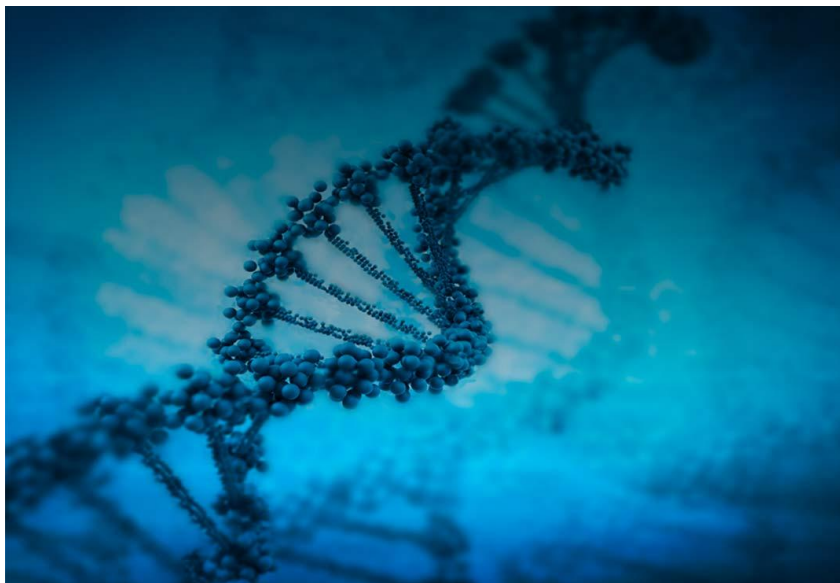


# PROYECTO NATURA

## *La PCR: ¿Quién es quién?*



### **Curso 18'-19'**

Resumen del proyecto:

El proyecto “La PCR: ¿Quién es quién?” está diseñado para explicar a los alumnos de Bachillerato en qué consiste la Biotecnología en general, y en concreto la técnica de la PCR así como sus diferentes aplicaciones. Para ello se ha empleado una metodología ABP y ApS. Además se ha incluido la gamificación y una serie de sesiones teóricas y prácticas. Los alumnos de Bachillerato han adquirido dichos conocimientos y han sido capaces de elaborar una serie de proyectos a través de los cuales han explicado a los alumnos de Primaria en qué consiste la PCR y sobre todo, sus diferentes aplicaciones.

# ÍNDICE

<b>1. Equipo participante .....</b>	<b>página3-4</b>
<b>2. Objetivos .....</b>	<b>página 4-7</b>
2.1. Tema en el que se enmarca el proyecto.....	página 4
2.2. Concepto a transmitir.....	página 4
2.3. Objetivos.....	página 5
2.4. Competencias básicas.....	página 6-7
<b>3. Materiales y metodología.....</b>	<b>página 7-11</b>
3.1. Materiales.....	página 7-9
3.2. Metodología.....	página 9-10
3.3 Lugar y/o requerimientos de espacio.....	página10-11
<b>4. Descripción detallada .....</b>	<b>página11-37</b>
<b>5. Conclusiones .....</b>	<b>página 38-49</b>
<b>6. Valoración del proyecto .....</b>	<b>página 50</b>
<b>7. Imágenes del desarrollo del proyecto .....</b>	<b>página 51-56</b>
<b>8. Exposición de las dificultades para desarrollar el proyecto .....</b>	<b>página 56</b>
<b>9. Bibliografía/ Webgrafía .....</b>	<b>página 57</b>
<b>10. Anexos.....</b>	<b>página 58</b>
Anexo 0. Presentación Biotecnología.....	página 59
Anexo 1. PCR en medicina forense.....	página 61
Anexo 2. PCR en alimentos.....	página 63
Anexo 3. La PCR en la antropología forense.....	página 67
Anexo 4. La PCR para la detección de enfermedades hereditarias.....	página 69
Anexo 5. La PCR para el análisis de la consanguinidad.....	página 78
Anexo 6. Encuesta de valoración.....	página 80

# PROYECTO NATURA

## La PCR: ¿Quién es quién?

### 1. EQUIPO PARTICIPANTE:

AREA TEMÁTICA: Biotecnología					
Título del proyecto: La PCR: ¿Quién es quién?					
	Nombre y apellidos	Centro	Localidad	Teléfono de contacto	Correo electrónico
Alumna UVEG	Laura Calzado Herreros	Universidad de Valencia	Burjasot	680767770	<a href="mailto:lauracalhe@outlook.com">lauracalhe@outlook.com</a>
Profesora UVEG	María Jesús García Murria	Universidad de Valencia	Burjasot	627799930	<a href="mailto:murria@uv.es">murria@uv.es</a>
Profesora de Bachillerato	Teresa Olmedo de la Calle	La Salle Paterna	Paterna	961365540	<a href="mailto:mayol@lasallevp.es">mayol@lasallevp.es</a>
Maestro de primaria	-Luisa López Blasco -Santiago Manuel Alonso -María Montesinos	La Salle Paterna	Paterna	961365540	<a href="mailto:comunicacionpaterna@lasallevp.es">comunicacionpaterna@lasallevp.es</a>

ALUMNOS DE BACHILLERATO PARTICIPANTES	Curso	Asignatura
24 alumnos	1º Bachillerato	Anatomía Aplicada

Número de alumnos de primaria que pueden participar: 25 alumnos aproximadamente por clase (3 clases)

Curso recomendado: 5º de Primaria

PROYECTE INTERDEPARTAMENTAL SI/NO: NO

DEPARTAMENTOS QUE INTERVIENEN: Departamento de Ciencias

## 2. OBJETIVOS

2.1 **TEMA EN EL QUE SE ENMARCA EL PROYECTO:** *Contextualización del proyecto dentro de un marco temático concreto de las Ciencias Naturales*

Bloque temático de primaria y secundaria:

Este proyecto tiene como finalidad acercar la Biotecnología a los alumnos de Primaria. Concretamente será la técnica de la PCR (**reacción en cadena de la polimerasa**) la que los alumnos de Bachillerato, a través de las distintas aplicaciones explicarán a los alumnos de Primaria. Así pues, tanto Primaria como Bachillerato aprenderán con este proyecto.

Los alumnos de Primaria comprenderán la técnica de la PCR ya que, además de que los alumnos de Bachillerato lo explicarán de manera sencilla empleando ejemplos prácticos, los alumnos de Primaria han ido adquiriendo los conocimientos básicos de biología en la asignatura de Ciencias Naturales.

Es por ello que, el bloque temático de secundaria es la Biología, así como sus aplicaciones en la Biotecnología.

Con el objetivo de comprender lo que se va a trabajar en el proyecto, se tratarán diferentes contenidos, relacionados con las asignaturas de Biología, Química y Anatomía Aplicada, de Bachillerato; y con Ciencias Naturales de primaria.

2.2 **CONCEPTO A TRANSMITIR:** *¿Cuál es el concepto, idea básica o contenido esencial sobre el que se va a trabajar?*

La idea básica sobre la que se va a trabajar es el conocimiento de qué es la Biotecnología, y para ello, se profundizará en la técnica de la PCR, así como en las distintas aplicaciones que se derivan de la misma.

El objetivo de este TFG es que los alumnos de Bachillerato y Primaria adquieran las bases teóricas de una de las herramientas más utilizadas en Biología Molecular, la técnica de la PCR, y las distintas aplicaciones que se derivan de ella en el campo de la Biotecnología o la Biología Animal o Humana.

Palabras clave: biotecnología, biología, tecnología, ADN, polimerasa, cebadores o primers, PCR, replicación.

2.3 **OBJETIVOS:** *¿Qué puede aportar en ese sentido nuestro proyecto?  
¿qué esperamos obtener del desarrollo del proyecto?*

Primaria:

- Objetivos didácticos:
  - Aprender a escuchar
  - Aprender a aprender
  - Trabajar en grupo con los recursos didácticos elaborados por los alumnos de Bachillerato.

- Objetivos científicos:
  - Conocimiento de la molécula de ADN
  - Conocimiento de la composición del ADN
  - Conocimiento de la estructura del ADN
  - Conocimiento del apareamiento de las bases en la molécula de ADN
  - Conocimiento de las aplicaciones de la PCR

Bachillerato:

- Objetivos didácticos:
  - Asimilación de conceptos
  - Desarrollar la capacidad de comunicación
  - Sintetizar y simplificar el concepto de la PCR para los alumnos de Primaria
  - Generar proyectos/ recursos didácticos
  - Desarrollar la capacidad de trabajo en equipo
- Objetivos científicos:
  - Conocimiento de la molécula de ADN, composición y estructura
  - Conocimiento de la replicación
  - Conocimiento de la técnica de la PCR, sus requerimientos y sus aplicaciones
  - Diseño de experimentos de extracción de ADN

## 2.4. COMPETENCIAS BÁSICAS

Tal y como podemos encontrar en la página web del Ministerio de Educación y Formación Profesional, “*Para una adquisición eficaz de las competencias y su integración efectiva en el currículo, deberán diseñarse actividades de aprendizaje integradas que permitan al alumnado avanzar hacia los resultados de aprendizaje de más de una competencia al mismo tiempo.*”

*Las competencias deben desarrollarse en los ámbitos de la educación formal, no formal e informal a lo largo de la Educación Primaria, la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato, y en la educación permanente a lo largo de toda la vida*” («Competencias básicas en la Educación Secundaria Obligatoria (ESO)», s. f.). De este modo, las competencias básicas que se han desarrollado a lo largo de este proyecto son las siguientes:

1. Comunicación lingüística: Dicha competencia básica ha sido desarrollada por los alumnos de Bachillerato, ya que han sido los encargados de transmitir una idea, la PCR y sus aplicaciones a los alumnos de Primaria. Han aprendido a expresarse, y a ser comprendidos. Y esto es en algo en lo que los alumnos de Bachillerato han trabajado exhaustivamente, pues como llevamos recalando a lo largo del informe, los interlocutores a los que iba dirigida la explicación era alumnos de Primaria, con conocimientos escasos si no bien nulos del tema que se estaba tratando.
2. Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología: En este caso, la competencia en ciencia y tecnología ha sido trabajada por los dos grupos de alumnos, tanto los de Bachillerato como los de Primaria. Claramente, los primeros han adquirido dicha competencia en mayor medida, puesto que la explicación que se les ha dado a ellos sobre el tema, así como su búsqueda personal de información acerca del mismo ha hecho que conozcan a la perfección los fundamentos teóricos y prácticos de la técnica de la PCR. Todo ello sumado al esfuerzo añadido de prepararse una explicación que los alumnos de Primaria sean capaces de comprender. Por lo que respecta a los alumnos de Primaria, han tenido una iniciación a la ciencia y tecnología, concretamente conociendo la molécula de ADN, la técnica de la Reacción en Cadena de la Polimerasa y sus aplicaciones.
3. Competencia digital: Dicha competencia se ha adquirido empleando de manera creativa, crítica y segura las tecnologías de la información, tales como ordenadores y tabletas con acceso a Internet por los alumnos de Bachillerato y Primaria.

4. Aprender a aprender: En este sentido, dicha competencia ha sido adquirida tanto por los alumnos de Primaria como por los alumnos de Bachillerato. Esta redundancia de aprender a aprender es necesaria, puesto que en muchas ocasiones los alumnos no saben realmente estudiar bien o cómo adquirir nuevos conceptos. Los alumnos de Primaria han aprendido a aprender con juegos, talleres didácticos y proyectos entretenidos. Por su parte, los alumnos de Bachillerato, los artífices de dichos proyectos, han aprendido a aprender a realizar los mismos, de manera didáctica y amena.
  
5. Competencias sociales y cívicas: En relación a esta competencia, quienes la han desarrollado han sido los alumnos de Bachillerato, pues han adquirido la habilidad y capacidad de emplear sus conocimientos y aplicarlos a la elaboración de los diferentes proyectos destinados a los alumnos de Primaria. Es muy importante en esta competencia que los estudiantes aprendan a transmitir la información, una serie de ideas a un público que las desconoce. Además de ello, trabajar en grupo y cooperar es una competencia social que los alumnos han trabajado con la realización de este Proyecto Natura. Los alumnos de Primaria también han desarrollado dicha competencia, puesto que han aprendido de forma grupal e interactuando entre ellos las diferentes aplicaciones de la PCR que los alumnos de Bachillerato les han ido explicando.
  
6. Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor: Esta competencia la han ido adquiriendo los alumnos de Bachillerato, puesto que una vez tuvieron los conocimientos en los que estarían basados sus proyectos, tomaron la iniciativa de crear distintos proyectos, con creatividad y con un espíritu emprendedor que les llevó a dar forma a sus ideas.

### **3. MATERIALES Y METODOLOGÍA**

#### **3.1 MATERIALES:**

**Grupo 1:** La PCR en la medicina forense

-Cuerda ( 5 metros)

-1 Cartulina amarilla y 5 cartulinas de otros colores (los que haya) Tamaño A2

-Plastilina (color carne o en su defecto rosa) 1 unidad (se necesita poca cantidad)

-Uñas postizas

-Velcros (2 metros)

-Pintura roja (1 bote pequeño-unos 25ml)

### **Grupo 2: La PCR empleada en los alimentos**

-Frutas: 1 naranja, 1 melocotón, 1 piña.

-Zumo de naranja.

-Lámina de imán tamaño A2

-1 Cartulina amarilla tamaño A2

-cola para pegar

-Plastilina 3 unidades (amarilla, naranja y roja)

### **Grupo 3: La PCR en la antropología forense**

-4 cartulinas (roja, amarilla, verde y naranja) tamaño A2

### **Grupo 4: La PCR en la detección de enfermedades hereditarias**

- colores (plastidecores)(Principalmente verdes)

- cartulinas tamaño A2 (verde, amarillo, negra y rojo) ( Muchos tonos diferentes de verdes y amarillos ) Si no encuentras cartulinas tan diversas, papel celofán (el que parece plástico)

- Celo (1 unidad)

- Rotulador blanco (En su defecto, plastidecor)

### **Grupo 5: La PCR para el análisis de consanguinidad**

Limpiapipas colores (Adjunto foto)

- 6 uds azul oscuro
- 4 uds azul clarito
- 4 uds rojo
- 4 uds verde





A modo resumen, encontramos todo el material resumido en la siguiente tabla:

<b>Materiales</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio</b>
Cuerda	5	1.10€
Cartulina	16	15.20€
Plastilina	4	5.40€
Uñas postizas	1	1.80€
Velcros	2m	1.50€
Pintura roja	25mL	1.60€
Lámina imán	1	1.10€
Cola	1	2.20€
Plastidecor	1	2.80€
Celo	1	0.85€
Rotulador blanco	1	4.25€
Limpiapipas	2	5.30€
<b>TOTAL</b>		<b>43.10€</b>

**Tabla 1: Tabla del material empleado para la realización de los diferentes proyectos.**

### 3.2 METODOLOGÍA:

Para llevar a cabo la realización de los distintos proyectos por parte de los alumnos, es preciso que se establezca una metodología a seguir.

La metodología empleada para la realización del Proyecto Natura que lleva por título “La PCR: ¿Quién es quién?” fue el Aprendizaje-Servicio (**ApS**) y el Aprendizaje Basado en Proyectos (**ABP**), así como la **gamificación**, la realización de **sesiones teóricas** y de **sesiones prácticas**.

A continuación desarrollaremos las diferentes metodologías empleadas.

El **Aprendizaje Basado en Proyectos** es la metodología perfecta para que el alumno comprenda en este caso la técnica de la PCR mediante el desarrollo de proyectos. Es una forma práctica de aprender y de asimilar los conceptos que se han ido trabajando a lo largo de las sesiones teóricas y prácticas. Además, dicha metodología permite sintetizar los conocimientos adquiridos en la realización de un proyecto, que posteriormente puede tener diferentes fines. En el caso del Proyecto Natura, dichos trabajos servirán para ilustrar a los alumnos de Primaria los conceptos que se quieren transmitir.

Por su parte el **Aprendizaje-Servicio** es una metodología educativa que combina el aprendizaje con la realización de un servicio. Con este tipo de metodología los alumnos aprenden en dos direcciones, por un lado atendiendo a las sesiones explicativas, tanto teóricas como prácticas y por otro lado con una labor de investigación personal para el posterior desarrollo del trabajo que

van a realizar, en este caso, proyectos explicativos de las diferentes aplicaciones que presenta la técnica de la PCR. En cuanto al servicio ofrecido, serán los alumnos de Bachillerato en este caso, los encargados de transmitir los conocimientos adquiridos a los alumnos de Primaria.

Implementar la **gamificación** en las aulas es una innovación que también se ha empleado en el desarrollo del Proyecto Natura de la PCR. Dicha metodología unifica el aprendizaje con la mecánica de los juegos con el fin de la mayor y mejor asimilación de los conceptos que se tratan. Es por ello que varios de los proyectos realizados por los estudiantes de Bachillerato incorporan juegos mediante los cuales los alumnos de Primaria absorben de manera lúdica las nuevas ideas sobre las diferentes aplicaciones de la PCR.

Por otro lado, se han realizado diferentes **sesiones teóricas** en las que los alumnos de Bachillerato han ido repasando conceptos ya trabajados en su trayectoria escolar, tales como la molécula de ADN. Además de ello, han ido adquiriendo nuevos conocimientos como la replicación del ADN, y la PCR, que les han ayudado a desarrollar posteriormente los proyectos dedicados al aprendizaje de los alumnos de Primaria.

Por último, se han llevado a cabo **sesiones prácticas** en el laboratorio del colegio, donde los alumnos han salido de la rutina de las aulas, favoreciendo así su interés sobre la Biotecnología, y en concreto sobre la molécula de ADN. Dicha metodología favorece que los estudiantes asimilen los conceptos previamente estudiados en las sesiones teóricas tras la observación *in vivo* de lo explicado en las mismas. Con la realización de dicha sesión práctica se favorece también que el alumno desarrolle su capacidad de comprensión y análisis del procedimiento empleado para en este caso, la extracción de ADN.

### 3.3 LUGAR Y/O REQUERIMIENTOS DE ESPACIO:

A lo largo del desarrollo del proyecto, empleamos diferentes espacios.

Con los alumnos de Bachillerato utilizamos su aula, pues esta disponía de **pizarra de tiza y pizarra digital**. Esta última es la que empleé para proyectar las presentaciones que me preparaba, así como recursos visuales. Por su parte, la pizarra de tiza la usaba a modo de complemento, es decir, en ella realizaba figuras, dibujos o esquemas para explicar o resolver las dudas que se les planteaban a los alumnos. Con los alumnos de Bachillerato también empleamos una de las aulas de informática para poder realizar las búsquedas de información acerca de la técnica de la PCR. Alguno de esos días de búsqueda, todas las **aulas de informática** se encontraban ocupadas, por lo que empleamos las **tablets** de las que el colegio dispone.


Además, se utilizó el **laboratorio de Biología** del centro para poder realizar la práctica de “Extracción de ADN”.

Respecto a los alumnos de Primaria, con ellos se emplearon varios espacios, puesto que todos los alumnos pasaron por los diferentes proyectos elaborados por los 5 grupos. Así pues, las 5 aulas empleadas con dichos alumnos fueron **aulas multiusos**.

#### 4. DESCRIPCIÓN DETALLADA

A continuación, vamos a proceder a concretar lo que se ha ido realizando a lo largo de la etapa de trabajo en Bachillerato.

A continuación se presenta el cronograma que se siguió:



Sesiones	Trabajo
04-feb	Explicación ApS y ABP. Explicación Proyecto Natura y formación de grupos.
06-feb	Charla sobre la Biotecnología
11-feb	Introducción al ADN
13-feb	Introducción al ADN
20-feb	Replicación del ADN
22-feb	Explicación de la PCR
25-feb	Explicación de la PCR
27-feb	Búsqueda de las aplicaciones de la PCR
01-mar	Búsqueda de información sobre la aplicación de la PCR asignada
04-mar	Práctica "Extracción de ADN"
06-mar	Desarrollo del proyecto
20-mar	Desarrollo del proyecto
22-mar	Desarrollo del proyecto
25-mar	Desarrollo del proyecto
27-mar	Desarrollo del proyecto
29-mar	Exposición de los proyectos en aula
01-abr	Organización y ensayo
03-abr	Organización y ensayo
04-abr	"La Salle sueña ciencia" Presentación en Primaria

**Tabla 2: Cronograma seguido en el desarrollo del proyecto.** La flecha azul representa la etapa en Bachillerato y la flecha naranja representa la etapa en Primaria.

La primera sesión en la que conocí a los alumnos de Bachillerato fue el 4 de febrero de 2019. En esta primera toma de contacto me di a conocer, les comenté quién era, y qué hacía ahí. Les expliqué el funcionamiento de las clases que íbamos a compartir y de la metodología que íbamos a emplear.

Para ello, elaboré una ficha que además de entregar una copia a cada alumno, proyecté en la pizarra digital.

En dicha ficha de presentación comenté mi experiencia personal, mi trayectoria escolar hasta llegar a la carrera que curso actualmente, con el objetivo de que me conocieran y supieran el por qué estaba ahí con ellos. Como he mencionado, les expliqué en qué consisten las metodologías de **Aprendizaje-Servicio** y el **Aprendizaje Basado en Proyectos**. Para ello, busqué como recurso dos vídeos explicativos de cada una de las metodologías, de los cuales generé un código QR para que los alumnos pudieran acceder a ellos en cualquier momento. Este recurso lo empleé ya que hoy en día con los móviles todo el mundo puede leer un código QR, es decir, con ello les acerqué la utilidad de las nuevas tecnologías. También les expliqué qué es el Proyecto Natura, en qué iba a consistir su trabajo, la temática del mismo y el papel que ellos iban a tener.

The image shows a presentation slide with a purple background. At the top left is the logo for 'LA GACELA' featuring two cartoon figures. At the top center is the 'La Salle' logo with a yellow star. At the top right is the seal of the 'UNIVERSITAT DE VALÈNCIA' and the text 'Facultad de Ciencias Biológicas'. The main title is 'Proyecto Natura en Biotecnología' with the subtitle 'Contexto: Biología Molecular'. Below this, the text 'Aprendizaje Basado en Proyectos y Aprendizaje Servicio' is displayed. Two columns of instructions are provided: 'Para ver este vídeo: Pulsa el botón' (with a play button icon) and 'o escanea el código QR' (with a QR code). A large blue bracket on the right side groups these instructions under the heading 'Nuestro Proyecto Aps' and includes an icon of hands holding a colorful object, with the text 'La PCR' and 'Reacción en Cadena de la Polimerasa' below it. At the bottom left, it says 'App: Escáner QR'.

Figura 1: Ejemplo de ficha de presentación de la etapa en Secundaria.

