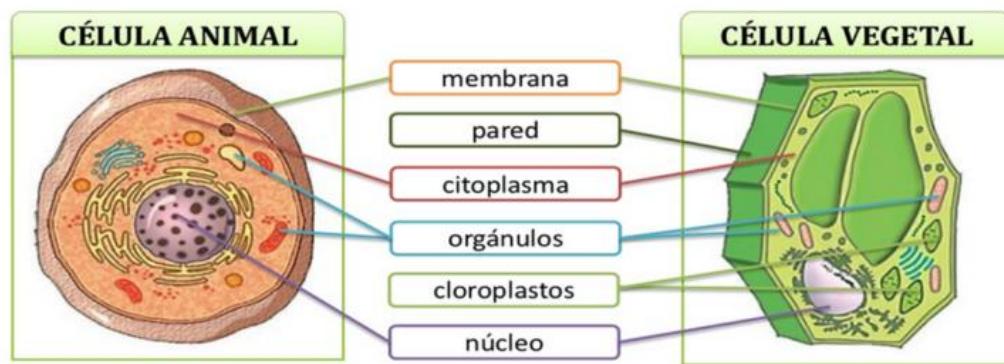
[https://www.edistribucion.es/anayaeducacion/8450050/unidad\\_02.html](https://www.edistribucion.es/anayaeducacion/8450050/unidad_02.html)

La extracción del ADN consiste en la separación y purificación con el objetivo de poder estudiarlo, analizarlo o manipularlo. Éste es un procedimiento que se aplica en el campo de la genómica con el fin de estudiar los genes y sus funciones en los diferentes organismos. En la investigación biomédica, la extracción del ADN se aplica para el análisis y diagnóstico de pacientes con enfermedades crónicas, degenerativas,... Otro de los usos de la extracción del ADN sería para la realización de pruebas criminalísticas o pruebas de paternidad.

## 1) Problema o narrativa del contexto

La extracción del ADN consiste en separar el ADN de los otros componentes celulares como la membrana o las proteínas, con el fin de poder estudiarlo y aplicarlo en investigaciones de diferentes campos como la biomedicina o la agricultura.

Para una correcta extracción del ADN, se deben de seguir de manera ordenada una serie de etapas ya que se debe poder aislar del resto de componentes celulares. La composición celular y la localización del ADN son características del tipo de célula siendo diferentes en función de si se trata de una célula animal o vegetal (Figura 1).



No presenta pared celular

No tiene cloroplastos

Tiene vacuolas de tamaño reducido

Generalmente presenta forma irregular

Tiene centriolos

Tamaño desde 10 a 30 micras

Tiene pared celular

Tiene cloroplastos

Tiene vacuolas de gran tamaño

Frecuentemente de forma regular

Tamaño de 10 a 100 micras

¿La extracción del ADN de una muestra animal y/o vegetal es un proceso sencillo?

Con el fin de conocer si la extracción del ADN es un proceso sencillo o requiere de material especial junto con un amplio conocimiento específico, nos planteamos la hipótesis

## 2) Objetivo

El objetivo principal del experimento didáctico es aplicar los conceptos estudiados sobre la célula animal y vegetal y el ADN con el fin de elaborar un protocolo para la extracción del ADN de muestras animales y vegetales.

Los objetivos secundarios son:

- Conocer el método de extracción del ADN.
- Observar la estructura fibrilar del ADN.
- Establecer una relación entre el proceso de extracción y las propiedades físicas y químicas del ADN.
- Saber extraer conclusiones de los resultados del experimento didáctico.
- Conocer aplicaciones de la extracción del ADN.
- Plantear si el proceso de extracción elaborado es apto para otro tipo de muestras como la saliva humana.