Tras esta introducción, los alumnos de Bachillerato formaron los grupos de trabajo. Dichos grupos quedaron organizados del siguiente modo:

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
Daniel	Irene	Francisco	Mar	Teresa
Álvaro	Anorca	León	Javi	Estela
María	Irene	Francesc	Paula	Lucía
Paula	Eva	Germán	Lucía	María
Natalia		Adrián		Marta
Verónica				

**Tabla 3: Organización de los grupos de trabajo de los alumnos de primero de Bachillerato.**

Tras el interés que despertó el desarrollo del Proyecto Natura en La Salle y concretamente, la Biotecnología, una carrera que muchos de los estudiantes desconocen, muchos de los alumnos, así como varios profesores y el equipo directivo me pidieron que realizara una charla sobre qué es la Biotecnología, qué salidas tiene, a qué te puedes dedicar y qué se estudia en ella. Es por ello, que el día 6 de febrero impartí dicha charla tanto a los alumnos de primero como de segundo de Bachillerato. Así pues, en lo que más centré la charla fue en explicar los distintos campos que abarca la Biotecnología, es decir, los distintos campos que abarca.

La presentación que empleé se encuentra en el Anexo 0.

COLORES DE LA BIOTECNOLOGÍA

- Rojo
- Blanco
- Verde
- Azul
- Gris

La biotecnología roja se centra en el campo de la medicina; la blanca en la parte industrial; la azul en la parte marina; la verde en la agricultura y la gris en el medio ambiente.

Las siguientes clases fueron de repaso. Opté por no comenzar directamente explicando la técnica de la PCR, sino repasar los conceptos que años anteriores habían dado. En una de las reuniones, la tutora de Bachillerato me comentó que tenían en la programación del curso dar la “replicación del ADN” en el segundo trimestre. Es por ello, que ambas acordamos que esa parte del temario la explicaría yo, pues además de que cuadraba a la perfección en las fechas, era una base importante para poder comprender posteriormente la PCR.

Así pues, el día 11 de febrero comencé con la introducción al ADN, la cual concluí el día 13 del mismo mes. Para explicar esa parte hice uso de la pizarra digital donde proyecté la presentación que había preparado para ello, y la cual muestro a continuación junto a las explicaciones que fui dando.



## Índice

- ¿Qué es el DNA?
- Composición
- Estructura
- Modelos de replicación
- Experimento de Meselson y Stahl

## ¿Qué es el DNA?

- Ácido desoxirribonucleico
- Material genético
- Almacena información
- Emplea la información que contiene
- Se encuentra en el núcleo de las células

Dogma Central de la Biología Molecular



## ¿Qué es el DNA?

El DNA o ADN (ácido desoxirribonucleico) es el material genético, es decir, una molécula que codifica la información genética necesaria para el desarrollo y funcionamiento de todos los organismos. Dicha molécula es la encargada de almacenar esa información, así como emplearla para sintetizar

nuevos componentes celulares, como son las proteínas y las moléculas de ARN (ácido ribonucleico). Dicha molécula se encuentra en el núcleo de todas las células.

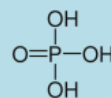
## Composición

La molécula de DNA se compone de los siguientes elementos:

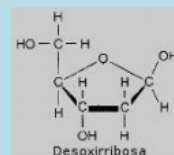
-Ácido fosfórico, el cual se puede encontrar en forma de monofosfato (AMP), difosfato (ADP) o trifosfato (ATP). En la molécula de ADN se encuentran en forma de monofosfato.

## Composición del DNA

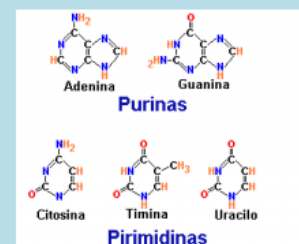
- Ácido fosfórico



- Azúcar



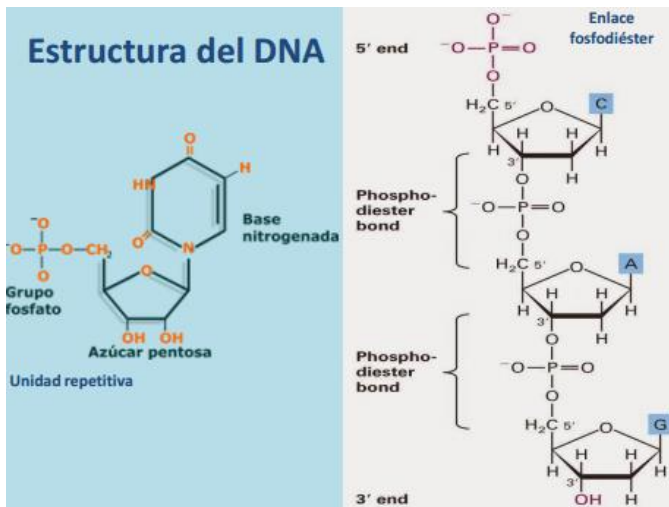
- Bases nitrogenadas



-Azúcar, que en el caso del ADN es una desoxirribosa, una pentosa que forma parte de los nucleótidos.

-Bases nitrogenadas, que son adenina (A), citosina (C), guanina (G) y timina (T). Éstas se encuentran unidas al esqueleto azúcar-fosfato a través del primero, formando el nucleótido, el cual se compone de una base, un azúcar y un fosfato. Estas bases se clasifican en dos grupos:

- Bases púricas: adenina y guanina
- Bases pirimidínicas: citosina y timina



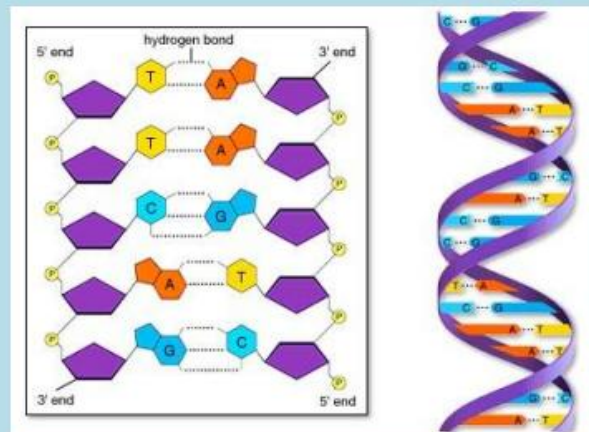
### Enlace fosfodiéster

Un enlace fosfodiéster es un tipo de enlace covalente que se produce entre un grupo hidroxilo (OH) en el carbono 3' y un grupo fosfato (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) en el carbono 5' del nucleótido entrante, formándose así un doble enlace éster.

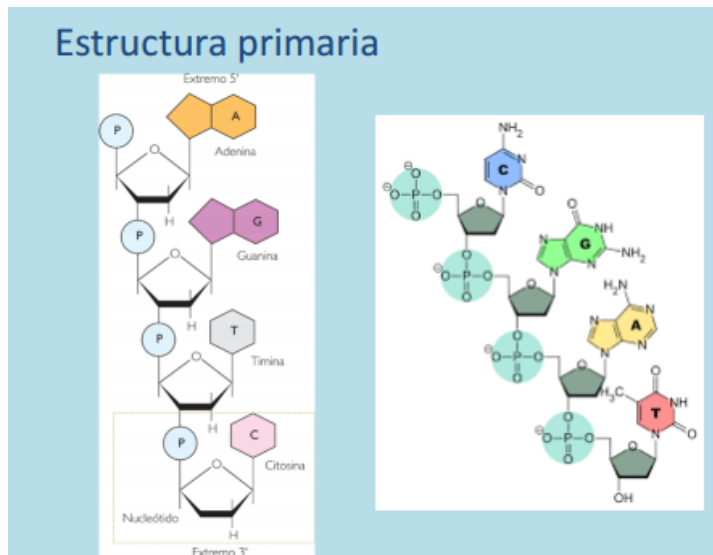
### Estructura

El DNA es pues una molécula bicatenaria, formada por dos cadenas antiparalelas y que presentan las bases nitrogenadas enfrentadas en el interior de éstas y los grupos fosfato hacia el exterior.

### Estructura del DNA

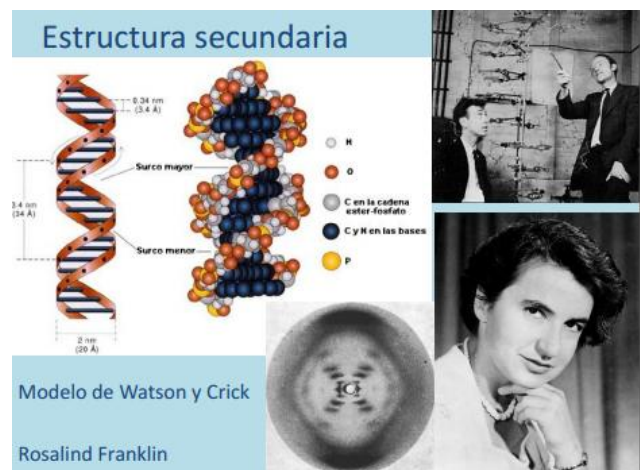


La estructura tridimensional de esta molécula presenta 4 niveles:



- Estructura primaria: Es la secuencia de nucleótidos encadenados.

- Estructura secundaria: Es la estructura en doble hélice. Dicho modelo lo postularon Watson y Crick con evidencias proporcionadas por la investigación de Rosalind Franklin con la difracción de Rayos X. Según el tipo de ADN puede ser dextrógira o levógira. Ambas cadenas son antiparalelas, pues el extremo 3' de una se enfrenta al extremo 5' de la otra.



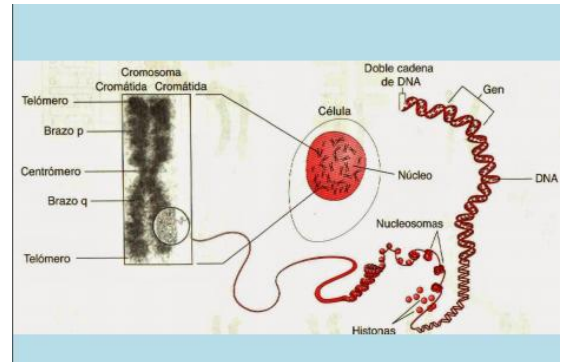
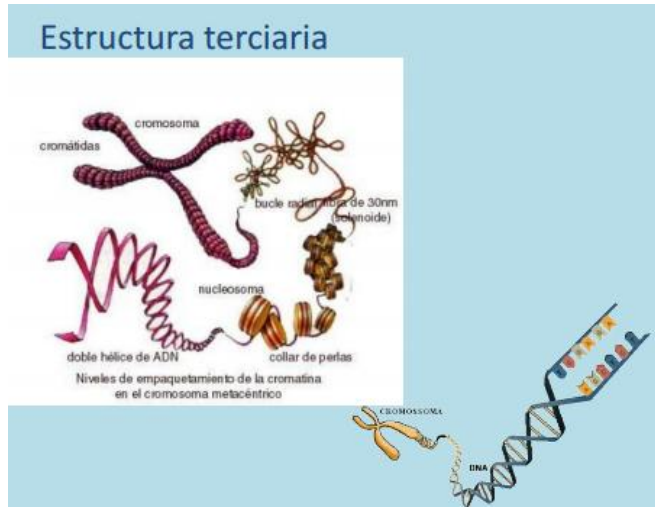
Las características más importantes de este modelo son las siguientes:

1) la estructura básica es helicoidal – consta de dos hélices que se entrecruzan–, el corazón de la hélice está ocupado por las bases purínicas y pirimidínicas – los grupos fosfato están en el exterior – y 2) las hélices no son idénticas, sino complementarias de manera que si una hélice contiene una base púrica la otra contiene una pirimidínica .

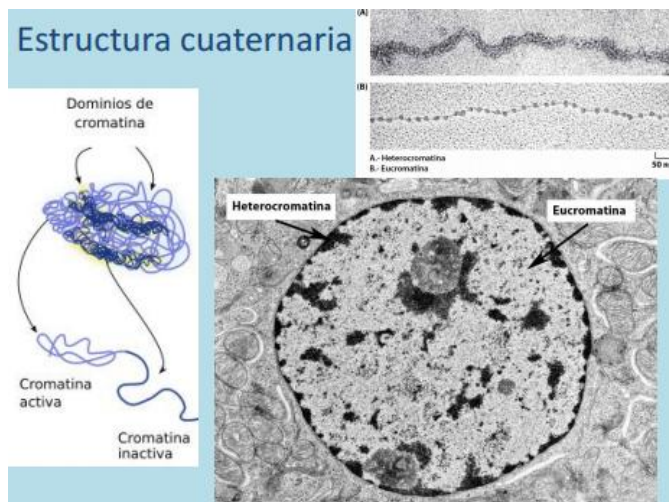
El apareamiento de las purinas con las pirimidinas es muy exacto, la adenina formará pareja con la timina mediante dos puentes de hidrógeno, mientras que la guanina siempre lo hará con la citosina mediante tres. (Illana, 2014)



- Estructura terciaria: Organización del ADN en cromosomas.



- Estructura cuaternaria: disposición del DNA en forma de cromatina

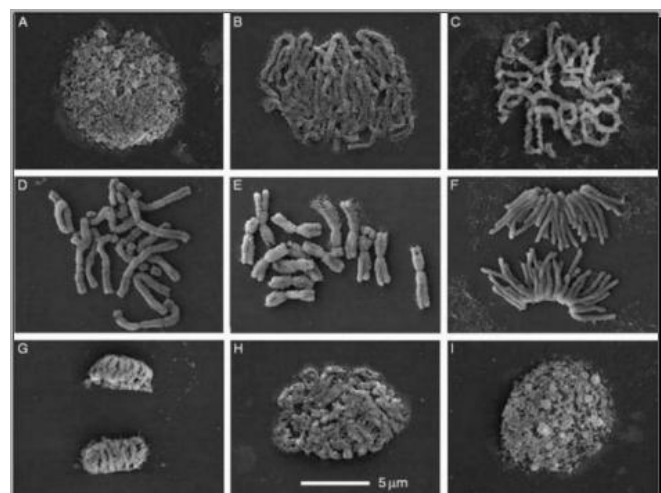


Podemos diferenciar dos tipos de cromatina: eucromatina y heterocromatina.

En la eucromatina podemos encontrar la mayor parte de los genes activos. El grado de empaquetamiento de este tipo de cromatina es menor que el de la heterocromatina, por lo que es

más compatible con la transcripción y la actividad génica.

Por su parte, podemos encontrar la heterocromatina en las regiones teloméricas y centroméricas. Esta cromatina se encuentra más condensada que la anterior, por lo que presenta un menor número de genes activos.



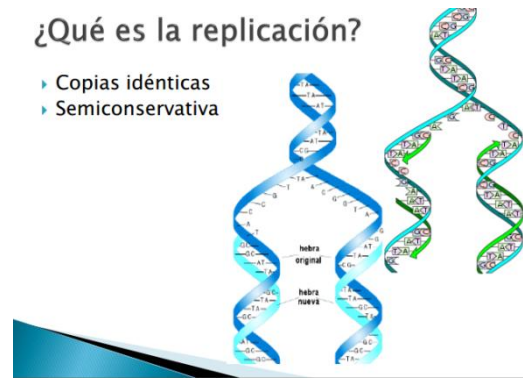
Tras el repaso realizado sobre el ADN, y tal y como había acordado con la tutora, el día 20 de febrero comenzó la explicación sobre la replicación ADN. Para ello, hice uso de la pizarra digital y de la presentación que previamente preparé, la cual muestro a continuación junto a la explicación dada a los alumnos.

## La replicación del DNA



### ¿Qué es la replicación?

- ▶ Copias idénticas
- ▶ Semiconservativa



### La replicación del ADN

Se entiende por replicación el proceso de obtención de copias idénticas de una molécula de DNA. Dicho proceso consiste en la separación de las dos cadenas que componen la doble hélice.

### Modelos de replicación del ADN

#### Modelos de replicación

- Replicación conservativa
- Replicación semiconservativa
- Replicación dispersiva

A. Modelo conservativo      B. Modelo semiconservativo      C. Modelo dispersivo

- **Replicación conservativa:**

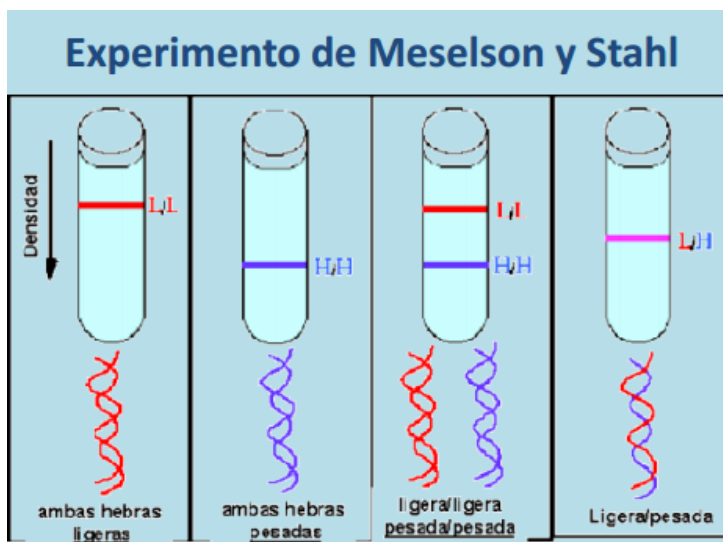
Dicho modelo afirma que tras la replicación del ADN se obtienen dos moléculas distintas, una formada por las dos hebras originales y otra formada por las dos hebras de nueva síntesis, las cuales presentan la misma secuencia que la molécula original de la que derivan.

- **Replicación semiconservativa:**

Dicho modelo afirma que de una molécula de ADN se separan las dos hebras que la componen, de manera que de forma independiente sirven de molde para la síntesis de la cadena complementaria. Así pues, las moléculas de ADN resultantes están compuestas de una hebra original y de otra hebra de nueva síntesis.

- **Replicación dispersiva:**

Dicho modelo afirma que el resultado de la replicación de una molécula de ADN es la formación de otras dos moléculas híbridas, cuyas hebras están formadas por fragmentos del ADN original y del ADN de nueva síntesis.



**Experimento de Meselson y Stahl**

Los científicos Matthew Meselson y Franklin W. Stahl realizaron un experimento empleando la bacteria *E.coli* con el fin de descubrir cuál era el método por el que se replicaba el ADN, teniendo 3 posibles opciones: conservativo, semiconservativo y dispersivo.

Para llevar a cabo dicho experimento emplearon el isótopo pesado Nitrógeno 15, pues como hemos visto, dicho elemento está muy presente en la molécula de ADN.

Tras un cultivo de bacterias en un medio con Nitrógeno 14, extrajeron el DNA de las mismas y lo sometieron a centrifugación con un gradiente de cloruro de cesio con el fin de obtener cuál era la densidad que poseía el DNA de *E.coli*. Posteriormente, crecieron un cultivo de bacterias en un medio rico en Nitrógeno 15, para seguidamente proceder del mismo modo que antes, extraer el ADN de las bacterias, centrifugarlo con el gradiente de cloruro de cesio y obtener la densidad de estas. Tras realizar una comparación, observaron que tal y como esperaban, la densidad del ADN extraído de las bacterias crecidas en un medio

con Nitrógeno 15 era mayor que la densidad de las bacterias crecidas en un medio con Nitrógeno 14.

El siguiente paso realizado en el experimento, fue cambiar a un medio con Nitrógeno 14 las bacterias crecidas en el medio con Nitrógeno 15. Se dio tiempo a que sucediera únicamente un evento de replicación, tras el cual se extrajo el ADN y centrifugó del mismo modo que anteriormente, en un gradiente de cloruro de cesio. La banda que apareció en ese caso señalaba que la densidad del ADN no era la misma que la de las bacterias crecidas en Nitrógeno 14, ni la de las bacterias crecidas en Nitrógeno 15. Dicha banda estaba situada entre medias de las anteriores, por lo que presentaba una densidad intermedia. En este momento se rechazó completamente el modelo conservativo, pues no habría aparecido una banda intermedia, únicamente deberían haber aparecido las dos bandas correspondientes a las densidades del ADN con Nitrógeno 14 y con Nitrógeno 15.

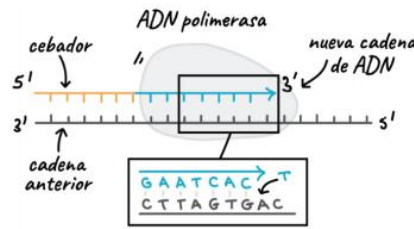
Llegados a este punto, quedaban dos opciones. Para determinar qué modelo de los dos era el correcto, se procedió a extraer el ADN de bacterias crecidas en un medio con Nitrógeno 15, a las cuales se les había dado tiempo para ocurrieran dos eventos de replicación en un medio con Nitrógeno 14. Tras la extracción y posterior centrifugación con un gradiente de cloruro de cesio aparecieron dos bandas. Una de las bandas era la misma que la banda resultante de las bacterias a las que solo se les había dado tiempo a que ocurriera un evento de replicación. Por otra parte, la segunda banda correspondía la banda de las bacterias crecidas únicamente en un medio con Nitrógeno 14. De este modo se rechazó el modelo dispersivo, ya que no cabía la posibilidad de que apareciera esa segunda banda que apareció ya que todas las moléculas de ADN deberían tener fragmentos del ADN de la molécula original.

Es por ello, que tras este experimento, los científicos Meselson y Stahl concluyeron que el modelo correcto de replicación del ADN es el semiconservativo, afirmando el modelo propuesto por Watson y Crick.

Aunque esta explicación pudiera resultar más difícil de entender, me parecía interesante explicar un modelo de experimento clave para que los alumnos pudieran entender la replicación del ADN y comprender cómo se demostró que la replicación del mismo es semiconservativa, es decir, una hebra procede de la molécula original y la otra es de nueva síntesis.

## DNA polimerasa

- ▶ Requieren de un molde para iniciar la síntesis.
- ▶ Solo pueden agregar nucleótidos al extremo 3' de la cadena de ADN.
- ▶ Necesitan un cebador o primer.
- ▶ Tienen la capacidad de corrección.



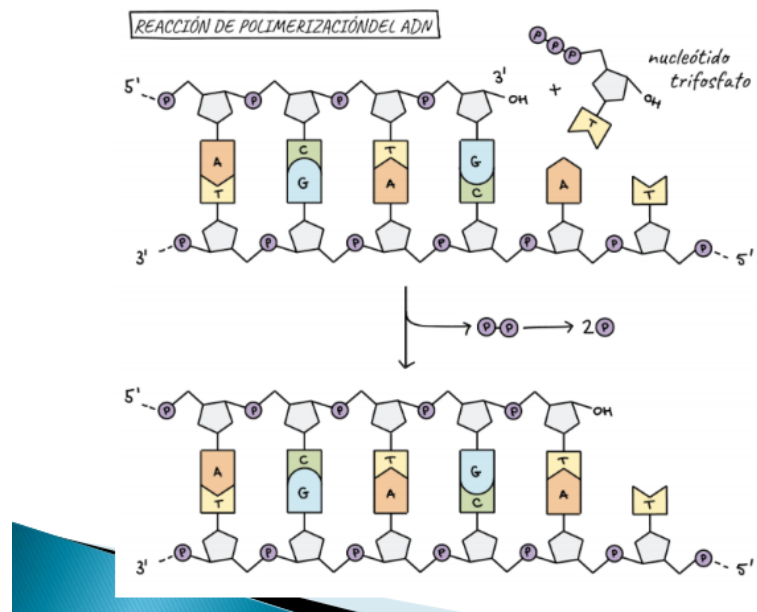
## La DNA polimerasa

Es una de las enzimas clave para el proceso de replicación. Estas enzimas se encargan de la síntesis del nuevo DNA, esto es así ya que se encargan de añadir los nucleótidos a la cadena de nueva síntesis. Dichos nucleótidos son los complementarios a la cadena molde.

(«Mecanismos moleculares de la replicación del ADN», s. f.)

Características clave de las ADN polimerasas:

- Requieren de un molde para iniciar la síntesis.
- Solo pueden agregar nucleótidos al extremo 3' de la cadena de ADN.
- No saben iniciar por sí solas la síntesis de la nueva cadena de ADN, sino que necesitan un pequeño fragmento corto de nucleótidos llamado cebador o primer.
- Tienen la capacidad de corrección.



El proceso de polimerización precisa de energía, la cual es proporcionada por los propios nucleótidos que, como vimos anteriormente, presentan 3 fosfatos unidos. Así pues, la rotura del enlace entre los fosfatos, libera la energía que se emplea para la formación del enlace entre el nuevo nucleótido y la cadena que se está sintetizando (enlace fosfodiéster).

## Los cebadores y la primasa

Como hemos mencionado anteriormente, la DNA polimerasa es una enzima que no sabe iniciar por sí sola la síntesis de la nueva cadena. Es por ello que se requiere de la acción de otra enzima denominada primasa, quien se encarga de sintetizar un cebador de ARN, es decir, un fragmento corto de ácidos ribonucleicos complementarios al molde. Con ello, se proporciona el extremo 3'

### Los cebadores y la primasa

<b>Tamaño</b>	Tamaño ideal: 20-25 nucleótidos de longitud generalmente: 18-30 nucleótidos de longitud
<b>Base en el extremo 3'</b>	Debe ser una G o una C
<b>Temperaturas de fusión (Tm)</b>	50-65 °C
<b>contenido GC</b>	40-60%
<b>auto-complementariedad</b>	Debe ser evitada Para minimizar la formación de estructuras secundarias y los dímeros de primer
<b>Similaridad</b>	Debe tener un 100% de apareamiento con el molde

que requiere la DNA polimerasa para que comience a trabajar y extenderlo.

Las ADN polimerasas solo sintetizan en sentido 5' a 3', lo que supone un reto en la replicación.

Como bien sabemos, la doble hélice es antiparalela, por lo que la cadena nueva que corre en sentido 5' → 3' es de fácil síntesis, por lo que se sintetiza de forma continua y recibe el nombre de cadena líder, pues va en el mismo sentido que la horquilla de replicación. Por otro lado, la cadena de nueva síntesis que va en dirección 3' → 5' se aleja de la horquilla de replicación, por lo que su síntesis es un tanto más complicada. Así pues, la síntesis de esta cadena se lleva a cabo a trozos, pues conforme se va abriendo y avanzando la horquilla de replicación, la DNA polimerasa se va alejando de la misma. A esta cadena se le denomina cadena rezagada. A los fragmentos que se van formando en la síntesis de esta cadena se le denominan fragmentos de Okazaki.

Para facilitar la comprensión, así como la explicación, de aquí en adelante centraremos la replicación para procarionotas, exclusivamente.

**Tipos de DNA polimerasa en procariontas**

DNA polimerasa III:

Extiende los cebadores (sintetiza la mayoría del DNA).

DNA polimerasa I:

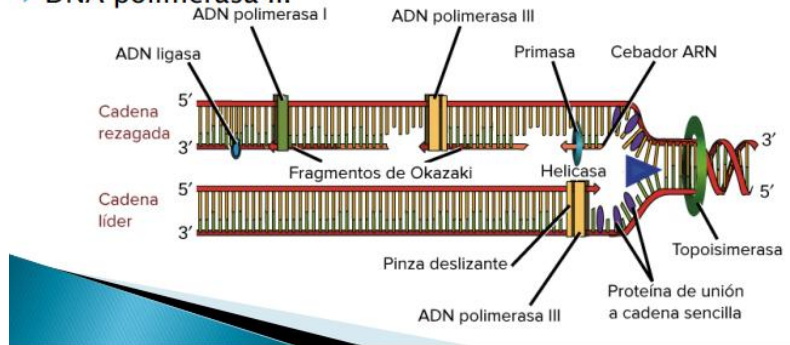
Elimina los cebadores y sintetiza DNA en su lugar. Implicada en procesos de reparación del DNA.

DNA polimerasa II:

Implicada exclusivamente en reparación del DNA.

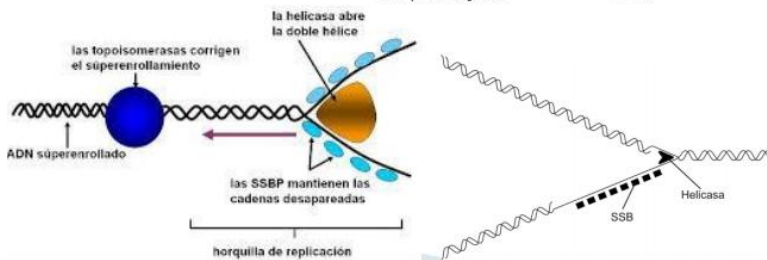
**Tipos de DNA polimerasa**

- ▶ DNA polimerasa III:
- ▶ DNA polimerasa I:
- ▶ DNA polimerasa II.



**Enzimas que intervienen**

- ▶ Topoisomerasa
- ▶ Helicasa
- ▶ Proteínas SSB
- ▶ ADN ligasa

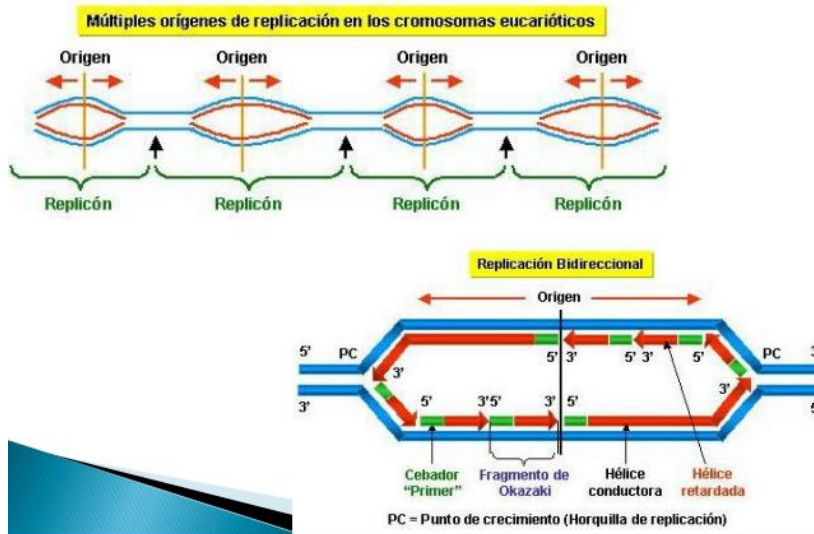


**Enzimas que intervienen en la replicación de procariontas**

• La topoisomerasa relaja la tensión provocada por el superenrollamiento del ADN al abrirse las dos hebras. Dicha enzima trabaja por delante de la horquilla de replicación.

- La helicasa abre las dos hebras de la molécula de ADN y para ello rompe los puentes de hidrógeno, lo que permite que avance la horquilla de replicación.
- Las proteínas SSB (single-stranded DNA binding proteins) se unen a las dos cadenas que se han abierto permitiendo que se mantengan separadas y no se unan durante la replicación de las mismas.
- La ADN ligasa une los fragmentos de Okazaki.

## Proceso de replicación



La replicación del ADN se va a ver de forma visual mediante el siguiente recurso visual:

<https://www.youtube.com/watch?v=YqjbmrQcyfM>

<https://www.youtube.com/watch?v=YqjbmrQcyfM>

Tras el repaso por los conceptos necesarios acerca del ADN, las siguientes sesiones, es decir, el 22 de febrero y el 25 de febrero las dediqué a explicar la técnica de la **Reacción en Cadena de la Polimerasa**. Con todos los conceptos que habían ido aprendiendo/recordando a lo largo de las sesiones anteriores, resultó más sencillo de comprender el fundamento y funcionalidad de la técnica de la PCR.



Para ello, empleé del mismo modo que las anteriores sesiones la pizarra digital, en la que proyecté la siguiente presentación con sus respectivas explicaciones:

### ¿Qué es la PCR?

La PCR es una técnica que se denomina Reacción en Cadena de la Polimerasa, que fue desarrollada por Kary Mullis en 1983. Dicha técnica es muy sensible y específica, dos requisitos necesarios para la caracterización de los ácidos nucleicos, es decir, para detectarlos fácilmente en una muestra, aunque estos se encuentren en unas cantidades muy pequeñas.

La PCR es una técnica sensible que permite detectar cantidades muy pequeñas de una molécula de DNA y específica, puesto que permite detectar una molécula concreta de ADN.

### Objetivo

El objetivo de la PCR es la obtención de un elevado número de copias de un fragmento de DNA para que éste pueda ser detectado y analizado tras la amplificación.

(Pedrosa Amado, 1999)

### Fundamento

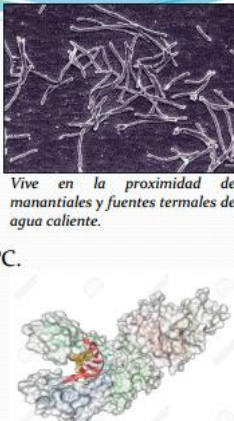
Para poder emplear dicha técnica, es necesario el uso de dos oligonucleótidos o primers que flanqueen la zona que se quiere replicar. Para ello tienen que hibridar en cadenas opuestas enfrentados entre sí. También es necesaria la actividad de una DNA polimerasa resistente a altas temperaturas, dNTPs, iones y un tampón adecuado.

Es una técnica muy sensible, pero podemos obtener **falsos negativos**, pues es posible que no se amplifique nada no porque no se encuentre presente en la

muestra, sino porque la cantidad de la misma no es suficiente. También, aunque sea muy específica, se pueden obtener **falsos positivos** cuando los cebadores hibridan inespecíficamente sobre otra secuencia de DNA.

### Taq polimerasa

- *Thermus aquaticus*
- Muy termoestable
- Mayor actividad en torno a los 70°C.



Vive en la proximidad de manantiales y fuentes termales de agua caliente.

### Taq polimerasa

Del mismo modo que se precisa de la DNA polimerasa III en un organismo para llevar a cabo la replicación del DNA del mismo, en la PCR se necesita también de una enzima capaz de llevar a cabo este proceso. Así pues, la ADN polimerasa ampliamente utilizada en la PCR se denomina Taq polimerasa, nombre que proviene

de la bacteria tolerante de la que se aisló, la cual era tolerante al calor (*Thermus aquaticus*).

La ADN polimerasa de dicha bacteria es muy termoestable presentando su mayor actividad a 72°C. A esta elevada temperatura, ni la ADN polimerasa de *E.coli* ni la de los humanos es capaz de funcionar. Es por ello, que la termoestabilidad que presenta la Taq polimerasa la hace idónea para realizar la PCR, pues en esta técnica se producen cambios a temperaturas elevadas necesarios para desnaturalizar las dobles cadenas del DNA.

### Reactivos

Para que la PCR se lleve a cabo se precisa de una serie de componentes:

- Los sustratos de la polimerasa, los **4 desoxirribonucleótidos-trifosfato (dNTP)**, necesarios para polimerizar el nuevo ADN.
- **Dos primers**, que sean complementarios cada uno a una de las dos cadenas del ADN.

Como vimos anteriormente, estos cebadores o primers son unos fragmentos cortos de ADN de cadena sencilla, normalmente de dieciocho a treinta nucleótidos, necesarios para que la polimerasa sintetice las nuevas cadenas, es decir, para que pueda llevarse a cabo la reacción y alargar la hebra de nueva síntesis. Estos primers deben encontrarse cada uno en una de las cadenas del DNA, enfrentados entre sí. Dichos oligos van a flanquear la zona que se va a replicar.

### Reactivos

- Los 4 desoxirribonucleótidos-trifosfato (dNTP)
- Dos primers
- Iones monovalentes y divalentes.
- Un tampón
- ADN (Taq polimerasa).
- ADN molde



COMPONENTES PARA UNA REACCIÓN DE PCR

- Molde dsDNA o cDNA
- Primers u oligonucleotidos
- Enzima DNA polimerasa
- Cofactores (MgCl<sub>2</sub>)
- dNTP
- Termociclador

- **iones monovalentes y divalentes.** Normalmente se emplea el magnesio ( $Mg^{2+}$ ), en forma de cloruro de magnesio ( $MgCl_2$ ), o algún otro catión divalente. Dichos iones son cofactores de la polimerasa. Iones monovalentes, como el potasio.
- Un **tampón** que mantenga el pH óptimo para el correcto funcionamiento de la ADN polimerasa.
- **ADN polimerasa** que presente una temperatura óptima elevada (normalmente se emplea la Taq polimerasa).
- **ADN molde**, el cual presenta la región que se va a amplificar.



### Termociclador

Es el aparato que se precisa para llevar a cabo los ciclos de temperaturas necesarios para que se produzca la reacción en cadena de la polimerasa, la cual permita amplificar la muestra de ADN problema. Dicho aparato mantiene la temperatura en cada etapa de los distintos ciclos que se realizan.

Dicho aparato es programable, es decir se pueden fijar los tiempos y ciclos que se quieran llevar a cabo. Los rangos de temperatura van desde 4°C hasta 96°C.

### Los cebadores

En cuanto a los cebadores, estos presentan un tamaño generalmente de entre uno 18-30 nucleótidos de longitud. Además, es recomendable que el nucleótido presente en el extremo 3' sea una guanina o una citosina, puesto que estas dos bases presentan 3 puentes de hidrógeno. El contenido en G+C de los cebadores debe oscilar entre un 40-60%, puesto que esto hará que la unión a la hebra molde sea más fuerte.

### Los cebadores

<b>Tamaño</b>	Tamaño ideal: 20-25 nucleótidos de longitud generalmente: 18-30 nucleótidos de longitud
<b>Base en el extremo 3'</b>	Debe ser una G o una C
<b>Temperaturas de fusión (T<sub>m</sub>)</b>	50-65 °C
<b>contenido GC</b>	40-60%
<b>auto-complementariedad</b>	Debe ser evitada Para minimizar la formación de estructuras secundarias y los dímeros de primer
<b>Similaridad</b>	Debe tener un 100% de apareamiento con el molde

- Ta → 5°C por debajo de la temperatura de fusión del primer con menor temperatura.
- Ta excesivamente baja → inespecificidad ❌
- Ta excesivamente alta → disminución rendimiento de la amplificación ❌

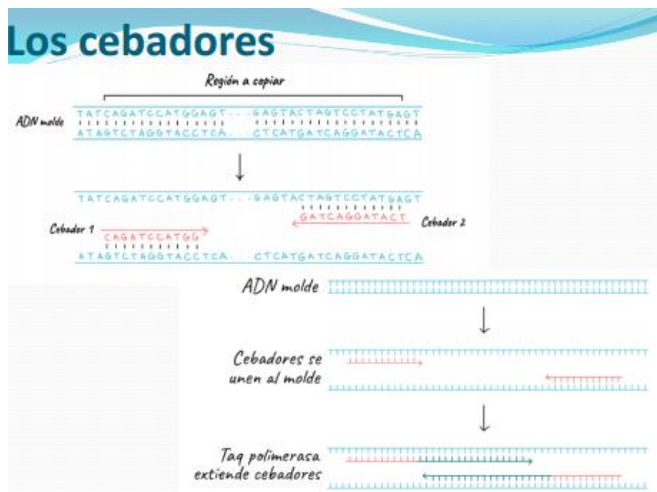
Respecto a las temperaturas de fusión de los cebadores, éstas deben oscilar entre los 50-65°C. Además, las temperaturas de hibridación de los cebadores

no deben ser demasiado diferentes, puesto que si es así, con mucha probabilidad se obtendrían amplificaciones asimétricas (de una sola hebra).

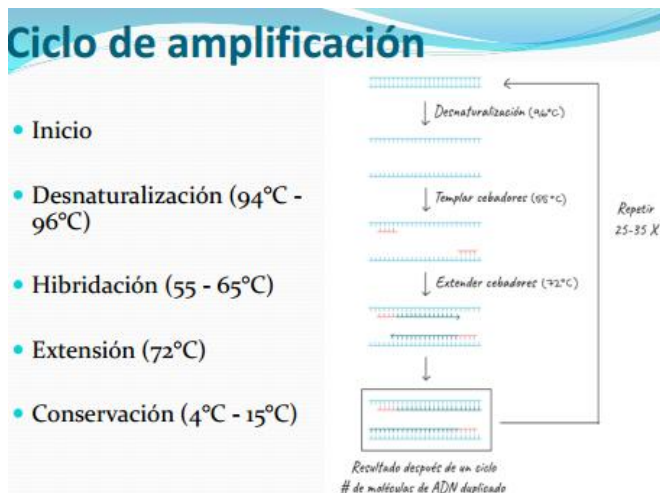
La autocomplementariedad se debe evitar para minimizar la posibilidad de que se formen estructuras secundarias así como dímeros de primer, que provocaría que los cebadores no se pudieran unir correctamente a la cadena molde y no se llevara a cabo la amplificación.

Un último requisito que debe cumplir un buen cebador es que tenga un 100% de apareamiento con la hebra molde, es decir, que sean totalmente complementarios.

La temperatura de fusión de las dobles hélices está íntimamente relacionada con su longitud y contenido de G+C. Es por ello que la temperatura de hibridación que se debe escoger para la PCR depende de la composición y tamaño de los cebadores. Se suelen emplear temperaturas de hibridación ( $T_h$ ) de 5°C por debajo de la temperatura de fusión del cebador con menor temperatura.



Cabe destacar que una  $T_h$  excesivamente baja puede provocar inespecificidad de los cebadores utilizados, los cuales pueden hibridar en secuencias distintas a las de interés. Por el contrario, una  $T_h$  excesivamente alta, puede provocar una disminución en el rendimiento de la amplificación pues se reduce la probabilidad de hibridación.



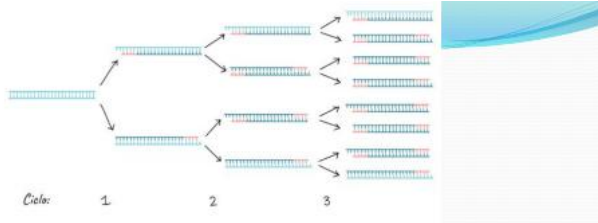
### Ciclo de amplificación

Todos los componentes necesarios mencionados anteriormente se introducen en un tubo de PCR. Dichos tubos son muy finos para facilitar la transferencia de temperatura. Se colocan en el termociclador y se programa éste para que se produzcan ciclos repetidos en los que se produce el calentamiento y enfriamiento necesarios para la

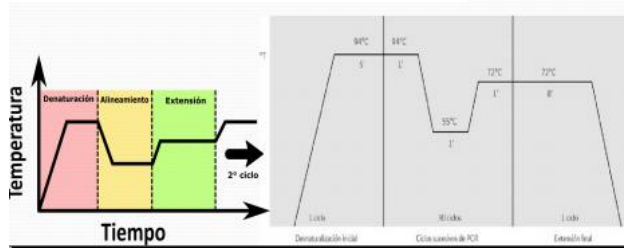
síntesis del ADN.

Así pues, las etapas básicas de los ciclos de amplificación son:

1. Inicio: se va aumentando la temperatura hasta 94-96 °C. Dicha temperatura se mantiene durante 1-9 minutos para desnaturalizar el ADN.



2. Desnaturalización (96°C): se eleva la temperatura de la reacción para conseguir desnaturalizar, es decir, separar las hebras del ADN. Con ello se obtienen las dos cadenas sencillas que servirán de molde.

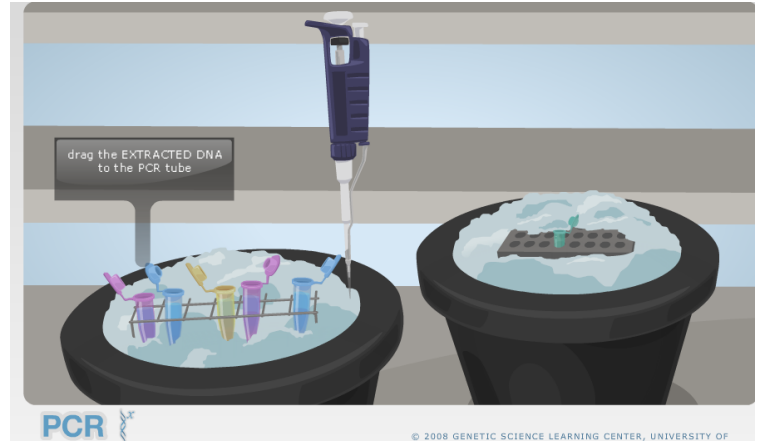
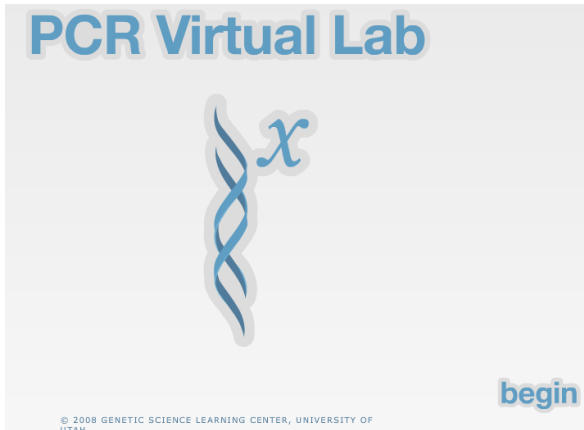


3. Hibridación (55°C - 65°C): se baja la temperatura de la reacción con el objetivo de que los primers se unan a las secuencias a los cuales son complementarios en la cadena sencilla del ADN molde.
4. Extensión (72°C): se vuelve a aumentar la temperatura de la reacción para que la Taq polimerasa sintetice las nuevas hebras al extender los cebadores en dirección 5'→3' y forme así las nuevas moléculas de ADN.

Las etapas de la 2 a la 4 se repetirán alrededor de 30 veces, para favorecer la amplificación del fragmento de ADN específico.