### 3) Hipótesis

El ADN de muestras vegetales y animales

---

### 4) Planificación de la práctica

#### Material

1. Muestra vegetal: cebolla y tomate
2. Muestra animal: carne picada, saliva

#### Material de medición y preparación de la muestra

3. Cuchara
4. Batidora y un cuchillo.
5. Vaso de precipitados
6. Embudo con gasa
7. Tubo de ensayo
8. Varilla de vidrio
9. Cronometro

#### Reactivos

10. Agua destilada fría
11. Detergente lavavajillas
12. Sal de mesa
13. Alcohol de 96 ° muy frío

#### Material para la observación al microscopio

14. Portaobjetos y cubreobjetos
15. Azul de metíleno
16. Microscopio óptico

#### Procedimiento

##### FASE 1. Preparación de la muestra

Para la extracción del ADN, el primer paso es liberar las células a partir de la Trituración del material.

1. **Muestra vegetal:** Cortar la zona central del vegetal en cuadrados y añadir los trozos en la trituradora, triturar. Poner en triturado en un vaso de precipitados.

**Muestra animal:** Mezclar una cucharada de carne con 20 ml de agua destilada fría en la trituradora y triturar unos segundos. Poner en triturado en un vaso de precipitados.

## FASE 2. Extracción del ADN.

**La extracción viene condicionada por la estructura y la composición química de la parte más externa de las células.**

La extracción de ADN requiere una serie de etapas básicas: En primer lugar tiene que romperse la \_\_\_\_\_ de las células vegetales y \_\_\_\_\_ para poder acceder al núcleo de la célula.

Las membranas biológicas están formadas fundamentalmente por \_\_\_\_\_ que se organizan como una doble capa. Esta característica, hace que el reactivo más adecuado para disgregarlas sea \_\_\_\_\_. La \_\_\_\_\_ evita la unión de las proteínas al ADN. En el caso de \_\_\_\_\_, actúa manteniendo el pH constante (pH=6.5, aproximadamente) con el fin de evitar la degradación de las biomoléculas como el ADN.

### Preparación del tampón de lisis (selecciona el reactivo en cada caso)

2. Mezclar medio vaso de \_\_\_\_\_ como base líquida, 1 cucharada de \_\_\_\_\_ para evitar los agregados de proteínas, 3 cucharadas de \_\_\_\_\_ para mantener el pH y 1 cucharada de \_\_\_\_\_ para disgregar las membranas celulares. El tampón de lisis se debe mantener en frío.

### Extracción de ADN del interior celular

3. Mezclar un volumen del vegetal batido con dos volúmenes del tampón de lisis y agitar la mezcla vigilando que NO se forme espuma.

4. Filtrar la mezcla con el embudo y la gasa y esperar unos minutos hasta que la mezcla se haya filtrado. En este punto se obtiene el "caldo molecular" donde se encuentra una mezcla de \_\_\_\_\_ y moléculas como \_\_\_\_\_. Retirar el \_\_\_\_\_ y ponerlo en un tubo de ensayo.

### Aislamiento del ADN

El ADN es \_\_\_\_\_ (soluble/insoluble) en agua debido a los fosfolípidos de la membrana, pero cuando se encuentra en \_\_\_\_\_ (alcohol frío/agua fría) se desenrolla y precipita o tiende a agruparse de manera que queda \_\_\_\_\_ (visible/invisible) en la interfase entre el alcohol y el agua. Para optimizar la extracción del ADN, el proceso debe realizarse a \_\_\_\_\_ (alta/baja) temperatura porque se ralentiza la actividad enzimática evitando que las moléculas biológicas como el ADN se degraden. Estos enzimas se liberan de los diferentes orgánulos celulares como \_\_\_\_\_ (el aparato de Golgi/los lisozimas) en las células animales o como \_\_\_\_\_ (vacuolas digestivas/cloroplastos) en las células vegetales. La actividad enzimática se ve afectada por parámetros como el pH y la temperatura por lo que se deben tener en cuenta en este protocolo.

5. Con el tubo ligeramente inclinado, añadir lentamente por la cara interna del tubo, añadir dos volúmenes de \_\_\_\_\_ (alcohol enfriado) por cada 1 volumen de \_\_\_\_\_ (Caldo molecular). El \_\_\_\_\_ (alcohol) quedará flotando sobre la mezcla.
6. Dejar enfriar durante 5 minutos hasta que se forme una zona turbia entre las dos capas.
7. Se introduce la varilla justo debajo del alcohol y se va removiendo hacia delante y hacia atrás poco a poco de manera que podremos ver cómo se van enrollando los fragmentos de \_\_\_\_\_ (ADN) de mayor tamaño.