5. Extensión (72°C): Se realiza un último paso de extensión para permitir que las polimerasas acaben la reacción.
6. Conservación (4°C - 15°C): se alcanza dicha temperatura y se mantiene durante un tiempo indefinido con el fin de conservar la muestra hasta que esta vaya a ser analizada.

Un recurso que empleé para que los alumnos pudieran simular cómo se realiza la PCR, fue un laboratorio virtual que encontré en la siguiente web: <https://learn.genetics.utah.edu/content/labs/pcr/>. En dicha web los alumnos podían simular cómo se prepara la mezcla de reacción y cómo se amplifica el ADN. («PCR», s. f.)



Una vez terminada la explicación sobre el tema que los alumnos de Bachillerato debían conocer para elaborar sus proyectos, la siguiente clase, el 27 de febrero, se dedicó a realizar una búsqueda por equipos de las diferentes aplicaciones que presenta la técnica de la PCR. Para ello, nos desplazamos con los alumnos a una de las salas de informática, donde pudieron trabajar con los ordenadores.

Tras la búsqueda, la tutora Teresa y yo realizamos una selección de las aplicaciones más interesantes y un posterior sorteo, de manera que la asignación de la aplicación a cada grupo quedó del siguiente modo:

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
La PCR en la medicina forense	La PCR empleada en los alimentos	La PCR en antropología forense	La PCR en la detección de enfermedades hereditarias	La PCR para el análisis de consanguinidad
Daniel Álvaro María Paula Natalia Verónica	Irene Anorca Irene Eva	Francisco León Francesc Germán Adrián	Mar Javi Paula Lucía	Teresa Estela Lucía María Marta

**Tabla 4: Organización de los grupos de trabajo de los alumnos de primero de Bachillerato.** En dicha tabla se indica el grupo con su respectiva asignación de la aplicación de la PCR sobre la que trabajar.

Una vez cada grupo tuvo asignada su aplicación, en la sesión del día 1 de marzo, cada grupo realizó la búsqueda de información acerca de su aplicación. Dicha búsqueda se realizó con las tablets que posee el colegio. Ese mismo día comenzaron a decidir cómo iban a enfocar su proyecto, y elaboraron la lista de material de todo aquello que iban a necesitar (*figura 1*).

Antes de que los alumnos de Bachillerato recibieran el material que pedí en la sesión anterior, y antes de que comenzaran a desarrollar sus proyectos, el día 4 de marzo fuimos al laboratorio a realizar la sesión práctica de “extracción de ADN”.

Para realizar dicha práctica, realicé una adaptación del protocolo de extracción de ADN mostrado en el material didáctico elaborado por el equipo DoCiència de la Universidad de Valencia (“*At-home*” *DNA Extraction Protocol\**, 2011).

### **Protocol**

1) *Homogenization:*

*Put in a Blender:*

- *The DNA source*
- *1/2 teaspoon table salt*
- *1/2 glass cold water (100ml)*

2) *Blend on high for 15 seconds.*

3) *Pour your soup through a strainer into another container (a big glass).*

4) *Lysis: Add 2 tablespoons liquid detergent or 1 tablespoon liquid shampoo and swirl to mix.*

- 5) *Let the mixture sit for 5-10 minutes.*
- 6) *Optional (purifying the DNA): Add pineapple juice (13 teaspoons, 25mL) or contact lens cleaning solution (5 teaspoons, 10mL) to the container and stir gently. Be careful! If you stir too hard, you'll break up the DNA, making it harder to see.*
- 7) *Pour the mixture into a corning.*
- 8) *Precipitation: Tilt your small container and slowly pour cold alcohol into the tube down the side so that it forms a layer on top of the mixture. Pour until you have about the same amount of alcohol in the tube as mixture.*
- 9) *You can use a stick to collect the DNA. If you want to save your DNA, you can transfer it to a small container filled with alcohol.*

La práctica se realizó en castellano, pero el hecho de presentarles el protocolo inglés fue para hacerles comprender que dicho idioma es el lenguaje oficial de la ciencia, y que la mayoría de artículos e información se encuentran publicados en inglés.

Con la elaboración de dicha práctica, se pretendía que los alumnos analizaran y comprendieran el proceso de extracción del ADN paso a paso. Para ello, mientras se iba siguiendo el protocolo se les iba explicando qué estaba ocurriendo en cada uno de los pasos que se estaban siguiendo. En primer lugar, cada uno escogió una fuente de ADN diferente (espinacas, carne, plátano o fresas). El primer paso era la **disgregación de los tejidos**. Para ello, rompían mecánicamente la muestra con sal y el agua fría, con la ayuda de una batidora o a mano con el fin de conseguir una mezcla homogénea.

Siguiendo el protocolo, observamos que existen dos posibilidades de **lisis celular**, añadiendo líquido detergente o champú. La finalidad de este paso es que los alumnos tras finalizar la práctica concluyeran qué tipo de detergente era el mejor. Concluyeron que el champú de niños era demasiado suave como para realizar una lisis completa de las células.

Una vez se tuviera todo bien mezclado, el protocolo ofrecía un paso opcional, el cual algunos alumnos realizaron y otros no. Este consistía en añadir zumo de piña a la mezcla. Del mismo modo que se realizó con el paso de la adición de detergente, tras finalizar la práctica se discutió si esta opción era idónea o no. Finalmente los estudiantes concluyeron que efectivamente se trataba de un paso importante, puesto que el zumo de piña contenía proteasas que se encargaban de **romper las proteínas** haciendo que el ADN saliera al final más limpio, más purificado que en el caso de no adicionar el zumo.



El siguiente paso consistía en la **precipitación del ADN**, para la que se empleaba alcohol frío. Tras la adición del alcohol, la mezcla se dejaba en reposo y los alumnos podían observar cómo el ADN iba precipitando.

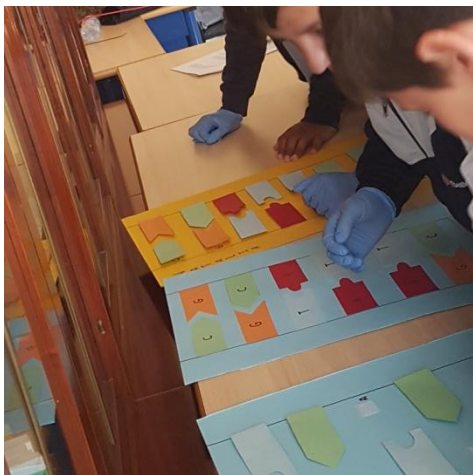
Finalmente, los estudiantes podían **recoger las fibras del ADN** con un palillo e introducirlo en un corning que podían llevarse a casa.

A lo largo de la práctica los alumnos pudieron manipular material de laboratorio, tales como cornings y eppendorfs. Además de ello, para que fueran conscientes de los volúmenes tan pequeños con los que se trabaja en una PCR, se les mostró los tubos de PCR, así como varias pipetas automáticas, para que pudieran utilizarlas, no sin antes explicarles su funcionamiento.

Tras la realización de la práctica, los alumnos recibieron el material, y en las siguientes sesiones, los días 6, 20, 22, 25 y 27 de marzo, desarrollaron sus proyectos.

La sesión del viernes 29 de marzo fue para que los diferentes grupos nos expusieran a Teresa, a sus compañeros y a mí el proyecto que habían realizado. Finalmente, las sesiones del 1 y 3 de abril fueron para organizar y ensayar las explicaciones de cara al jueves 4 de abril.

El jueves 4 de abril fue el día de “La Salle sueña ciencia”, día que organiza el colegio para dar a conocer la ciencia a los alumnos más pequeños. Para ello, alumnos de secundaria y Bachillerato de la rama de ciencias pasan la mañana con los pequeños, explicándoles algunos temas y haciendo prácticas con ellos. La existencia de este día fue perfecta para poder concluir nuestro proyecto en Primaria, de manera que los alumnos de Bachillerato pudieron este día, dar a conocer la PCR y sus distintas aplicaciones a los alumnos de quinto de Primaria. A continuación se detallan los diferentes proyectos elaborados.



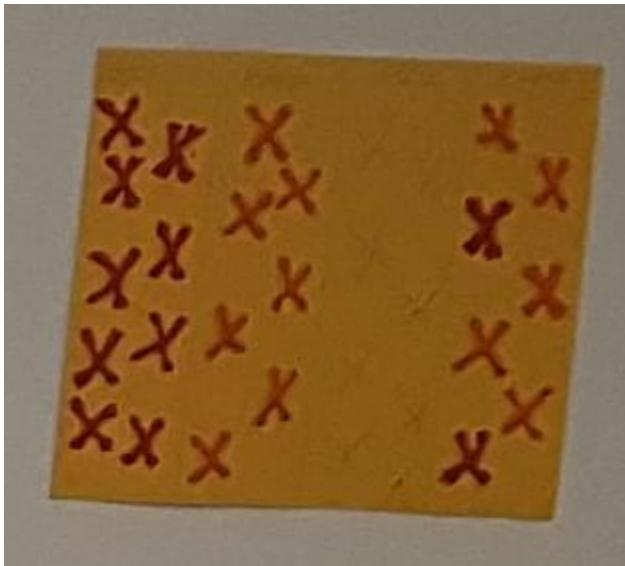
El grupo 1 con el tema: “**La PCR en la medicina forense**” decidieron realizar una obra de teatro en la que los propios alumnos de Primaria serían los actores. Para ello, realizaron una especie de “Cluedo” donde los alumnos pequeños debían averiguar quién había sido el asesino de la escena de un crimen, descartando mediante pruebas a los sospechosos y “analizando” la sangre de la escena mediante la PCR para poder averiguar quién era el culpable. Para ello, los alumnos de Bachillerato realizaron una simulación de un fragmento de ADN obtenido

de las pruebas, donde los alumnos de Primaria debían completar los huecos de las bases que complementaban y compararlo con el patrón obtenido del ADN de los sospechosos, que era la correspondiente a la sangre del asesino. Dicho recurso didáctico fue elaborado con cartulina y con velcro, el cual permitía pegar las diferentes bases en el lugar que le correspondían en el puzle de ADN.

Toda la información sobre el guión se encuentra en el Anexo 1. El vídeo del proyecto lo podemos encontrar en el siguiente código QR:



*QR code 1: Código QR del vídeo sobre La PCR en la medicina forense.*



El grupo 2 con el tema: “**La PCR empleada en los alimentos**” decidieron realizar una explicación mediante una presentación de diapositivas acerca del tema. Para ello se empleó una pizarra digital. Tras la explicación, las componentes de dicho grupo plantearon el caso de una persona a quien le había dado una reacción alérgica. Para poder averiguar qué podía haberle provocado dicha alergia, elaboraron un cronograma en el

que se presentaba la hora del día, la acción que la persona había realizado y su sintomatología. Así pues, los alumnos de Primaria concluyeron que la reacción alérgica se la había producido un zumo que la persona había tomado en la merienda. Con el fin de averiguar la composición del zumo y por tanto, la sustancia que había provocado la reacción, las alumnas de este grupo de Bachillerato simularon una reacción de PCR de la que presentaron los

resultados en una cartulina a modo de recurso didáctico. Dicha cartulina presentaba diferentes secciones en las que se asociaron con diferentes colores de plastilina los posibles componentes del zumo que podrían haber causado la reacción alérgica: piña, naranja o melocotón. Tras el resultado de la PCR, los alumnos de Primaria relacionaron el color del componente que se había detectado en el zumo analizado con el color del melocotón, representado en la cartulina.

Toda la información y materiales empleados por dicho grupo se encuentran en el Anexo 2. El vídeo del proyecto lo podemos encontrar en el siguiente código QR:



*QR code 2: Código QR del vídeo sobre La PCR empleada en los alimentos.*



El grupo 3 con el tema: “**La PCR en la antropología forense**” decidieron realizar una representación teatral sobre el Antiguo Egipto. En dicha representación aparecían dos investigadores quienes habían encontrado dos momias. La leyenda que recaía sobre ellas indicaba que dichas momias eran hermanas. Para desvelar si realmente existía parentesco entre ambas, los investigadores realizaban una PCR con el DNA extraído de las momias, puesto que explicaban, que aunque las momias se encontraran deterioradas por el paso de los años, la PCR permitía con una cantidad muy pequeña de muestra determinar la relación de ambas momias. Además de dicha representación teatral, los alumnos de Bachillerato elaboraron como material didáctico unos puzzles en los que los alumnos de Primaria debían emparejar las bases nitrogenadas.

Toda la información y materiales empleados por dicho grupo se encuentran en el Anexo 3. El vídeo del proyecto lo podemos encontrar en el siguiente código QR:



*QR code 3: Código QR del vídeo sobre La PCR en la antropología forense.*



El grupo 4 con el tema: “**La PCR para la detección de enfermedades hereditarias**” decidió hacer una explicación sobre cómo con la PCR podemos saber si tenemos una mutación que provoque una enfermedad. En este caso escogieron la anemia falciforme, de la que explicaron la mutación que la provoca y cómo se puede detectar mediante la PCR, así como las consecuencias de la misma. Tras la explicación, los alumnos de Bachillerato proporcionaban plastilina a los alumnos de Primaria, quienes elaboraban dos glóbulos rojos, uno normal, de una persona sana, y

otro falciforme, de una persona enferma. De esta manera los alumnos visualmente comprendían lo que ocurría con dicha enfermedad. Además de ello, les presentaban mediante unas fichas la mutación que provocaba la anemia falciforme, pudiendo observar los alumnos de Primaria, que el cambio de un único nucleótido provocaba la aparición de la enfermedad.

Toda la información y materiales empleados por dicho grupo se encuentran en el Anexo 4. El vídeo del proyecto lo podemos encontrar en el siguiente código QR:



**QR code 4: Código QR del vídeo sobre La PCR en la detección de enfermedades hereditarias.**

Por último, el grupo 5 con el tema “**La PCR para el análisis de consanguinidad**” realizaron una explicación sobre cómo se replica el ADN, y sobre cómo con la técnica de la PCR se pueden establecer lazos de consanguinidad. En este proyecto escenificaron el caso de una niña perdida



que quería averiguar quién era su madre. Para la realización de dicho trabajo, las alumnas de este grupo emplearon los limpiapipas a modo de cadenas de nucleótidos. Además de ello, dicho grupo explicó mediante el uso de los limpiapipas de diferentes colores la replicación, explicando que es semiconservativa. Para ello, realizaron una cadena de ADN azul y otra cadena de ADN replicada, la cual presentaba una hebra del mismo color que la molécula madre (azul) y una hebra de nueva síntesis, representada en color rojo. Este recurso visual y manipulativo hizo que los alumnos comprendieran con mayor facilidad el concepto de

la replicación, fundamental para la PCR.

Toda la información y materiales de este grupo se encuentran en el Anexo 5. El vídeo del proyecto lo podemos encontrar en el siguiente código QR:



**QR code 5: Código QR del vídeo sobre La PCR para el análisis de consanguinidad.**

## 5. CONCLUSIONES

*Principales conclusiones extraídas por el equipo en el proceso de elaboración del proyecto:*

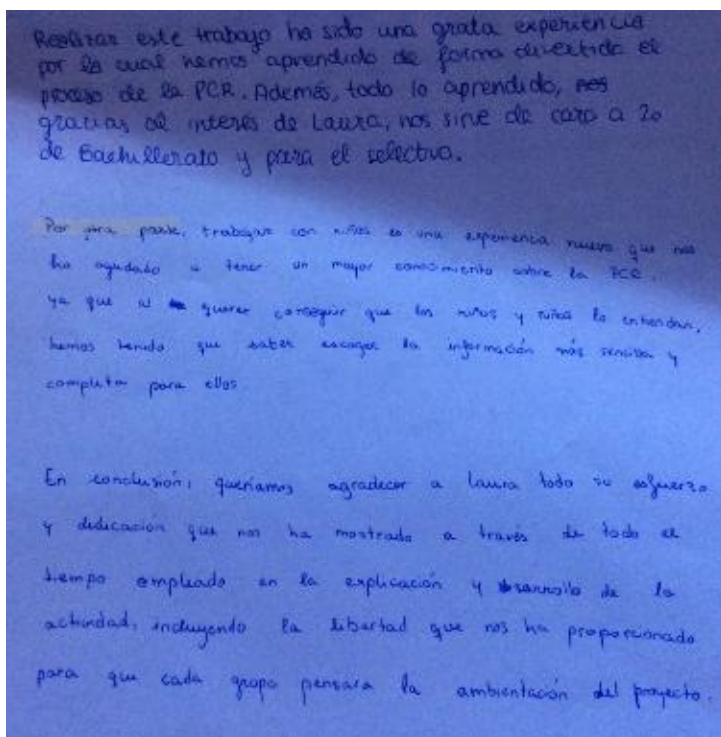
Tras la finalización de la etapa en Secundaria y Primaria, pedí tanto a los alumnos como a la tutora una pequeña valoración respecto a lo que les había parecido el desarrollo del proyecto. Sus conclusiones fueron las siguientes.

Conclusiones de los alumnos por grupos:

*“Realizar este trabajo ha sido una grata experiencia por la cual hemos aprendido de forma divertida el proceso de la PCR. Además, todo lo aprendido gracias al interés de Laura, nos sirve de cara a 2º de Bachillerato y para el selectivo.*

*Por otra parte, trabajar con niños es una experiencia nueva que nos ha ayudado a tener un mayor conocimiento sobre la PCR, ya que al querer conseguir que los niños lo entiendan, hemos tenido que saber escoger la información más sencilla y completa para ellos.*

*En conclusión, queríamos agradecer a Laura todo su esfuerzo y dedicación que nos ha mostrado a través de todo el tiempo empleado en la explicación y desarrollo de la actividad, incluyendo la libertad que nos ha proporcionado para que cada grupo pensara la ambientación del proyecto.”*



**Figura 2: Valoración de unos de los grupos.**

“Nuestra aplicación de la PCR fue la de los alimentos. La experiencia que nos llevamos fue muy buena, ya que pensamos que les llegó y comprendieron muy bien la información. Respecto a como profesora, le ponemos un 10, ya que ha logrado ser cercana con nosotros pero a la vez profesional y lo más importante, explicarnos la PCR con el fin de que todos la entiésemos.”

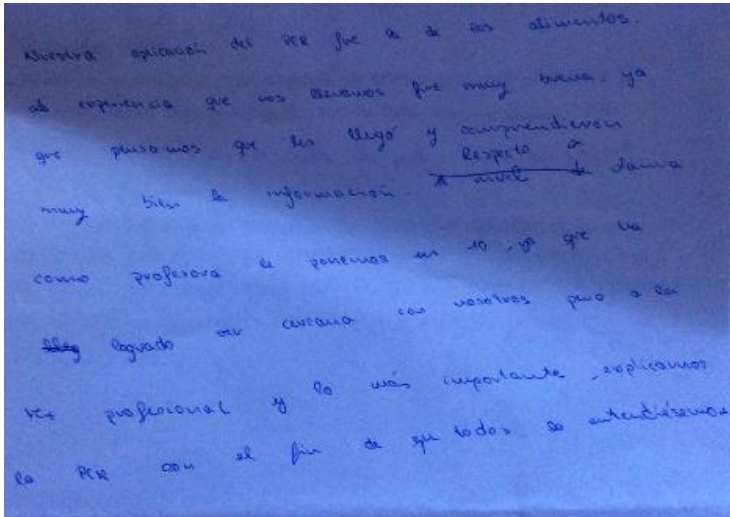


Figura 3: Valoración de unos de los grupos.

“Querida Laura,

Nuestra experiencia con respecto al trabajo que nos impusiste ha sido de lo más gratificante, por lo tanto, recomendamos este tipo de aprendizaje, ya que todas las partes sacan beneficio de él.

Todo aquello que se ha realizado ha sido una experiencia nueva tanto como para nosotros que aprendimos mucho en clase además de en el laboratorio, como para ti, que has aprendido a gestionar un trabajo muy extenso con varias clases de Primaria y Bachillerato”.

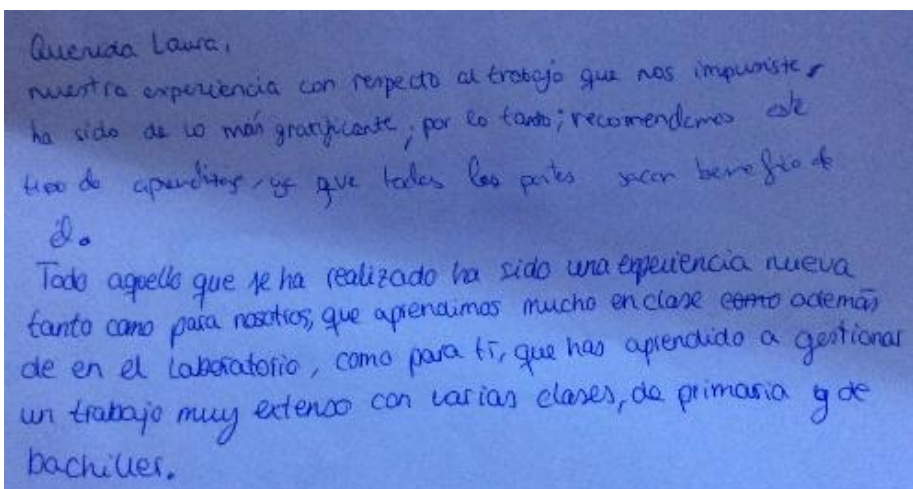


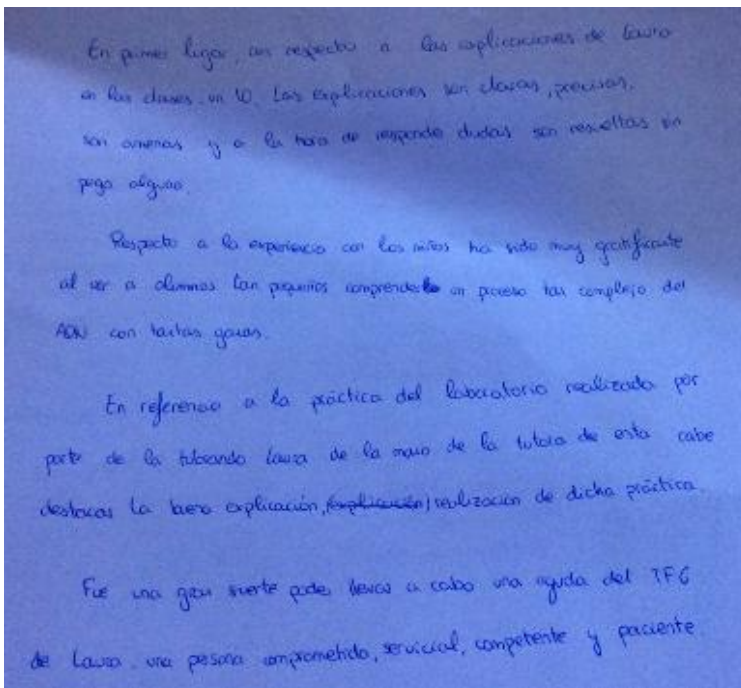
Figura 4: Valoración de unos de los grupos.