8. Despues de 1 minuto, se retira la varilla atravesando la capa de alcohol de manera que al ADN quedara adherido al extremo de la varilla con aspecto de algodón mojado.

### **FASE 3. Observación del ADN**

9. Colocar las muestras de ADN en un \_\_\_\_\_ (portaobjetos), añadir una gota de azul de metileno, limpiar con un poco de agua vigilando no perder el ADN y colocar el \_\_\_\_\_ (cubreobjetos). Secamos la muestra.
10. Con el microscopio óptico, observar los filamentos del ADN usando los objetivos 10x , 40x, 100x. las fibras de ADN se presentan en una coloración \_\_\_\_\_ (verde/azul).

### **5) Análisis de datos**

- 5.1 Observación del tubo de ensayo después de la extracción del ADN.** Describe qué ves en el tubo de ensayo después de la extracción del ADN (punto 7 del procedimiento). ¿Se corresponde con la estructura descrita por Watson y Crick del ADN? Argumenta tus respuestas.

## 5.2 Observación de la preparación en el microscopio.

Describe que ves en la preparación a través del microscopio. ¿El ADN que has observado corresponde al que has observado?

## 5.3 Evaluación de la hipótesis planteada.

La hipótesis planteada es

---

De acuerdo con los resultados obtenidos, argumenta si se acepta la hipótesis planteada o, por el contrario se rechaza. En el caso de rechazar la hipótesis, se debe plantear otra.

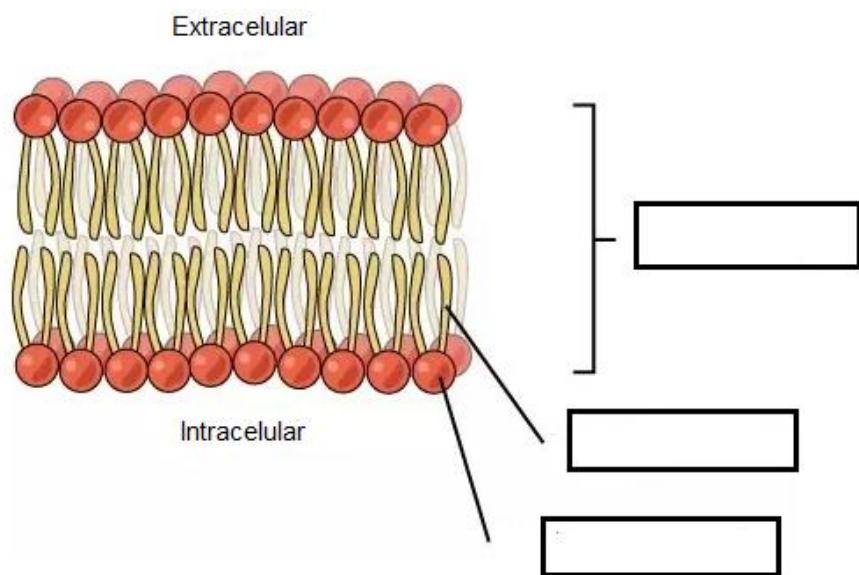
## 6) Actividades

De acuerdo con el procedimiento realizado y los resultados obtenidos, realizar las siguientes actividades:

### 6.1 ¿A qué tipo de células se les ha extraído el ADN?

### 6.2 ¿Qué procedimiento habéis realizado para romper los diferentes tipos de células?

### 6.3 Completa el cuadro que se presenta con el nombre de la estructura y la naturaleza de cada parte.



**Figura 3.** Estructura celular. Fuente: <https://www.quora.com/What-is-the-definition-of-phospholipid-bilayer>

**6.4 De acuerdo con el protocolo aplicado, ¿qué carga tiene el ADN?**

**6.5 ¿Cuál es el origen o orígenes del ADN extraído?**

**6.6 ¿Por qué es importante la temperatura baja en el proceso de extracción?**

**6.7 De acuerdo con lo que has observado, ¿qué estructura tiene el ADN?**

**6.8 ¿Qué finalidad tiene la extracción del ADN en diferentes organismos? Cita tres ejemplos.**

**6.9 La extracción del ADN, ¿es una práctica de la asignatura de Biología, Física, Química o las tres? Argumenta tu respuesta.**