*“En primer lugar, con respecto a las explicaciones de Laura en las clases, un 10. Las explicaciones son claras, precisas, son amenas y a la hora de responder dudas son resueltas sin pega alguna.*

*Respecto a la experiencia con los niños ha sido muy gratificante al ver a los alumnos tan pequeños comprender un proceso tan complejo del ADN con tantas ganas.*

*En referencia a la práctica del laboratorio realizada por parte de la tutorando Laura de la mano de la tutora de esta, cabe destacar la buena explicación y realización de dicha práctica.*

*Fue una gran suerte poder llevar a cabo una ayuda del TFG de Laura, una persona comprometida, servicial, competente y paciente.”*



**Figura 5: Valoración de unos de los grupos.**

*“Nos ha gustado mucho cómo ha explicado. Han sido clases entretenidas y gracias a ella lo hemos entendido a la primera y no nos ha costado. Si teníamos alguna duda ella estaba dispuesta a solucionarlas.*

*Estaba siempre atenta de nosotros por si necesitábamos cualquier cosa.*

*La práctica del laboratorio del ADN era muy didáctica, interesante y diferente.*

*También nos ha gustado explicarlo a los niños más pequeños porque los conceptos básicos los hemos asimilado más rápidamente y con más facilidad”*



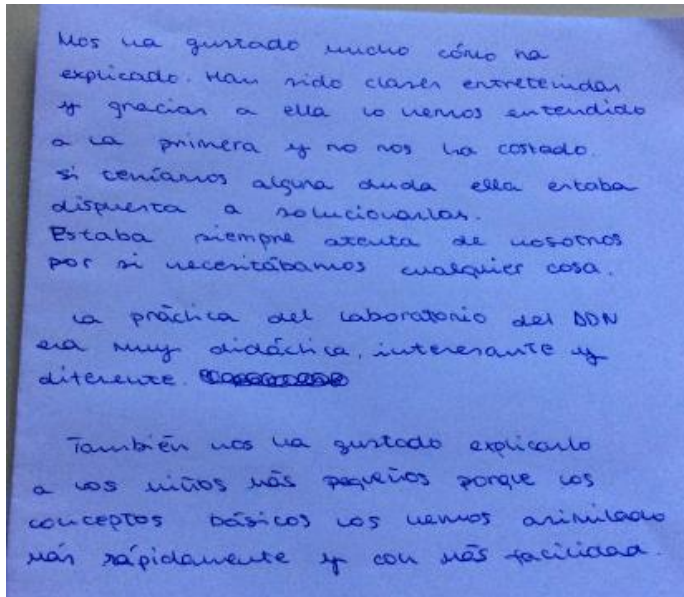


Figura 6: **Valoración de unos de los grupos.**

Conclusiones del equipo docente:

*“La evaluación de Laura es muy positiva.*

*Laura ha tenido unos objetivos claros, precisos y coherentes. Ha planteado un cronograma muy realista y planificado perfectamente las sesiones de trabajo.*

*Ha tenido un interés e implicación máximos. Sus explicaciones han sido muy claras y se nota que están fundamentadas en una buena base de conocimientos.*

*Además, ha conectado con los alumnos desde el primer momento porque posee un elevado grado de empatía y una comunicación verbal y no verbal muy fluida.*

*Los problemas los ha resuelto de forma creativa e innovadora y, en algunas ocasiones se ha anticipado para prevenirlos.*

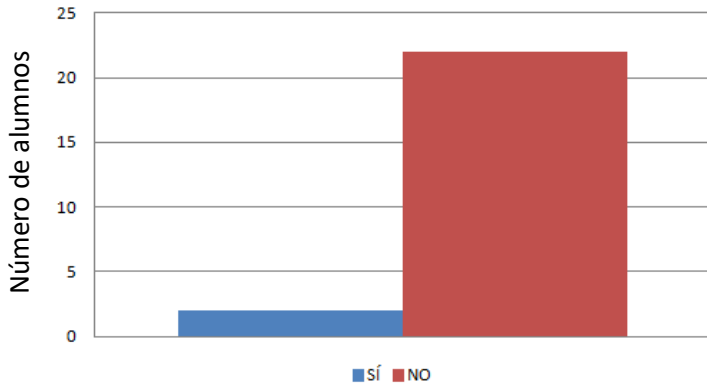
*El trabajo ABP es una metodología empleada con frecuencia por los alumnos y ha sido fácil su aplicación pero el ApS era nueva para ellos y les ha encantado poder aplicar sus conocimientos. Los profesores de Primaria han estado encantados con el proyecto y han valorado muy positivamente su utilidad.*

*Con todo ello parece obvio que ha sido un placer trabajar con Laura y que su trabajo ha sido excepcional.”*

Además de las diferentes valoraciones realizadas por parte de los grupos y de la tutora, realicé una encuesta personal y anónima a los 24 alumnos de Bachillerato. El formato de dicha encuesta se adjunta en el Anexo 6.

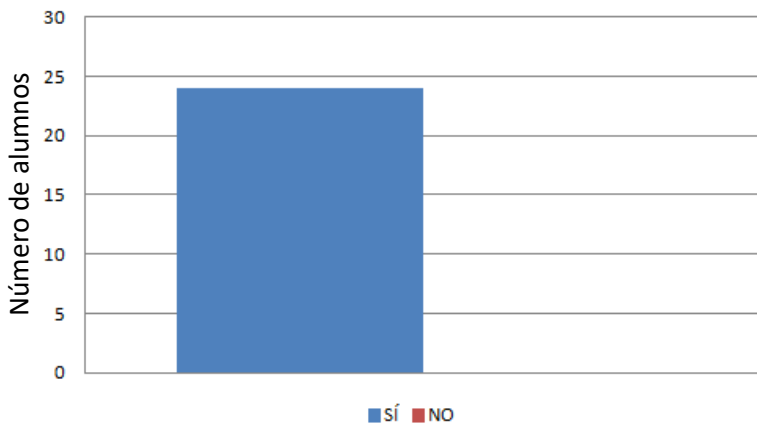
A continuación, vamos a desglosar pregunta a pregunta las opiniones de los alumnos.

**1. ¿Conocías la técnica de la PCR?**



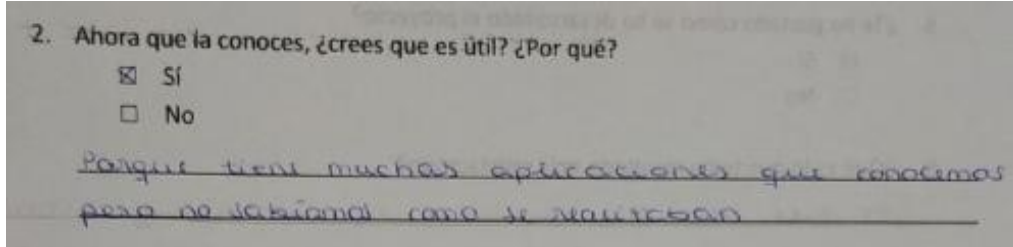
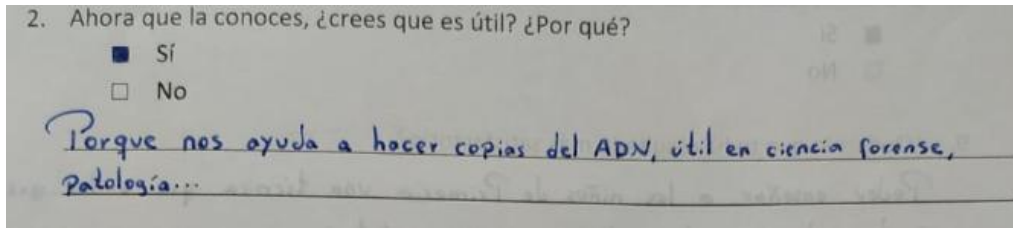
**Figura 7: Representación gráfica de la respuesta a la pregunta 1.**

**2. Ahora que la conoces, ¿crees que es útil? ¿Por qué?**



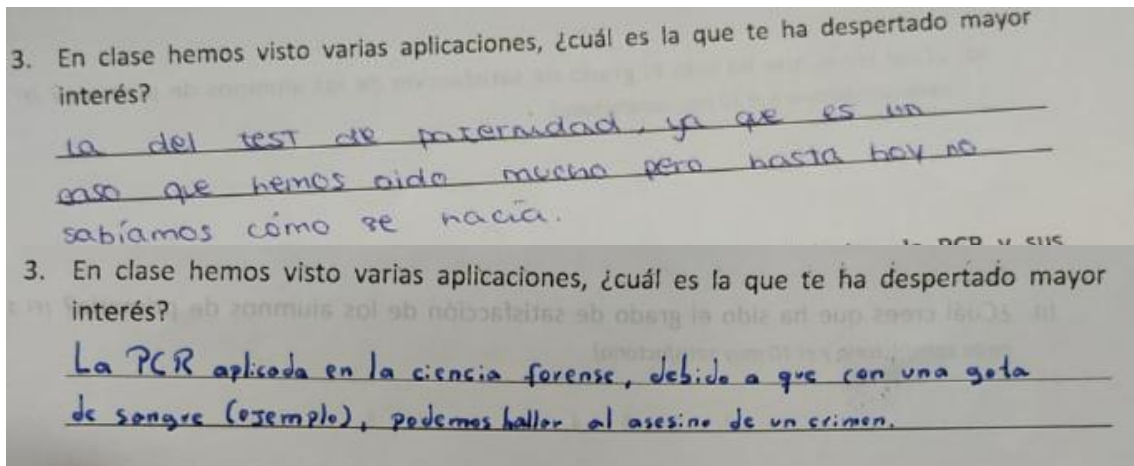
**Figura 8: Representación gráfica de la respuesta a la pregunta 2.**

A continuación encontramos algunas de las respuestas a esta pregunta.



3. En clase hemos visto varias aplicaciones, ¿cuál es la que te ha despertado mayor interés?

A continuación encontramos algunas de las respuestas a esta pregunta.



4. ¿Crees que los alumnos de primaria han aprendido para qué sirve la PCR y sus diferentes técnicas?

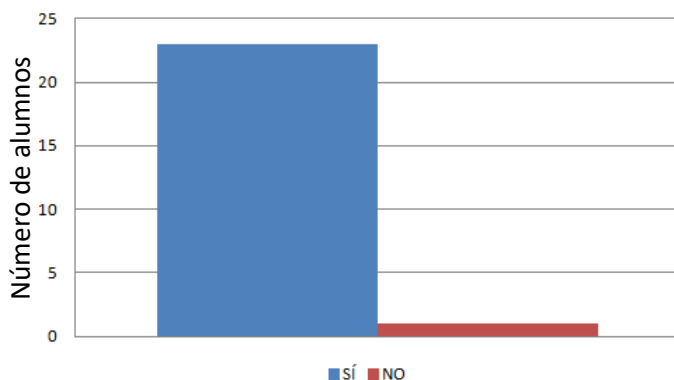


Figura 9: Representación gráfica de la respuesta a la pregunta 4.

5. ¿Crees que son necesarias más prácticas en etapas preuniversitarias para acercar más la ciencia a las aulas? ¿Por qué?

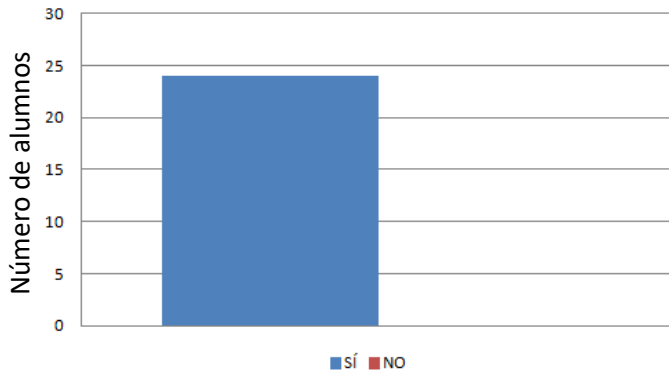
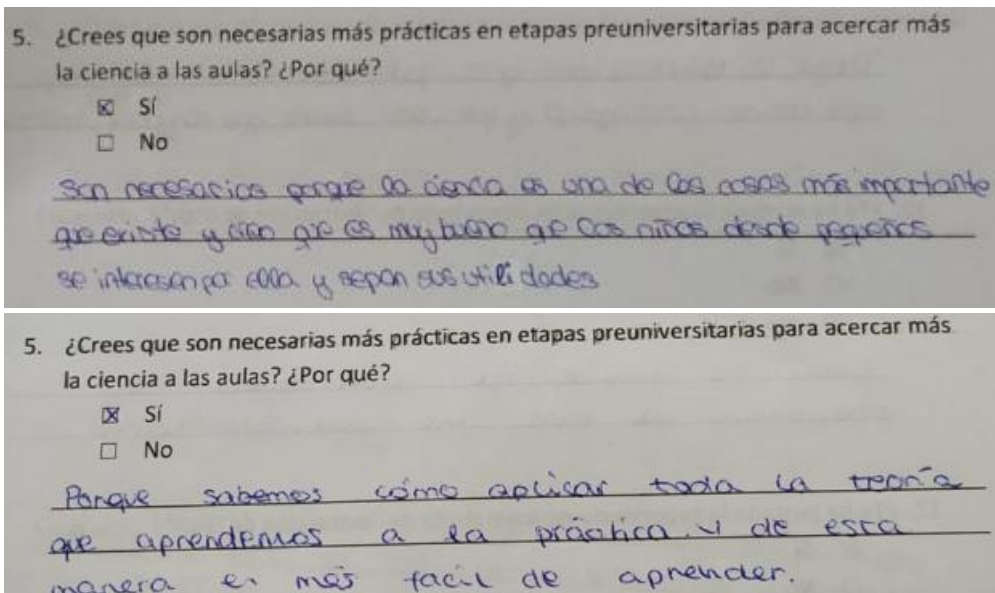


Figura 10: Representación gráfica de la respuesta a la pregunta 5.

A continuación encontramos algunas de las respuestas a esta pregunta.



6. ¿Recomendarías a otros alumnos la experiencia de desarrollar un proyecto ApS y/o ABP? ¿Por qué?

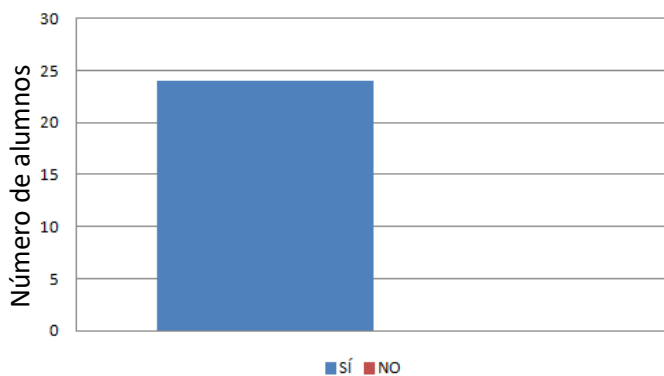
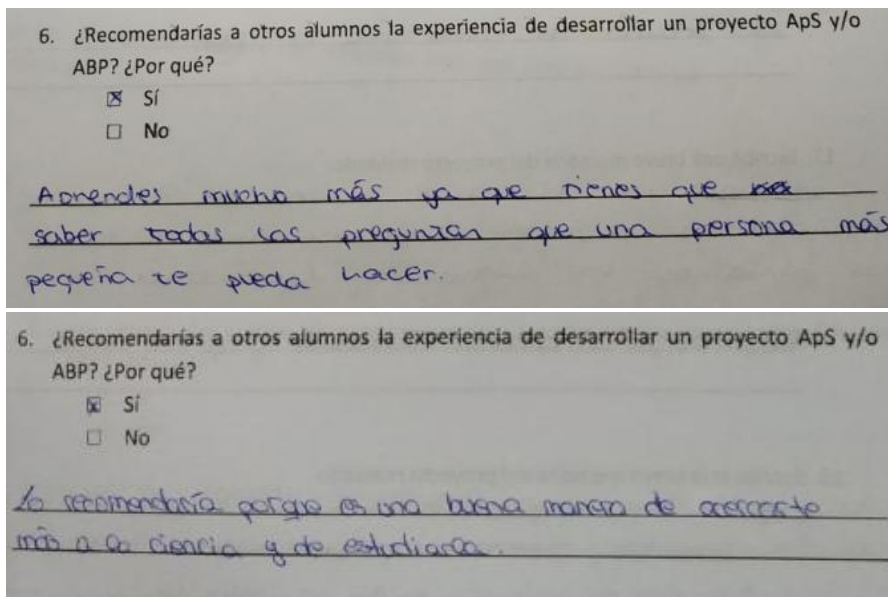


Figura 11: Representación gráfica de la respuesta a la pregunta 6.

A continuación encontramos algunas de las respuestas a esta pregunta.



7. ¿Crees que este método de aprendizaje es una buena manera de que los alumnos se interesen por la ciencia y en concreto por la Biotecnología? ¿Por qué?

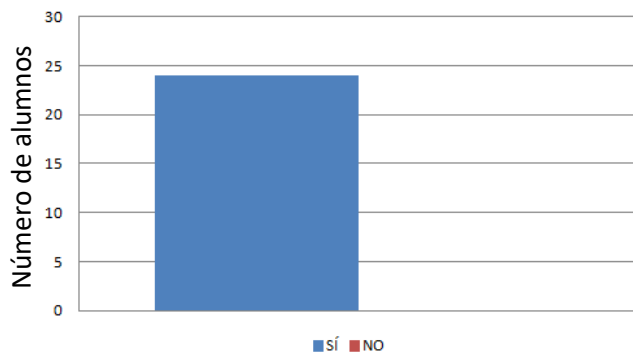
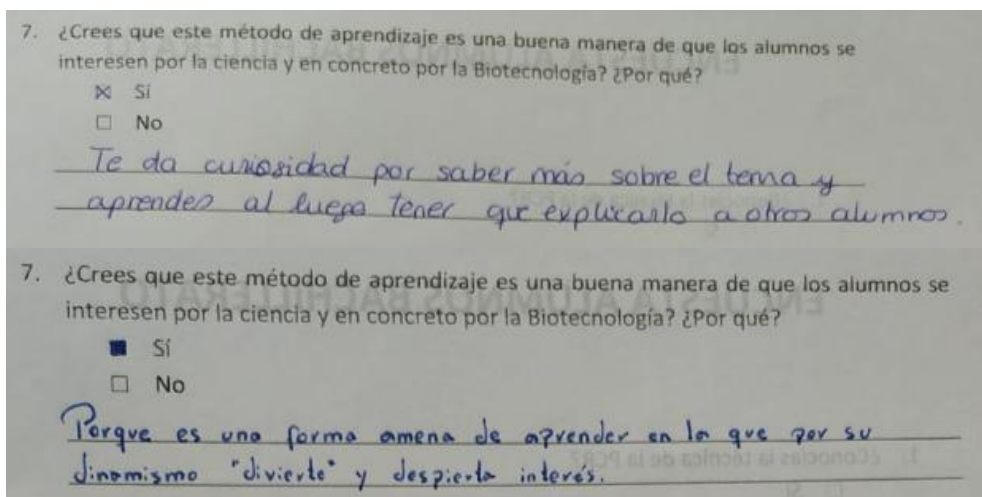


Figura 12: Representación gráfica de la respuesta a la pregunta 7.

A continuación encontramos algunas de las respuestas a esta pregunta.



8. ¿Te ha gustado cómo se ha desarrollado el proyecto?

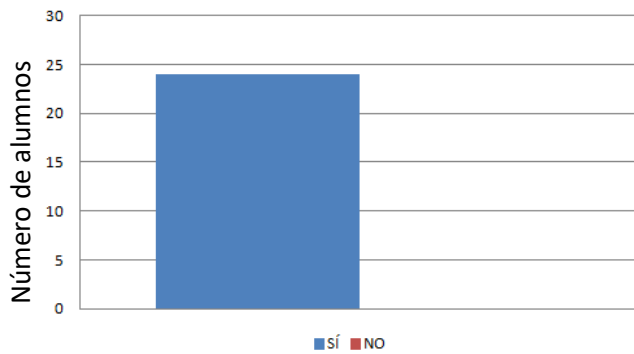
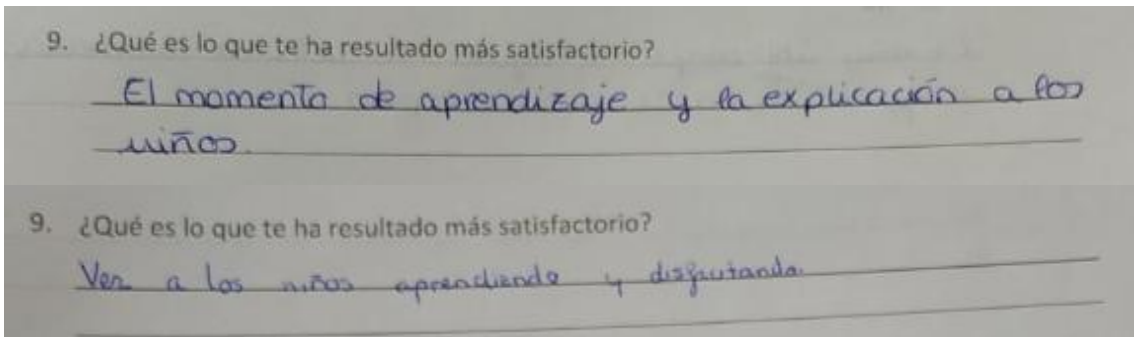


Figura 13: Representación gráfica de la respuesta a la pregunta 8.

9. ¿Qué es lo que te ha resultado más satisfactorio?



10. ¿Cuál crees que ha sido el grado de satisfacción de los alumnos de primaria? (El 1 es nada satisfactorio y el 10 muy satisfactorio)

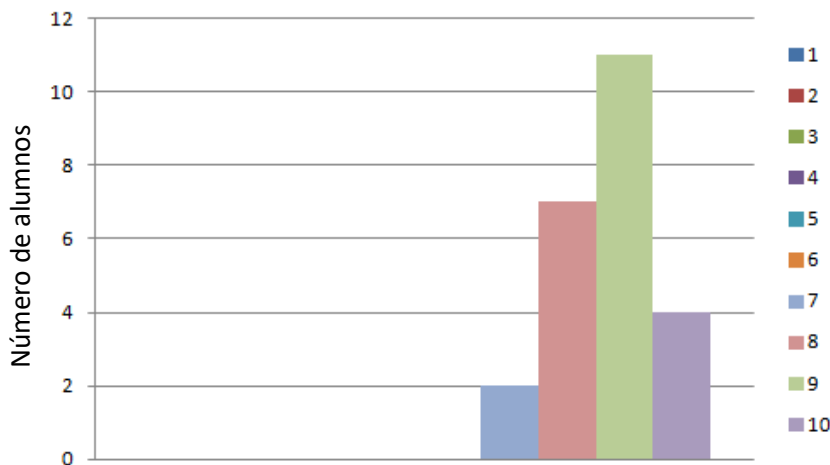


Figura 14: Representación gráfica de la respuesta a la pregunta 10.