**6.10 Selecciona uno de los ejemplos que has respondido a la pregunta, ¿Qué finalidad tiene la extracción del ADN en diferentes organismos? Y explica cómo ayuda la extracción del ADN.**

## 7) Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en la práctica se deben redactar las conclusiones. En este apartado se debe realizar una reflexión sobre el porqué de los procedimientos aplicados y relacionarlo con los resultados obtenidos.

A modo de ayuda, en este apartado se debe tener en cuenta: la función de los tres reactivos utilizados: detergente, sal y bicarbonato en función de los conceptos que conoces del ADN (estructura y localización en la célula) y de los tipos de célula; relacionar los conceptos químicos que se aplican.

### 8) Problemas futuros

¿Es posible extraer ADN de la saliva humana? Explicar si a partir del protocolo realizado es posible extraer ADN de la saliva humana.

## 9) Comunicación

El trabajo de los grupos de investigación incluye una etapa muy importante que es la comunicación de los resultados con el fin de compartir los conceptos aprendidos y poder tener en cuenta las reflexiones de todo el grupo.

Esta etapa de comunicación se suele realizar a modo de debate, donde cada persona o grupo expone la parte de sus resultados y conclusiones para luego abrir el turno de preguntas de los demás integrantes.

Por este motivo en la primera actividad de comunicación, cada grupo seleccionará una imagen y trabajará los conceptos relacionados con ella y la práctica con el fin de exponer las reflexiones en una presentación de 20 minutos al resto de compañeros.

La segunda actividad, consistirá en que cada grupo esquematizará con un dibujo/esquema/foto, una de las fases del proceso de extracción, desde la preparación de las muestras hasta la observación en el microscopio con el fin de montar un póster entre todos. La función del póster es explicar gráficamente todo el proceso realizado para la extracción del ADN con el fin de facilitar su comunicación al resto de alumnos y, porque no, motivar a otros alumnos para hacerlo en casa.

La relación entre la imagen y la fase del proceso a trabajar se presenta en la tabla 1.

9.1 Papel de la sal en el tampón de lisis y en la fase de precipitación.

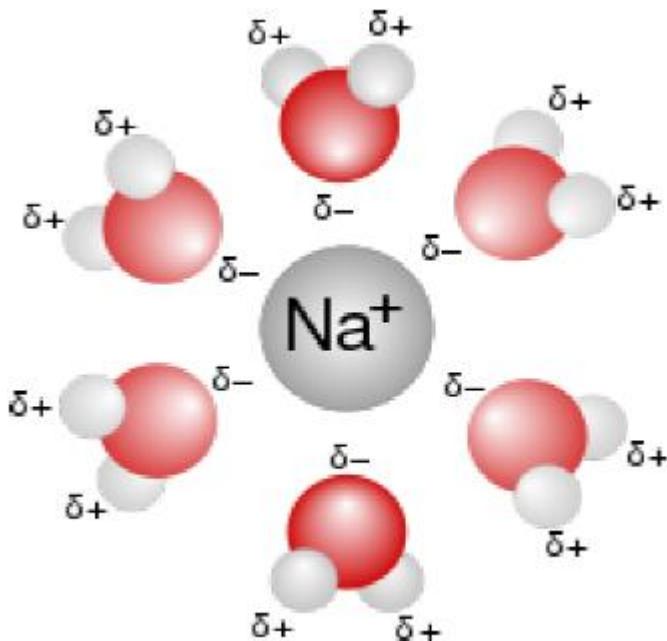


Figura 1. Disolución de  $\text{Na}^+$  en agua.