11. Habéis aprendido en qué consiste la técnica de la PCR, ¿crees que el hecho de explicarla a alumnos más pequeños ha supuesto un aprendizaje adicional para ti mismo? ¿Por qué?

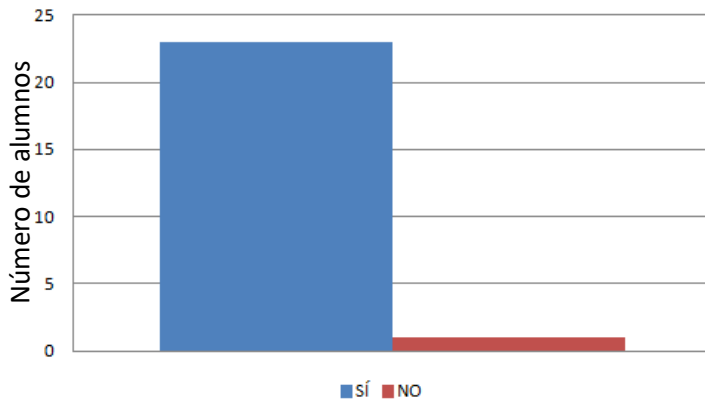
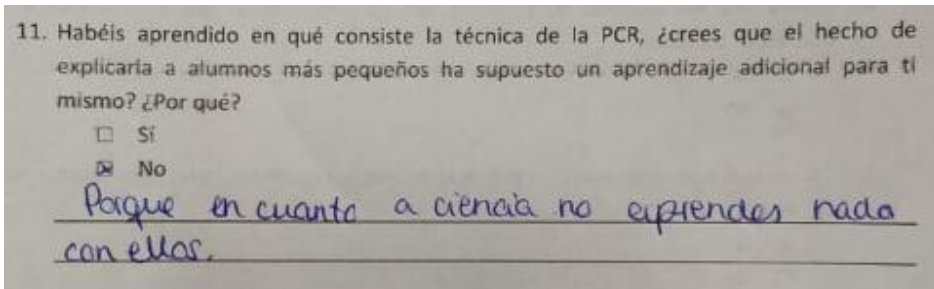
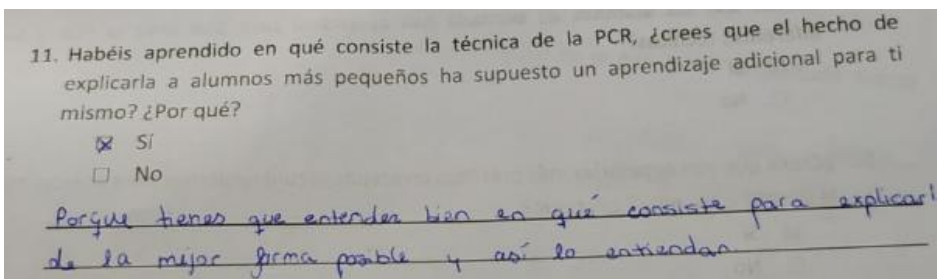
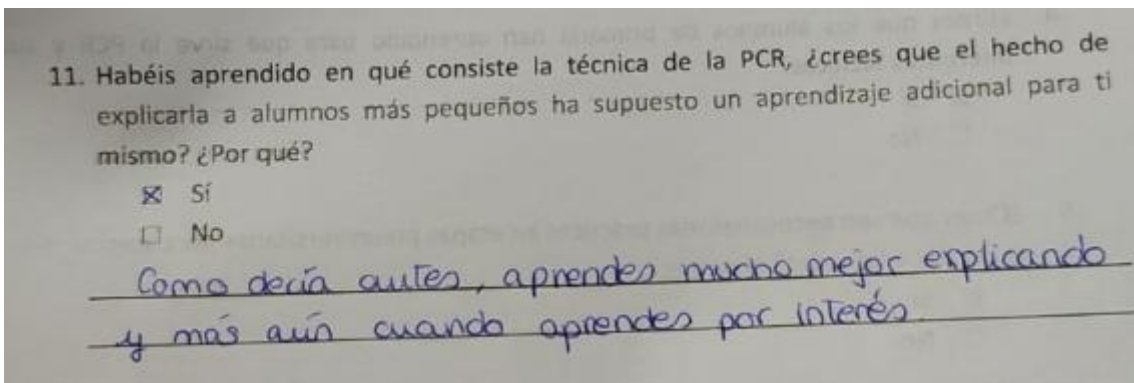


Figura 15: Representación gráfica de la respuesta a la pregunta 11.

A continuación encontramos algunas de las respuestas a esta pregunta.



12. ¿Te ha gustado la experiencia de laboratorio de "extracción de DNA"?  
¿Por qué?

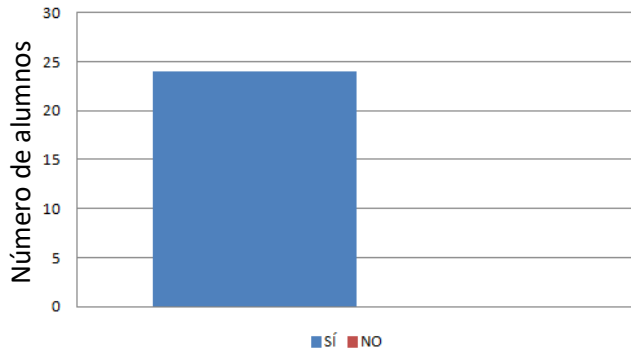


Figura 16: Representación gráfica de la respuesta a la pregunta 12.

A continuación encontramos algunas de las respuestas a esta pregunta.

12. ¿Te ha gustado la experiencia de laboratorio de "extracción de DNA"? ¿Por qué?

Sí  
 No

Porque no sabía en qué consistía.

12. ¿Te ha gustado la experiencia de laboratorio de "extracción de DNA"? ¿Por qué?

Sí  
 No

Ya que es algo nuevo que nunca habíamos hecho.

12. ¿Te ha gustado la experiencia de laboratorio de "extracción de DNA"? ¿Por qué?

Sí  
 No

No sabía como se veía el DNA y ahora sí que lo sé. El ser algo práctico y que puedes ver con tus ojos, hace que se quede mejor que solo teoría.



13. *Escribe una breve memoria del proyecto realizado.*

A continuación encontramos algunas de las respuestas a esta pregunta.

13. Escribe una breve memoria del proyecto realizado.  
Primero explicamos que era el ADN y para que servía. Posteriormente, que son las bases y como se juntan para poder explicar una mutación en un gen, en concreto una enfermedad hereditaria. Explicamos que es una enfermedad hereditaria y nos centramos en la anemia falciforme. La explicamos y hacemos un juego de plastelina para recrear los glóbulos rojos buenos y con enfermedad.

13. Escribe una breve memoria del proyecto realizado.  
Hicimos una escena de un crimen y los niños tenían que descubrir al asesino cogiendo una muestra de ADN y haciendo la PCR.

A la vista de estos resultados, concluimos que el Proyecto Natura realizado sobre la PCR ha resultado un éxito, ya que las valoraciones de los alumnos han sido muy positivas y la mayoría de ellos coinciden en que el ApS y el ABP son dos métodos educativos necesarios. Además de ello, y a la vista de estos resultados, se ha logrado el objetivo planteado al inicio del proyecto, es decir, acercar la Ciencia, y en este caso concreto la Biotecnología a las etapas preuniversitarias.

## 6. VALORACIÓN DEL PROYECTO

La realización del Proyecto Natura ha supuesto un gran reto para mí que sin duda alguna he disfrutado. Dar clases es algo que me apasiona, y que me gustaría hacer en un futuro. Es por ello que estoy agradecida a este proyecto, puesto que me ha dado la oportunidad de tener una toma de contacto con una de mis pasiones.

He tenido la suerte de poder realizar el proyecto en mi antiguo colegio, La Salle, algo que además de recordar mi etapa en esas aulas me ha ayudado a empatizar con los alumnos y a ayudarlos en la realización de sus trabajos. Tanto los alumnos de Primaria como los de Secundaria, con quienes he compartido más tiempo han hecho fácil mi estancia en La Salle, puesto que han intentado ayudarme y colaborar al máximo para que sus proyectos y mi TFG salieran perfectos.

Ha sido una etapa muy emocionante, pero ello no quita el gran esfuerzo y dedicación que ha supuesto por mi parte, ya que todas las explicaciones y las clases que iba impartiendo eran previamente preparadas y muy trabajadas en mi casa, para que los alumnos comprendieran todo lo que les explicaba. Además de ello, si aparecían conceptos que podía suponer que no conocían, intentaba explicarlos también para que no perdieran el hilo, ni por supuesto, la atención. En todo momento he intentado que las clases fueran dinámicas, y amenas, es por ello que he resaltado mucho la participación y colaboración en clase, queriendo que expongan sus dudas, así como sus posibles explicaciones sobre lo que ellos pensaban que podía tratarse, por ejemplo, la técnica de la PCR.

El proyecto Natura ha supuesto un gran compromiso por mi parte, como he comentado, puesto que era un gran reto no descuidar mis clases en la Universidad y volcarme y centrarme en la realización del proyecto. A mi parecer, lo he resuelto con éxito y he podido compaginarlo perfectamente, no sin un poco de estrés, por supuesto, pero sí con unas enormes ganas de que los alumnos disfrutaran y aprendieran, al igual que yo, que de eso se trata.

Y es que sí, el ApS ha funcionado de maravilla, los alumnos de Bachillerato han aprendido y han dado un servicio a los alumnos de Primaria. Pero además, yo quién he dado el servicio a Bachillerato, he aprendido muchísimo también de ellos, de su manera de pensar, de enfocar los proyectos y obviamente, en mi trabajo personal, en mi búsqueda y preparación previa a las sesiones que tenía con ellos.

Y es que, efectivamente, enseñando, también se aprende.

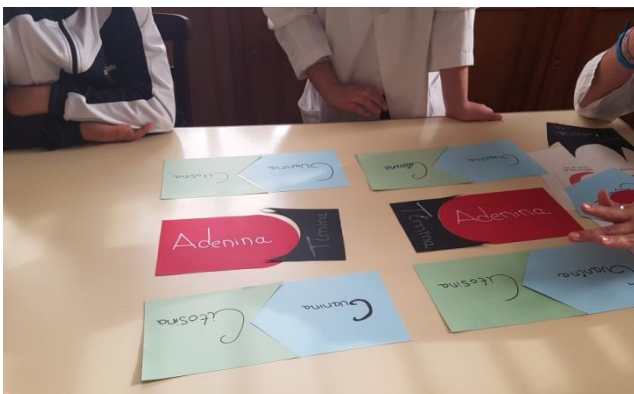
## 7. IMÁGENES DEL DESARROLLO DEL PROYECTO



**Figuras 17 y 18: Imágenes del resultado obtenido tras la práctica de extracción de ADN en el laboratorio.**



**Figura 19: Alumnos prestando atención durante la explicación de la PCR en la detección de enfermedades hereditarias.**



**Figura 20: Material empleado en la explicación de de la PCR en la detección de enfermedades hereditarias.**



**Figura 21: Alumnos atendiendo a la explicación del grupo de la PCR en los alimentos.**



**Figura 22: Escena del crimen representada por los alumnos de Bachillerato del grupo de la PCR en la medicina forense.**



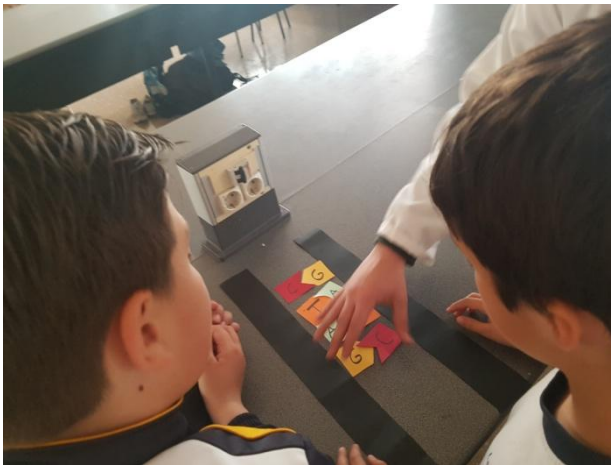
**Figura 23: Alumnos de Primaria ayudados por un alumno de Bachillerato.** Se trata del grupo de la PCR en la medicina forense quienes ayudan a los alumnos de Primaria a la hora de ponerse los guantes para no “contaminar” la escena del crimen.



**Figura 24: Alumnos de Primaria jugando.** Los alumnos de Primaria estaban intentando averiguar quién era el culpable del grupo de la PCR en la medicina forense mediante la recomposición de los fragmentos de ADN preparados por el grupo.



**Figura 25: Alumnos disfrazados de momias en la representación del grupo de la PCR en antropología forense.**



**Figura 26: Alumnos realizando la reconstrucción del ADN de las momias preparado por el grupo de la PCR en antropología forense.**



**Figura 27: Alumnos de Primaria atendiendo a la explicación de las alumnas de Bachillerato del grupo de la PCR para el análisis de consanguinidad.**



**Figura 28: Alumnas de Bachillerato del grupo de la PCR para el análisis de consanguinidad explicando el apareamiento de bases.**



**Figura 29: Foto grupal en la que aparezco con los alumnos de Bachillerato y la tutora de los mismos, Teresa.**

## **8. EXPOSICIÓN DE LAS DIFICULTADES PARA DESARROLLAR EL PROYECTO**

El proyecto se ha llevado a cabo de la manera prevista y siguiendo el cronograma que previamente establecí.

Si bien a lo largo del desarrollo del mismo, como es normal, han ido surgiendo una serie de dificultades que tanto los alumnos como yo, hemos sabido superar.

Una de las principales dificultades que presentaron los alumnos fue cómo empezar el desarrollo del proyecto, es decir, como afrontar el primer paso, el pensar cómo enfocarlo, la idea de cómo desarrollarlo. Está claro que el primer paso siempre es el más complicado, el inicio de cualquier cosa. Es por ello, que dedicamos una sesión a que pensarán bien la idea, y buscaran toda la información que precisaran para sustentarla.

Otra de las dificultades fue el periodo de tiempo que tardó el material en llegar. Obviamente no existe una inmediatez, y la sesión que podíamos haber perdido entre medias, la empleé para, aprovechando que aun no podían comenzar a elaborar el proyecto, llevaran a cabo la práctica de la “extracción del ADN”



## 9. BIBLIOGRAFÍA / WEBGRAFÍA

“At-home” DNA Extraction Protocol\*. (2011). 2.

Competencias básicas en la Educación Secundaria Obligatoria (ESO). (s. f.).

Recuperado 1 de mayo de 2019, de

<http://www.educacionyfp.gob.es/educacion-mecd/areas-educacion/estudiantes/educacion-secundaria/informacion-general/competencias-basicas.html>

Full text of «La Celula Cooper». (s. f.). Recuperado 9 de mayo de 2019, de

[https://archive.org/stream/LaCelulaCooper/La%20celula%20-%20cooper\\_djvu.txt](https://archive.org/stream/LaCelulaCooper/La%20celula%20-%20cooper_djvu.txt)

Illana, J. (2014). Biología molecular y estructura del ADN. *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, (3), 234-240.

Mecanismos moleculares de la replicación del ADN. (s. f.). Recuperado 21 de febrero de 2019, de Khan Academy website:

<https://es.khanacademy.org/science/biology/dna-as-the-genetic-material/dna-replication/a/molecular-mechanism-of-dna-replication>

PCR. (s. f.). Recuperado 4 de mayo de 2019, de

<https://learn.genetics.utah.edu/content/labs/pcr/>

Pedrosa Amado, A. (1999). Reacción en cadena de la polimerasa. *Revista Archivo Médico de Camagüey*, 3(2), 0-0.

Alberts, B., Johnson, A., et al. (2004). *Biología molecular de la célula*. Barcelona: Ediciones Omega.

Sessió 1: Ciència a la cuina. Equip DoCiència: Escola de professorat de Secundària. Universitat de València. Material no publicado.

# ANEXOS

# ANEXO 0

# GRADO EN BIOTECNOLOGÍA



Laura Calzado Herreros  
lauracalhe@outlook.com

## NOTAS DE CORTE

### 2018-2019

- UV → 12,21
- UPV → 12,551

### 2017-2018

- UV → 12,094
- UPV → 12,47

### 2016-2017

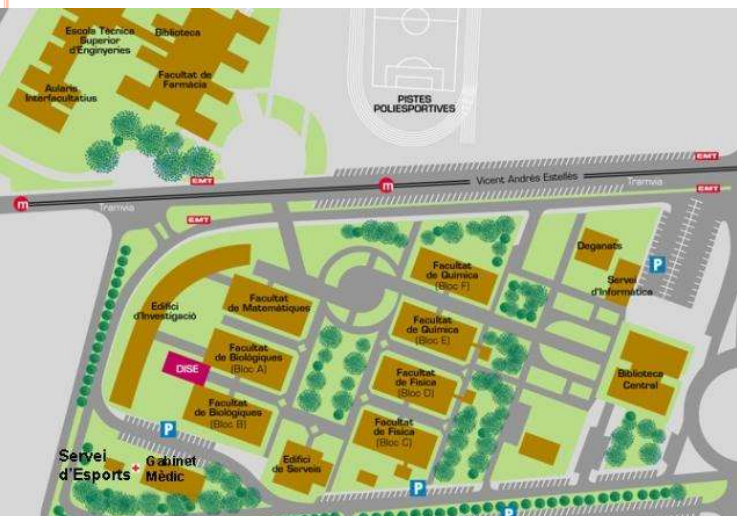
- UV → 11,916
- UPV → 12,328

### 2015-2016

- UV → 11,851
- UPV → 12,249



## CAMPUS DE BURJASSOT

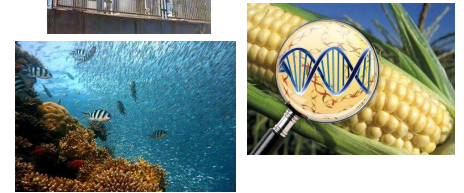


## ¿QUÉ ES LA BIOTECNOLOGÍA?

- “La biotecnología es el **conjunto de disciplinas** que tiene por objetivo el estudio de los seres vivos o partes de los seres vivos, con el **fin de obtener bienes y servicios** utilizando técnicas de ingeniería genética para modificar y transferir genes de un organismo a otro. El objetivo de este título es que el estudiantado adquiera las herramientas conceptuales, manuales y técnicas para **mejorar** procesos industriales y desarrollar otros nuevos basándose en el conocimiento y la mejora de las transformaciones de los seres vivos. Tiene aplicaciones en diversas áreas como la química, la agricultura, la sanidad, etc.”

## COLORES DE LA BIOTECNOLOGÍA

- Rojo
- Blanco
- Verde
- Azul
- Gris



[://www.youtube.com/watch?v=1i18SiNi79](https://www.youtube.com/watch?v=1i18SiNi79)  
o

## Grado en Biotecnología

Resumen	Plan de estudios	Competencias	Prácticas	Trabajo fin grado	Adaptación grado	Movilidad	Calidad
---------	------------------	--------------	-----------	-------------------	------------------	-----------	---------

Rama de conocimiento:	Ciencias
Centre donde se imparte:	FACULTAT DE CIÈNCIES BIOLÒGIQUES
Web específica del grado:	<a href="http://www.uv.es/grado/biotecnologia">www.uv.es/grado/biotecnologia</a>

Número créditos del título:	240	Tipo de enseñanza:	Presencial
Materias formación básica:	60	Cursos:	4
Materias obligatorias:	126	Plazas de nuevo ingreso:	80
Materias optativas:	30		
Prácticas externas:	12		
Trabajo fin de grado:	12		

1er curso  
Créditos totales: 60 | Formación básica: 60.

Coordinación: Falcó Garí, José Vicente

Código	Nombre	Créditos	Carácter	Guía docente, horarios, exámenes
33165	Biología	6	Formación básica	<a href="#">Ver ficha</a>
33166	Diversidad Biológica	12	Formación básica	<a href="#">Ver ficha</a>
33162	Física	6	Formación básica	<a href="#">Ver ficha</a>
33187	Historia y Aspectos Sociales de las Biotecnologías Moleculares	6	Formación básica	<a href="#">Ver ficha</a>
33201	Incorporación a la Experimentación y a las Tecnologías de información y comunicación	6	Formación básica	<a href="#">Ver ficha</a>
33160	Matemáticas I	6	Formación básica	<a href="#">Ver ficha</a>
33161	Matemáticas II	6	Formación básica	<a href="#">Ver ficha</a>
33163	Química	6	Formación básica	<a href="#">Ver ficha</a>
33164	Química de Biomoléculas	6	Formación básica	<a href="#">Ver ficha</a>

9 asignaturas

2o curso  
Créditos totales: 60 | Obligatorio: 60.

Coordinación: Roc Ros, Palau

Código	Nombre	Créditos	Carácter	Guía docente, horarios, exámenes
33169	Biología Animal	6	Obligatorio	<a href="#">Ver ficha</a>
33173	Biología Celular	6	Obligatorio	<a href="#">Ver ficha</a>
33170	Biología Vegetal	6	Obligatorio	<a href="#">Ver ficha</a>
33171	Bioquímica	9	Obligatorio	<a href="#">Ver ficha</a>
33167	Genética	6	Obligatorio	<a href="#">Ver ficha</a>
33184	Introducción a la Ingeniería Bioquímica	4,5	Obligatorio	<a href="#">Ver ficha</a>
33176	Métodos en Bioquímica y Biología Molecular	12	Obligatorio	<a href="#">Ver ficha</a>
33168	Microbiología	6	Obligatorio	<a href="#">Ver ficha</a>
33177	Prácticas Integradas de Métodos	4,5	Obligatorio	<a href="#">Ver ficha</a>

9 asignaturas

3er curso  
Créditos totales: 60 | Obligatorio: 60.