## 9.2 Efecto del detergente sobre la membrana celular

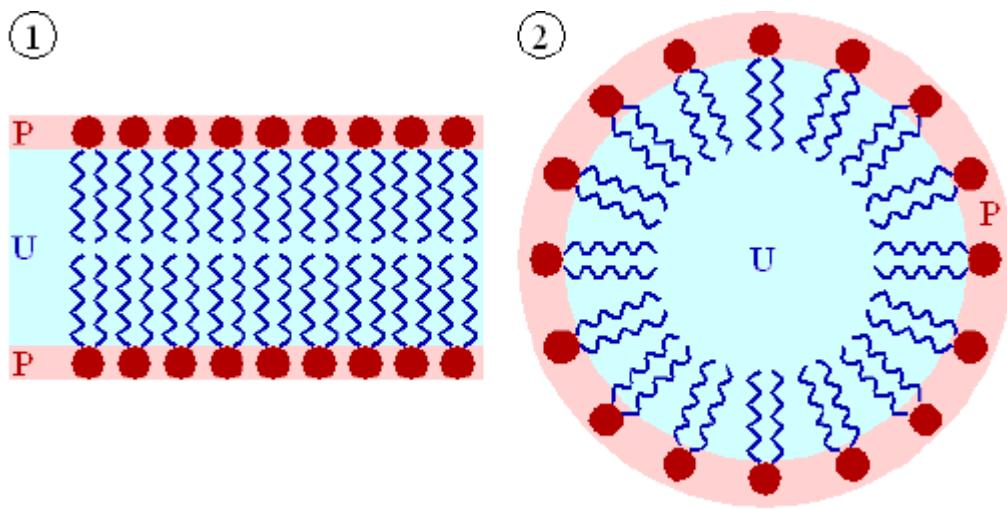


Figura 2. 1) Estructura bicapa y 2) micela

## 9.3 El bicarbonato en el tampón de lisis: el concepto de pH y de tampón o amortiguador químico.

Figura 3. Valores de pH. Fuente: <https://soycomocomo.es/reportajes/dietas-alcalinas-aclarando-conceptos>

9.4 Los compuestos inmiscibles de diferentes densidades y el alcohol en la última fase de la extracción.

**Figura 4.** ADN precipitado



Fuente: [https://www.encuentroconlaiciencia.es/?page\\_id=2126](https://www.encuentroconlaiciencia.es/?page_id=2126)

**Tabla 1.** Relación entre la imagen seleccionada y el proceso a trabajar.

| Presentación   | dibujo/esquema/foto             |
|--|---------------------------------|
| 9.1 Papel de la sal en el tampón de lisis y en la fase de precipitación.                                 | Preparación de la muestra       |
| 9.2 Efecto del detergente sobre la membrana celular  | Preparación del tampón de lisis |
| 9.3 El bicarbonato en el tampón de lisis: el concepto de pH y de tampón o amortiguador químico           | Aislamiento del ADN             |
| 9.4 Los compuestos inmiscibles de diferentes densidades y el alcohol en la última fase de la extracción. | Observación del ADN             |

Fuente: Elaboración propia.

## Instrucciones para el docente

### 1. Preguntas para dirigir el procedimiento de extracción. Debate guiado.

#### FASE 1. Preparación de la muestra

Preguntas sobre la localización del ADN en las células:

¿De dónde se puede extraer ADN?

¿Todas las células tienen ADN? ¿Qué quiere decir el concepto de diferenciación celular?

¿Por qué tenemos que utilizar un método mecánico para preparar las muestras?

#### FASE 2. Extracción del ADN.

Preguntas sobre la estructura celular y su composición con el fin de comprender el proceso de extracción.

¿Qué tipo de células tienen pared vegetal? ¿Es rígida?

¿Qué tipo de compuestos forman la membrana plasmática?

¿Qué variables condicionan la actividad enzimática?

#### FASE 3. Observación del ADN

¿El ADN se puede observar mediante el microscopio óptico?

¿Qué idea tenéis del ADN? ¿Se corresponde con lo observado?