Coordinación: del Olmo Muñoz, Marcel·lí

Código	Nombre	Créditos	Carácter	Guía docente, horarios, exámenes
33188	Aspectos Legales de las Biotecnologías Moleculares	4,5	Obligatorio	<a href="#">Ver ficha</a>
33174	Biología Molecular	6	Obligatorio	<a href="#">Ver ficha</a>
33185	Biorreactores	6	Obligatorio	<a href="#">Ver ficha</a>
33175	Genética Molecular	4,5	Obligatorio	<a href="#">Ver ficha</a>
33179	Inmunología: Métodos Inmunológicos	4,5	Obligatorio	<a href="#">Ver ficha</a>
33172	Metabolismo y Regulación	6	Obligatorio	<a href="#">Ver ficha</a>
33178	Métodos en Biología Molecular e Ingeniería Genética	4,5	Obligatorio	<a href="#">Ver ficha</a>
33182	Obtención de Organismos Transgénicos	4,5	Obligatorio	<a href="#">Ver ficha</a>
33186	Operaciones Básicas en Procesos Biotecnológicos	6	Obligatorio	<a href="#">Ver ficha</a>
33181	Prácticas Integradas de Métodos en Biología Celular y Molecular	4,5	Obligatorio	<a href="#">Ver ficha</a>
33180	Tecnologías Celulares	4,5	Obligatorio	<a href="#">Ver ficha</a>
33183	Tecnologías de Análisis Molecular Integrado	4,5	Obligatorio	<a href="#">Ver ficha</a>

12 asignaturas

4o curso  
Créditos totales: 60 | Obligatorio: 30. Optativo: 30.

Coordinación: Ferrer Soler, Sergio

Código	Nombre	Créditos	Carácter	Guía docente, horarios, exámenes
33189	Economía y Gestión de Empresas	6	Obligatorio	<a href="#">Ver ficha</a>
33203	Prácticas Externas	12	Obligatorio	<a href="#">Ver ficha</a>
33200	Trabajo Fin de Grado en Biotecnología	12	Obligatorio	<a href="#">Ver ficha</a>
	Optatividad	30	Optativo	

Asignaturas optativas

Código	Nombre	Créditos	Carácter	Guía docente, horarios, exámenes
33190	Bioinformática	4,5	Optativo	<a href="#">Ver ficha</a>
33202	Biología de Sistemas	6	Optativo	<a href="#">Ver ficha</a>
33930	Biología Molecular de Plantas	4,5	Optativo	<a href="#">Ver ficha</a>
33191	Bioprocesos Industriales	4,5	Optativo	<a href="#">Ver ficha</a>
33192	Biotecnología Ambiental	4,5	Optativo	<a href="#">Ver ficha</a>
33193	Biotecnología de Alimentos	6	Optativo	<a href="#">Ver ficha</a>
33194	Biotecnología Vegetal	6	Optativo	<a href="#">Ver ficha</a>
33195	Control Microbiológico de Procesos Industriales	4,5	Optativo	<a href="#">Ver ficha</a>
33196	Ingeniería de los Procesos en Biotecnología Ambiental	4,5	Optativo	<a href="#">Ver ficha</a>
33197	Obtención Biotecnológica de Productos de Interés Industrial y Sanitario	6	Optativo	<a href="#">Ver ficha</a>
33198	Técnicas Moleculares en Mejora Genética	4,5	Optativo	<a href="#">Ver ficha</a>
33199	Tecnología de Proteínas	4,5	Optativo	<a href="#">Ver ficha</a>

1 obligatoria

30 créditos de optativas

# ANEXO 1

1. [Explicación básica PCR](#) (vídeo).

2. Práctica:

a. Personajes:

- i. **Narrador:** Daniel.
- ii. **Cadáver:** Paula.
- iii. **Sospechosos:** Álvaro, María, Natalia y Verónica.
- iv. **Forenses:** Niñ@s.

b. Materiales:

- i. **Cuerda:** Vallar la escena del crimen.
- ii. **Cartulina:** Identificar las pruebas halladas en la escena del crimen.
- iii. **Trofeo:** (3ª prueba)
- iv. **Uñas postizas del mismo color:** Natália y Verónica. (2ª prueba)
- v. **Pendiente:** (1ª prueba)
- vi. **Velcros:** Identificar los nucleótidos (Adenina, Guanina, Citosina y Timina). 20 velcros (10 por cada hebra de ADN) por cada PCR (El ADN hallado en la víctima, ADN de Verónica y ADN de Natalia). En total 60 velcros.
- vii. **Cartulinas de colores:** Identificar los nucleótidos (Adenina, Guanina, Citosina y Timina) a la que pegar a los velcros. 5 cartulinas de colores por cada PCR (El ADN hallado en la víctima, ADN de Verónica y ADN de Natalia).
- viii. **Pintura roja:** Sangre del muerto.

c. Estructura del "teatro": (Todos están presentes en el transcurso de la "obra". - El narrador ayuda a los forenses a encontrar al asesino)

- i. Los niños se ponen en situación respecto a lo que han de hacer. (**explicación del trabajo**)
- ii. **Los forenses hallan la 1ª prueba:** Pendiente- descartan a Álvaro (No usa pendientes).
- iii. **Los forenses hallan la 2ª prueba:** Uña postiza en el suelo - María no tiene uñas postizas.
- iv. **Los forenses hallan la 3ª prueba:** Sangre en el trofeo- PCR

v. De la PCR se halla el ADN de la sangre hallada en el trofeo. Pero la PCR de Natalia y Verónica sale sin color, mediante velcros deben rellenar los huecos (**distribuir los nucleótidos**).

vi. Analizar coincidencias entre el ADN de Natalia y Verónica (sospechosas) y el ADN encontrado en la víctima - **Natalia culpable del asesinato**.

d. Guión (Diálogo):

- i. Daniel
- ii. Paula
- iii. Álvaro
- iv. María
- v. Natalia
- vi. Verónica

**Narrador:** Buenos días, nos han llamado desde la comisaría general de Valencia porque han encontrado un cadáver. Tras largas horas buscando pruebas e interrogado a los sospechosos, aún no hemos dado con el culpable. Necesitamos vuestra ayuda para analizar las pruebas y así descubrir al asesino, ¿estáis preparados?

**INFORME POLICIAL:** Un grupo de amigos estaban celebrando una fiesta cuando de repente la anfitriona aparece muerta en su despacho. La policía científica al investigar el caso interrogó a los cuatro amigos que estaban en la fiesta de los cuales todos supuestamente tienen coartada.

**Álvaro:** Yo estaba preparando las bebidas.

**Natalia:** Yo fui al garaje a por un par de sillas que faltaban

**Verónica:** Yo fui al baño.

**María:** Estaba fuera fumándome un cigarro.

**Narrador:** Al parecer todos tenían coartada pero como podéis ver, encontramos en el despacho una serie de pruebas (señaladas con unos conos amarillos que muestran el número de la prueba):

**Prueba 1:** Encontramos este pendiente al lado de la víctima.

Por lo tanto, ¿a quien descartamos?

Muy bien, a Álvaro.

**Prueba 2:** Encontramos un trozo de uña postiza color granate al lado de la víctima.

Solo nos quedan tres sospechosos: Natalia, María y Verónica.

¿Con las pruebas que tenemos, a que otro sospechoso podemos descartar?

Muy bien, a María.

Nos quedan Natalia y Verónica, y dado que la sangre hallada en el trofeo usado como arma del crimen es de una de ellas dos utilizaremos la técnica PCR para adivinar a cuál de ellas dos pertenece. ¿Sabéis que es la PCR?

La PCR es una técnica que usamos para realizar muchas copias del ADN de una persona, alimento, bebida... En el ADN se encuentra la información de cada individuo, como la matrícula de un coche, no hay dos iguales.

PAUTAS:

Ahora entrareis a la escena del crimen, tened cuidado con la cinta policial, no todos tienen permiso para entrar.

En la puerta os darán unos guantes para que no dejéis pruebas vuestras.

A continuación, de la mesa podréis coger bolsas de plástico y pinzas para poder coger las pruebas y verlas de cerca.

Además, os hemos dejado un informe con toda la información necesaria de los sospechosos.

Deberéis poner las fotos en la pizarra y de ahí ir descartando sospechosos y al fin encontrar el culpable.

Si tenéis alguna duda o necesitáis ayuda podéis preguntarme.

# ANEXO 2



# PCR en alimentos

## - Introducción:

La PCR (reacción de la cadena de la polimerasa) de alimentos es una técnica de laboratorio que permite amplificar pequeños fragmentos de ADN para identificar gérmenes microscópicos que causan enfermedades como pueden ser la salmonella, la listeria o la legionella, que serán explicadas más adelante.

- **PCR:** El objetivo de la PCR es, por tanto, amplificar, es decir, copiar una secuencia concreta para tener la cantidad suficiente que permita su detección. La PCR a Tiempo Real además de acotar el gen utiliza otra frase (sonda) en el centro del mismo para hacerlo más específico, esta detección se realiza detectando el aumento de fluorescencia.

Básicamente, se trata de replicar una y otra vez un mismo fragmento de ADN y, para ello, debemos realizar in vitro lo que hacen las células in vivo para replicar su ADN.

Para verificar que la PCR ha generado el fragmento de ADN previsto, se emplean técnicas de **electroforesis** a la técnica mediante la cual se separan las biomoléculas en disolución cuando se ven sometidas a un campo eléctrico. Se trata de una técnica fundamentalmente analítica, aunque también se puede realizar con fines preparativos.

- **ADN:** el ADN siempre es un ácido nucleico que contiene las instrucciones genéticas usadas en el desarrollo y funcionamiento de todos los organismos vivos y algunos virus; también es el responsable de la transmisión hereditaria. El ADN de los alimentos puede influir sobre las reacciones de las personas frente a estos. El ADN nos sirve para revelar la verdadera composición de los alimentos y así descubrir intolerancias y enfermedades
- **Aplicaciones de la PCR en alimentos (info):**
  - ❖ **Detección alérgenos:** Las alergias alimentarias pueden provocar reacciones alérgicas graves. Para proteger a los clientes, los productos alimentarios se deben analizar para determinar la presencia de sustancias alergénicas. Algunos tipos de alérgenos son

-Leche, la **lactosa** es un tipo de azúcar que se encuentra en la leche y otros productos lácteos. El cuerpo necesita una enzima llamada **lactasa** para digerir la **lactosa**. La **intolerancia a la lactosa** se presenta cuando el intestino delgado no produce suficiente cantidad de esta enzima. No obstante esta enfermedad tiene

cura.

-Huevos, suele existir un primer contacto que se tolera bien, pero durante éste el huevo actúa como *sensibilizante* (prepara al individuo para ser alérgico) y es en posteriores ingestas cuando se producen los síntomas que pueden ir desde leve picor en la boca y/o la garganta, y otros mucho más graves, hasta el punto de poner en peligro la vida.

-Gluten El gluten es una proteína muy nutritiva y beneficiosa para todas las personas, pero también es algo indigesta. El motivo no es otro que nuestro cuerpo no dispone de las enzimas necesarias para digerirlo completamente y son precisamente esos pequeños pedazos no digeridos los que pueden provocar problemas intestinales

Pescado (por ejemplo, perca, lenguado, bacalao), Crustáceos (por ejemplo, cangrejos, langostas, camarones), Frutos secos (por ejemplo, almendras, nueces, pacanas), Maní/Cacahuete, Trigo, Soja

- ❖ **Especies animales:** La especificación de la especie es de interés especial: los productos cárnicos se pueden falsificar por medio de una declaración incorrecta (como en el escándalo de la carne de caballo). Otra de sus aplicaciones es la garantía del cumplimiento de prescripciones dietéticas de carácter religioso (halal, kosher).

**Escándalo de la carne de caballo:** A mediados de enero de 2013 aparecieron los primeros indicios de que se estaba sustituyendo la carne de vacuno por carne de caballo en hamburguesas y otros productos alimenticios sin advertirlo. Se llevaron a cabo comprobaciones de ADN en sus productos para verificar si contenían el correspondiente a los equinos y en bastantes casos así fue aunque, por lo general, en pequeñas cantidades. Sin embargo, los resultados señalaron que un tipo de lasaña de carne de vacuno congelada de Findus, un gigante de la industria alimentaria, contenía casi el 100% de carne de caballo.

- ❖ **Deterioro de las bebidas:** Durante la producción de bebidas, la detección de elementos que favorecen el deterioro es crucial.

Las bacterias y levaduras que favorecen el deterioro de las bebidas pueden provocar turbidez, cambio de sabor y gusto desagradable. Para evitar pérdidas o retiradas de producto, es importante determinar si hay organismos que provocan descomposición en todas las áreas de producción.

El análisis de cerveza puede contribuir a evitar la retirada de productos, minimizar pérdidas de producción y evitar daños a la imagen corporativa.

Algunos ejemplos de organismos que causan el deterioro durante la producción de cerveza y vino son *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Megasphaera*, *Pectinatus*, *Dekkera*

1

2

*bruxellensis* o *Oenococcus oeni*.

**Lactobacillus:** viven normalmente en nuestros sistemas digestivo, urinario y genital sin causar enfermedades. El lactobacilo también se encuentra en alimentos como el yogur y en suplementos dietéticos. El lactobacilo se ingiere para el tratamiento y la prevención de la diarrea, incluyendo los tipos de diarrea infecciosas como son la diarrea rotaviral en los niños y la diarrea de viajero. También se ingiere para prevenir y tratar la diarrea asociada con el uso de antibióticos y problemas generales de la digestión. El *Lactobacillus* puede intervenir en el proceso de fermentación normal, aunque también puede provocar una acidificación no deseada de la cerveza o el deterioro de los zumos de frutas. Los *Lactobacilli* se eliminan mediante el proceso de pasteurización normal.

**Pediococcus:** bacterias que se consideran contaminantes del vino y la cerveza. Sin embargo, en algunas variedades de cerveza, la presencia de *Pediococcus* puede ser deseable. En condiciones normales, las bacterias del género *Pediococcus* no son patógenas al ser humano ni a otros animales. Sin embargo, cuando las condiciones orgánicas cambian y el sistema inmune se ve debilitado, cambia todo. Entonces las bacterias *Pediococcus* se transforman en un patógeno oportunista y pueden llegar a causar alguna enfermedad.

**Alicyclobacillus:** causa deterioro y es especialmente importante para la industria del zumo de fruta, donde ha demostrado generar grandes cantidades de guaiacol, un compuesto que provoca gusto desagradable en los zumos de fruta. El *Alicyclobacillus* es especialmente importante en la industria de envasado de zumo de fruta, ya que las técnicas de pasteurización habituales no desactivan las esporas. Por lo tanto, la detección temprana de *Alicyclobacillus* es extremadamente importante para la industria, ya que la contaminación puede dar lugar a pérdidas de calidad considerables y, como resultado, pérdidas económicas para los productores.

<http://jornades.uab.cat/workshopmrama/sites/jornades.uab.cat/workshopmrama/files/merck.pdf>

[https://www.ainia.es/html/sites/09/pdf/deteccion\\_patogenos\\_pcr.pdf](https://www.ainia.es/html/sites/09/pdf/deteccion_patogenos_pcr.pdf)

<https://food.r-biopharm.com/es/tecnologias/pcr-en-tiempo-real/>

<https://otriuv.es/oct/grupo-de-calidad-y-seguridad-alimentaria-deteccion-de-patogenos-por-pcr/>

[https://www.ainia.es/html/sites/09/pdf/deteccion\\_patogenos\\_pcr.pdf](https://www.ainia.es/html/sites/09/pdf/deteccion_patogenos_pcr.pdf)

<https://food.r-biopharm.com/es/tecnologias/pcr-en-tiempo-real/#1513589771335-e93f1849-349b>

<http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Poster/CRISTINA%20SANTA%20GARCIA-LORENZAN A.pd>

<https://food.r-biopharm.com/es/soluciones/deterioro-de-las-bebidas/>

<https://blog.iese.edu/eticaempresarial/2013/02/26/el-escandalo-de-la-carne-de-caballo-y-sus-consecuencias/>

[https://www.youtube.com/watch?v=ThkqOc\\_iNX8](https://www.youtube.com/watch?v=ThkqOc_iNX8)

<https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/salmonella/symptoms-causes/syc-20355329>

<https://www.empire.es/pcr/>

<http://www.elsevier.es/es-revista-enfermedades-infecciosas-microbiologia-clinica-28-articulo-la-pcr-multiple-microbiologia-clinica-13058027>

Enlaces:

3

4



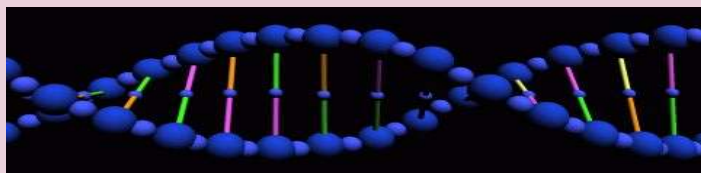
# PCR APLICADO A LOS ALIMENTOS

Andrea M. Eva T. Irene R. Irene S

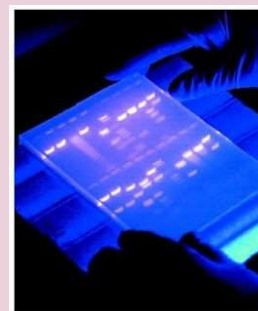
## Índice

1. Introducción
  - Detección de alérgenos
  - Especies animales
  - Deterioro de las bebidas
2. Teatro

### Introducción



### PCR y electroforesis



### Aplicaciones de la PCR en alimentos

Detección de alérgenos



### Especies animales



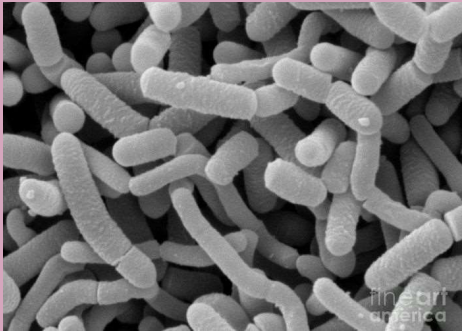
### Escándalo de la carne de caballo



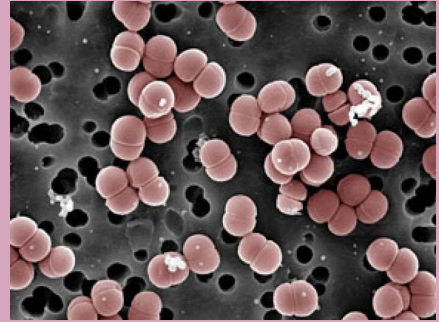
### Deterioro de las bebidas



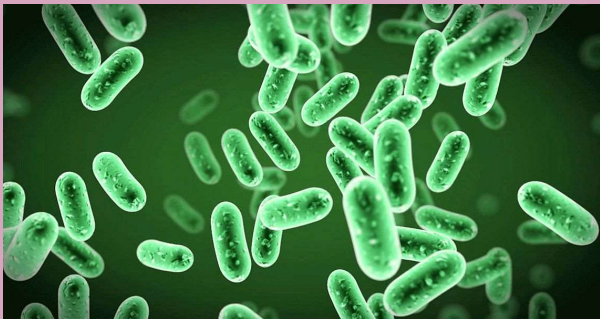
*Lactobacillus*



*Pediococcus*



*Alicyclobacillus*



*Teatro*



### *Sintomas:*




- ❖ *Hinchazón de la cara y lengua*
- ❖ *Tos*
- ❖ *Molestia en el pecho*

### *¿A qué es alérgica?*

- ❖ *Huevo*
- ❖ *Pelo de perro*
- ❖ *Pescado*
- ❖ *Melocotón*
- ❖ *Cacahuetes*

### *Horario:*

7:30	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La paciente se despierta.</li> <li>• Desayuna galletas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se encuentra bien.</li> </ul>
11:30	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almuerza un yogur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se encuentra bien.</li> </ul>
15:30	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Come puré</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se encuentra bien</li> </ul>
18:00	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A las 17:30 merienda un zumo que no había probado nunca.</li> <li>• A las 18:00 llega al hospital</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ha sufrido una reacción alérgica.</li> </ul>

- Piña 
- Naranja 
- Melocotón 

# ANEXO 3



# DNA ANTIGUO

## TRABAJO REALIZADO POR:

Alejandro León  
Francisco Devane  
Francesc Calabuig  
Adrián Larraz  
Germán Albertos

## Teoría

Aplicaremos la PCR en el ámbito del DNA antiguo, que trata sobre la obtención de DNA de especímenes arcaicos y que no han sido preservados su posterior análisis. La obtención de este DNA es característica por la baja calidad del mismo debido al tiempo, la temperatura y otros factores a los que está sometido.

## Teatro

Para explicar este proceso a los niños de 5º de primaria, interpretaremos un teatro de 10-15 minutos, en el cual protagonizarán:

Narrador (Francisco Devane)  
Momia 1 (Adrián Larraz)  
Momia 2 (Germán Albertos)  
Investigador 1 (Francesc Calabuig)  
Investigador 2 (Alejandro León)

La historia tratará sobre dos reyes egipcios hermanos momificados. Las momias se presentarán a los alumnos y volverán a sus "sarcófagos".

Momento que aprovecharán los investigadores para entrar en la sala y preguntar a los alumnos que pueden hacer para comprobar si son hermanos de verdad.

Posteriormente los investigadores extraerán una muestra de las momias, explicarán muy por encima la PCR y desvelarán el resultado a los alumnos.

## Materiales

Para explicar el proceso de la PCR utilizaremos piezas geométricas de colores que encajen entre ellas y ellos tendrán que encajar las figuras y descubrir el patrón que sigue el DNA.

**Adenina ( rojo )**  
**Timina ( amarillo )**  
**Citosina ( verde )**  
**Guanina ( naranja )**

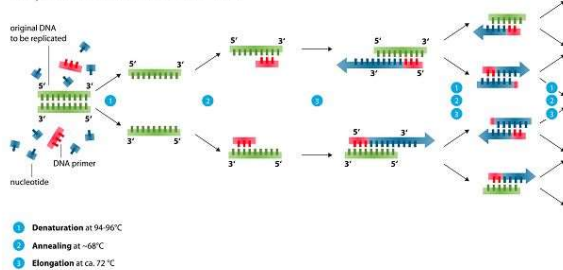


# ANEXO 4

# LA REACCIÓN EN CADENA DE LA POLIMERASA (PCR)

# INTRODUCCIÓN A LAS APLICACIONES DE LA REACCIÓN EN CADENA DE LA POLIMERASA (PCR)

Polymerase chain reaction - PCR



### Alumnos

D<sup>a</sup> Mar Fernández

D<sup>a</sup> Javier Sánchez

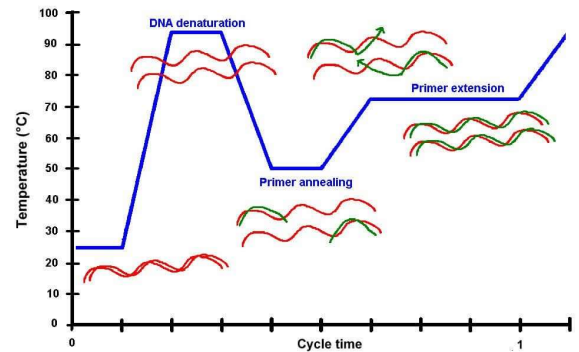
D<sup>a</sup> Lucía Marcos

D<sup>a</sup> Paula Vidal

### Correctoras

D<sup>a</sup> Teresa Olmedo

D<sup>a</sup> Laura Calzado



D<sup>a</sup> Mar Fernández, D<sup>a</sup> Javier Sánchez, D<sup>a</sup> Lucía Marcos, D<sup>a</sup> Paula Vidal.