### 2. Selección de la hipótesis

Con el fin de conocer si la extracción del ADN es un proceso sencillo o requiere de material especial junto con un amplio conocimiento específico, nos planteamos la hipótesis:

**es posible extraer el ADN con material casero.**

### 3. Procedimiento

#### 1. Preparar las muestras:

- a. Muestra vegetal: Cortar la zona central del vegetal en cuadrados y añadir los trozos en la trituradora, triturar. Poner en triturado en un vaso de precipitados.

- b. Muestra animal: mezclar una cucharada de carne con 20 ml de agua destilada fría en la trituradora y triturar unos segundos. Poner en triturado en un vaso de precipitados.
2. Preparación del tampón de lisis: Mezclar medio vaso de **agua fría** como base líquida, 1 cucharada de **sal de mesa** para evitar los agregados de proteínas, 3 cucharadas de **bicarbonato sódico** para mantener el pH y 1 cucharada de **detergente lavavajillas** para disgregar las membranas celulares. El tampón de lisis se debe mantener en frío.
3. Mezclar un volumen del vegetal batido con dos volúmenes del tampón de lisis y agitar la mezcla vigilando que NO se forme espuma.
4. Filtrar la mezcla con el embudo y la gasa y esperar unos minutos hasta que la mezcla se haya filtrado. En este punto se obtiene el "caldo molecular" donde se encuentra una mezcla de **restos celulares** y moléculas como **el ADN**. Retirar el **caldo molecular** y ponerlo en un tubo de ensayo.
5. Con el tubo ligeramente inclinado, añadir lentamente por la cara interna del tubo, añadir dos volúmenes de **alcohol enfriado** por cada 1 volumen de **Caldo molecular**. El **alcohol** quedará flotando sobre la mezcla.
6. Dejar enfriar durante 5 minutos hasta que se forme una zona turbia entre las dos capas.
7. Se introduce la varilla justo debajo del alcohol y se va removiendo hacia delante y hacia atrás poco a poco de manera que podremos ver cómo se van enrollando los fragmentos de **ADN** de mayor tamaño.
8. Despues de 1 minuto, se retira la varilla atravesando la capa de alcohol de manera que al ADN quedara adherido al extremo de la varilla con aspecto de algodón mojado.
9. Colocar las muestras de ADN en un **portaobjetos**, añadir una gota de azul de metileno, limpiar con un poco de agua vigilando no perder el ADN y colocar el **cubreobjetos**. Secamos la muestra.
10. Con el microscopio óptico, observar los filamentos del ADN usando los objetivos 10x , 40x, 100x. las fibras de ADN se presentan en una coloración **azul**.

#### 4. Completar los espacios

**La extracción viene condicionada por la estructura y la composición química de la parte más externa de las células.**

La extracción de ADN requiere una serie de etapas básicas: En primer lugar tiene que romperse la **pared celular** de las células vegetales y la **membrana plasmática** para poder acceder al núcleo de la célula.

Las membranas biológicas están formadas fundamentalmente por **lípidos** que se organizan como una doble capa. Esta característica, hace que el reactivo más adecuado para

La investigación-acción aplicada en la asignatura de Biología y Geología de 4º ESO y la enseñanza de la célula y el ADN  
disgregarlas sea **detergente**. La **sal** evita la unión de las proteínas al ADN. En el caso de **bicarbonato sódico**, actúa manteniendo el pH constante (pH=6.5, aproximadamente) con el fin de evitar la degradación de las biomoléculas como el ADN.

### Aislamiento del ADN

El ADN es **soluble** en agua debido a los fosfolípidos de la membrana, pero cuando se encuentra en **alcohol frío** se desenrolla y precipita o tiende a agruparse de manera que queda **visible** en la interfase entre el alcohol y el agua. Para optimizar la extracción del ADN, el proceso debe realizarse a **baja** temperatura porque se ralentiza la actividad enzimática evitando que las moléculas biológicas como el ADN se degraden. Estos enzimas se liberan de los diferentes orgánulos celulares como **los lisozimas** en las células animales o como **vacuolas digestivas** en las células vegetales. La actividad enzimática se ve afectada por parámetros como el pH y la temperatura por lo que se deben tener en cuenta en este protocolo.