### Índice

→ Definición de la PCR	2
→ Aplicaciones de la PCR	2

### • ¿Qué es la PCR?

La siglas de la PCR significan: Reacción en Cadena de la Polimerasa.

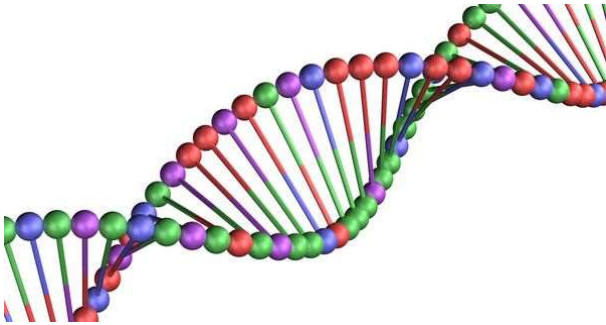
Este método es una Técnica de Biología Molecular (Ciencia que estudia la estructura de los seres vivos y de sus procesos vitales) que tiene por objetivo la amplificación directa de un gen o un fragmento de un ADN o indirecta de un ARN.

### • ¿Qué Aplicaciones tiene la PCR?

- La PCR se utiliza para la clonación de un gen cuyo molde puede ser ADN o ARN.
- Esta Reacción en Cadena de la Polimerasa tiene aplicaciones en el diagnóstico e identificación de una enfermedad como por ejemplo una enfermedad hereditaria.
- La PCR posee aplicaciones en el campo forense por ejemplo para la identificación de un asesino mediante huellas, pelos, etc.
- Además esta técnica biológica molecular participa en el test de paternidad que determinará la procedencia biológica del niño.
- Por último la PCR se emplea para la detección de agentes alérgicos.

En Valencia a 27 de febrero de 2019

**PROPUESTA DE PROYECTO**  
**ENFERMEDADES HEREDITARIAS**



**I. Resumen**

En el proyecto de fin de grado propuesto por D<sup>a</sup> Laura Calzado, estudiante de biotecnología por la Universidad de Valencia se van a abordar las aplicaciones de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) y su explicación a niños de edades comprendidas entre 10 y 11 años de edad, correspondiente a los cursos de 5<sup>o</sup> y 6<sup>o</sup> de educación primaria.

La PCR es una técnica de Biología Molecular por tanto que estudia la estructura de los seres vivos y de sus procesos vitales, que tiene por objetivo la amplificación directa de un gen o un fragmento de un ADN o indirecta de un fragmento o gen de ARN.

Además para la explicación de esta técnica de laboratorio se va a utilizar el ejemplo concreto de una de las enfermedades hereditarias más comunes que afecta a la sociedad española actual.

La anemia falciforme (enfermedad estudiada), es una patología hereditaria que afecta a la estructura y funcionamiento de las células encargadas de transportar el oxígeno gracias a la proteína llamada hemoglobina.

Estas células que reciben el nombre de glóbulos rojos presentarán una estructura en forma de media luna cuando sufran la enfermedad.

Para la correcta explicación de la PCR así como de la anemia falciforme se utilizarán actividades didácticas con el fin que los niños puedan experimentar y encontrar el gusto de estudiar esta ciencia.

**ÍNDICE**

→ Resumen

→ Definición de enfermedad hereditaria.

→ Tipos de enfermedades hereditarias.

→ Cómo funciona la PCR.

→ Enfermedad de en estudio: anemia falciforme

- Síntomas
- Causas

→ Ideas prácticas (ADN)

- Letras de cartulina (A,G,C,T)
- Imagen del ADN en la pizarra

→ prácticas (Anemia falciforme)

- Plastelina
- Dibujos

**II. Definición de enfermedades hereditarias**

Las enfermedades hereditarias se definen como el conjunto de enfermedades genéticas, es decir, en la alteración de un genoma (genes del cromosoma).

Los genes se pasan de padres a hijos. Contienen el ADN, información para fabricar proteínas, las cuales realizan la mayor parte de las funciones dentro de las células.

A veces, se produce una mutación, un cambio en un gen o en varios genes. Esta mutación cambia las instrucciones para fabricar las proteínas y esto hace que las proteínas no funcionen correctamente o falten. Esto puede causar una enfermedad genética.

**¿De qué forma nuestros padres nos transmiten los genes?**

Existen dos copias de casi todos los genes en nuestro cuerpo. Cuando se concibe un hijo, se le transmiten una copia de cada uno de los genes del cuerpo. Entonces, el bebé tiene un grupo completo de genes de la madre y un grupo completo de genes del padre.



### III. Tipos de enfermedades hereditarias

Los tipos de enfermedades hereditarias generalmente conocidas y que presentan mayor cantidad de pacientes son:

- La enfermedad de Huntington:

La enfermedad de Huntington es una enfermedad de carácter hereditario que afecta a las células nerviosas presentes en el cerebro provocando su desgaste. Cabe destacar que a pesar que los pacientes nacen con dicha enfermedad no es hasta los 30 o 40 años de edad.

- Fibrosis quística :

La fibrosis quística es una enfermedad de carácter hereditario que afecta principalmente a los pulmones y en menor medida intestino, páncreas e hígado.

- Anemia falciforme

La anemia falciforme está clasificada como una mutación génica que afecta a la sangre. Los glóbulos rojos del paciente presentan una forma distinta de la habitual, provocando problemas en la circulación sanguínea.

- Daltonismo:

El daltonismo es una enfermedad de carácter hereditario que consiste en una deficiencia a la hora de identificar los diferentes tipos de colores.

- Miopía:

La miopía es un problema de la visión que afecta a las personas de manera que estas ve los objetos borrosos a larga distancia.

### IV. Cómo funciona la PCR:

Técnica que permite la amplificación de un fragmento de ADN de interés y se obtienen millones de copias.

MATERIALES:

-**ADN molde.** (Molde de galletas) Hebra de ADN que es complementaria en secuencia de bases al RNA mensajera transcrito. Actúa por tanto como molde para la síntesis del ARNm.

-**Cebadores o primer.** (Pieza inicial para la copia) Está formado por nucleótidos de ácido ribonucleico (ARN) permite que la ADN polimerasa III comience la síntesis de la nueva cadena de ADN.

-**Nucleótidos.** ( A-T y G-C) Compuesto químico orgánico fundamental de los ac.nucleicos, constituido por una base nitrogenada, un azúcar y una molécula de ac.fosfórico.

-**ADN polimerasa** ( Enzima que hace copia del ADN molde) Son enzimas que intervienen en el proceso de replicación del ADN. Llevan a cabo la síntesis de la nueva cadena de ADN emparejando los desoxirribonucleótidos trifosfato con los desoxirribonucleótidos complementarios correspondientes del ADN molde.

-**Termociclador:** Es un aparato usado en biología molecular que permite realizar los ciclos de temperaturas necesarios para la amplificación de diversas hebras de ADN en la técnica de la PCR.

-**Tubos de ensayo:** Es una pieza confeccionada con cristal que se emplea en los laboratorios químicos para realizar diferentes tipos de análisis.

Proceso:

Los componentes de la PCR se mezclan en un tubo de ensayo y luego se colocan en una máquina que permite que se produzcan ciclos repetidos de amplificación de ADN. La máquina es un termociclador es un bloque térmico con agujeros, en el que se insertan los tubos. El termociclador eleva y baja la temperatura del bloque en tres etapas básicas preprogramadas. La reacción se calienta por primera vez por encima del punto de desnaturalización de las dos cadenas de ADN complementarias del ADN diana, lo que permite que las hebras se separen. A continuación se baja la temperatura para permitir que los cebadores específicos se unan a los segmentos de ADN diana, un proceso conocido como hibridación. La temperatura se eleva de nuevo hasta una temperatura en la cual la ADN polimerasa es capaz de extender los cebadores añadiendo nucleótidos a la hebra de ADN que se está construyendo. Con cada repetición de estos tres pasos, el número de moléculas de ADN copiadas se duplica. Tras 30-40 ciclos a partir de una única copia de ADN se pueden obtener más de mil millones de copias de un gen y en un tiempo récord.

### V. La anemia falciforme

Grupo de trastornos hereditarios de los glóbulos rojos. La hemoglobina es una proteína en los glóbulos rojos que transporta el oxígeno por todo el cuerpo. En la enfermedad, la hemoglobina tiene forma de barras rígidas dentro de los glóbulos rojos, cambia la forma de los glóbulos rojos de forma de disco a una forma de media luna.

Muchas células se rompen al moverse a través de sus vasos sanguíneos. Por lo general sólo duran de 10 a 20 días, en lugar de los 90 a 120 días normales. Por ello, es posible que no tenga suficientes glóbulos rojos. A esto se le llama anemia y puede hacer que se sienta cansado.

Las células también pueden atascarse a las paredes de los vasos sanguíneos, causando un bloqueo que hace más lento o detiene el flujo de sangre. Cuando esto sucede, el oxígeno no puede llegar a los tejidos cercanos. La falta de oxígeno puede causar ataques de dolor repentino y severo, llamados crisis de dolor. Estos ataques pueden ocurrir sin previo aviso.

**Síntomas**

Los signos y síntomas de la anemia de células falciformes, que varían de una persona a otra y cambian con el tiempo, comprenden los siguientes:

Las células falciformes se rompen fácilmente y mueren, y dejan al cuerpo sin suficientes glóbulos rojos. Suelen morir entre los días 10 y 20, lo que provoca una escasez de

glóbulos rojos.

El cuerpo no puede obtener el oxígeno que necesita para sentirse enérgico, lo que causa fatiga.

Los episodios periódicos de dolor son un síntoma principal de la anemia de células falciformes. El dolor se manifiesta cuando los glóbulos rojos falciformes bloquean el flujo de sangre a través de los pequeños vasos sanguíneos que se dirigen al pecho, el abdomen y las articulaciones. La intensidad del dolor varía y puede durar desde unas pocas horas hasta unas pocas semanas.

Algunos adolescentes y adultos con anemia de células falciformes también tienen dolor crónico, lo que puede deberse a daños en los huesos y en las articulaciones, a úlceras y a otras causas.

Hinchazón dolorosa de las manos y de los pies. Causada por los glóbulos rojos falciformes que bloquean el flujo sanguíneo hacia las manos y los pies.

Infecciones frecuentes. Las células falciformes pueden dañar al órgano que combate las infecciones (bazo), lo que te vuelve más vulnerable a estas. Normalmente, los médicos les dan vacunas y antibióticos a los lactantes y niños con anemia de células falciformes para prevenir infecciones que pueden poner en riesgo la vida, como la neumonía.

Retraso en el crecimiento. Los glóbulos rojos abastecen al cuerpo con el oxígeno y los nutrientes necesarios para el crecimiento. La escasez de glóbulos rojos saludables puede retrasar el crecimiento de niños, y retrasar la pubertad en adolescentes.

Problemas de visión. Las células falciformes pueden bloquear los pequeños vasos sanguíneos de los ojos. Esto puede dañar la retina, lo que ocasiona problemas de visión.

#### Causas

La anemia falciforme es causada por una mutación genética que le ordena al cuerpo producir el compuesto rojo, rico en hierro que le da a la sangre el color rojo (hemoglobina). La hemoglobina permite que los glóbulos rojos transporten oxígeno. En la anemia falciforme, la hemoglobina anormal hace que los glóbulos rojos se vuelvan rígidos, pegajosos y deformes.

El gen de las células falciformes se transmite de una generación a otra en un patrón de herencia llamado «autosómico recesivo». Esto significa que tanto la madre como el padre deben transmitir la forma defectuosa del gen para que un niño padezca esta enfermedad.

Si solo uno de los padres transmite al niño el gen de células falciformes, ese niño tendrá el rasgo genético de células falciformes. Con un gen de hemoglobina normal y una forma defectuosa del gen, las personas con rasgo de células falciformes producen tanto hemoglobina normal como hemoglobina de células falciformes. Su sangre podría contener algunas células falciformes, pero generalmente no presentan síntomas. Sin embargo, son portadores de la enfermedad, lo que significa que pueden transmitirles el gen a sus hijos.

#### VI. Ideas prácticas ADN

En primer lugar en la pizarra digital se pondrá una foto de la doble cadena del ADN representada helicoidalmente y se llevará a cabo una explicación sobre qué es el ADN y para qué sirve.

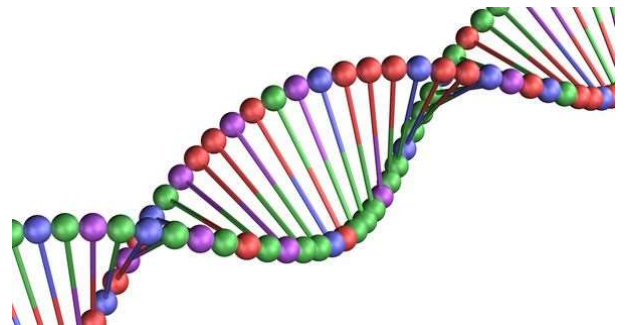
A continuación se repartirá al grupo presente cuatro cartulinas cada una de ellas con la inicial de una base nitrogenada (Guanina, Citosina, Timina y Adenina) y deberán enlazarlas con su complementaria (A-T G-C), seguidamente se les dará cuatro cartulinas idénticas y tendrán que poner la secuencia de ADN de la Anemia falciforme para ver las diferencias presentes.

#### VII. Ideas prácticas anemia falciforme

A cada grupo se le repartirá dos trozos de plastilina de color rojo para que hagan la estructura de un glóbulo rojo sano y por el contrario la de un glóbulo rojo afectado por la anemia falciforme.

Seguido de esto, se les repartirá un trozo de papel en el que deberán dibujar por un lado un glóbulo rojo sano y por el otro uno enfermo que después deberán colgar en su clase.

## PROPOSAL PROJECT ABOUT HEREDITARY DISEASES



**INDEX**

→ Abstract

---

→ Definition of hereditary diseases

---

→ Types of hereditary disease

---

→ **How PCR works:**

---

→ Enfermedad de en estudio: anemia falciforme

- Symptoms
  - Causes
- 

→ Practical Ideas DNA

- Letters (A,G,C,T)
  - Picture of DNA in digital board
- 

→ **Practical ideas sickle-cell anemia**

- Clay
- Pictures

**I. Abstract**

In the end-of-degree project proposed by Ms. Laura Calzado, a biotechnology student from the University of Valencia, the applications of the Polymerase Chain Reaction (PCR) and its explanation to children between the ages of 10 and 11 will be addressed. years of age, corresponding to the 5th and 6th years of primary education.

PCR is a Molecular Biology technique that therefore studies the structure of living beings and their vital processes, which aims at the direct amplification of a gene or fragment of a DNA or indirect fragment or RNA gene.

Also for the explanation of this laboratory technique is going to use the concrete example of one of the most common hereditary diseases that affects the current Spanish society.

Sickle-cell anemia (studied disease) is a hereditary disease that affects the structure and functioning of the cells responsible for transporting oxygen thanks to the protein called hemoglobin.

These cells that are called red blood cells will have a structure in the shape of a half moon when they suffer from the disease.

For the correct explanation of the PCR as well as the sickle-cell anemia, didactic activities will be used so that the children can experiment and find the pleasure of studying this science.

**II. Definition of hereditary diseases**

Hereditary diseases are defined as the set of genetic diseases, that is, in the alteration of a genome (genes of the chromosome).

The gen are passed from parents to children. They contain DNA, information to make proteins, which perform most of the functions inside cells.

Sometimes, a mutation occurs, a change in a gene or in several genes. This mutation changes the instructions to make the proteins and this causes that the proteins do not work correctly or lack. This can cause a genetic disease.

**How do our parents transmit genes to us?**

There are two copies of almost all the genes in our body. When a child is conceived, a copy of each of the genes of the body is transmitted to him. Then, the baby has a complete set of genes from the mother and a full set of genes from the father.

**III. Types of inherited diseases**

The types of hereditary diseases generally known and that present a greater number of patients are:

**Huntington's disease:**

Huntington's disease is a hereditary disease that affects the nerve cells present in the brain causing its wear. It should be noted that although patients are born with this disease it is not until 30 or 40 years of age.

**Cystic fibrosis :**

Cystic fibrosis is a hereditary disease that mainly affects the lungs and to a lesser extent intestine, pancreas and liver.

**Sickle cell anemia**

Sickle-cell anemia is classified as a gene mutation that affects the blood. The red blood cells of the patient present a different form from the usual one, causing problems in the blood circulation.

**Colour blindness:**

Color blindness is a hereditary disease that consists of a deficiency when identifying the different types of colors.

**Myopia:**

Myopia is a vision problem that affects people so that they see blurred objects at a long distance.

**IV. How PCR works:**

Technique that allows the amplification of a DNA fragment of interest and millions of copies are obtained.

**MATERIALS:**

-ADN mold. (Biscuit mold) A strand of DNA that is complementary in sequence to the transcribed messenger RNA. It therefore acts as a template for the synthesis of mRNA.

-Easers or first. (Initial piece for the copy) It is formed by nucleotides of ribonucleic acid (RNA) allows DNA polymerase III to begin the synthesis of the new DNA chain.

-Nucleotides. (A-T and G-C) Fundamental organic chemical compound of the ac.nucleicos, constituted by a nitrogenous base, a sugar and a molecule of ac.fosphoric.

-ADN polymerase (Enzyme that makes a copy of the template DNA) They are enzymes that are involved in the DNA replication process. They carry out the synthesis of the new DNA strand by matching the deoxyribonucleotide triphosphates with the corresponding complementary deoxyribonucleotides of the template DNA.

- Thermocycler: It is a device used in molecular biology that allows to perform the temperature cycles necessary for the amplification of various strands of DNA in the PCR technique.

- Test tubes: It is a piece made with glass that is used in chemical laboratories to perform different types of analysis.

**Process:**

The PCR components are mixed in a test tube and then placed in a machine that allows repeated cycles of DNA amplification to occur. The machine is a thermal cycler is a thermal block with holes, in which the tubes are inserted. The thermal cycler raises and lowers the temperature of the block in three preprogrammed basic stages. The reaction is heated for the first time above the denaturing point of the two DNA strands complementary to the target DNA, which allows the strands to separate. The temperature is then lowered to allow the specific primers to bind to the target DNA segments, a process known as hybridization. The temperature rises again to a temperature at which the DNA polymerase is capable of extending the primers by adding nucleotides to the DNA strand being constructed. With each repetition of these three steps, the number of DNA molecules copied is doubled. After 30-40 cycles from a single copy of DNA you can get more than one billion copies of a gene and in record time.

**V. Sickle-cell anemia**

Group of inherited disorders of red blood cells. Hemoglobin is a protein in red blood cells that carries oxygen throughout the body. In the disease, the hemoglobin is in the form of rigid bars inside the red blood cells, changing the shape of the disc-shaped red blood cells to a crescent shape.

Many cells break when they move through their blood vessels. They usually only last 10 to 20 days, instead of the normal 90 to 120 days. Therefore, you may not have enough red blood cells. This is called anemia and can make you feel tired.

The cells can also get stuck in the walls of the blood vessels, causing a blockage that slows or stops the flow of blood. When this happens, oxygen can not reach nearby tissues. Lack of oxygen can cause sudden and severe pain attacks, called pain crises. These attacks can occur without warning.

**symptom**

The signs and symptoms of sickle cell anemia, which vary from one person to another and change over time, include the following:

Sickle cells break easily and die, leaving the body without enough red blood cells. They usually die between days 10 and 20, which causes a shortage of Red blood cells.

The body can not get the oxygen it needs to feel energetic, which causes fatigue.

Periodic episodes of pain are a major symptom of sickle cell anemia. Pain manifests when sickled red blood cells block blood flow through small blood vessels that go to the chest, abdomen, and joints. The intensity of the pain varies and can last from a few hours to a few weeks.

Some adolescents and adults with sickle cell anemia also have chronic pain, which may be due to damage to bones and joints, ulcers, and other causes.

Painful swelling of the hands and feet. Caused by sickle red blood cells that block blood flow to the hands and feet.

Frequent infections. Sickle cells can damage the organ that fights infections (spleen), which makes you more vulnerable to them. Normally, doctors give vaccines and antibiotics to infants and children with sickle cell anemia to prevent potentially life-threatening infections, such as pneumonia.

Stunted growth. Red blood cells supply the body with the oxygen and nutrients necessary for growth. The shortage of healthy red blood cells can delay the growth of children, and delay puberty in adolescents.

Vision problems. Sickle cells can block small blood vessels in the eyes. This can damage the retina, which causes vision problems.

**Causes**

Sickle cell anemia is caused by a genetic mutation that directs the body to produce the red, iron-rich compound that gives the blood the red color (hemoglobin). Hemoglobin allows red blood cells to carry oxygen. In sickle cell anemia, abnormal hemoglobin causes the red blood cells to become stiff, sticky, and misshapen.

The sickle cell gene is passed from one generation to another in a pattern of inheritance called "autosomal recessive." This means that both the mother and the father must transmit the defective form of the gene for a child to suffer from this disease.

If only one of the parents transmits the sickle cell gene to the child, that child will have the genetic trait of sickle cells. With a normal hemoglobin gene and a defective form of the gene, people with sickle cell trait produce both normal hemoglobin and sickle cell hemoglobin. Your blood may contain some sickle cells, but they usually have no symptoms. However, they are carriers of the disease, which means that they can transmit the gene to their children.

**VI. Practical ideas DNA**

First of all, on the digital board, a picture of the double strand of DNA represented will be placed, and an explanation will be carried out about what DNA is and what it is for.

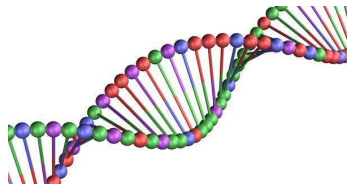
Next, four cards will be distributed to the group present, each one with the initial of a nitrogenous base (Guanine, Cytosine, Thymine and Adenine) and they will have to link them with their complement (AT GC), then they will be given four identical cards and will have to put the DNA sequence of sickle cell anemia to see the differences present.

**VII. Practical ideas sickle-cell anemia**

Each group will be divided into two pieces of red plasticine to make the structure of a healthy red blood cell and on the contrary that of a red blood cell affected by sickle cell anemia.

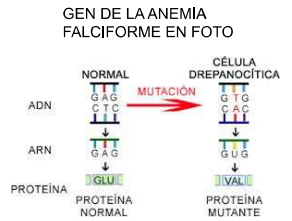
Followed by this, a piece of paper will be distributed in which they must draw a healthy red blood cell on one side and a sick one on the other, which they must then hang in their class.

**PROPUESTA DE PROYECTO ENFERMEDADES HEREDITARIAS**



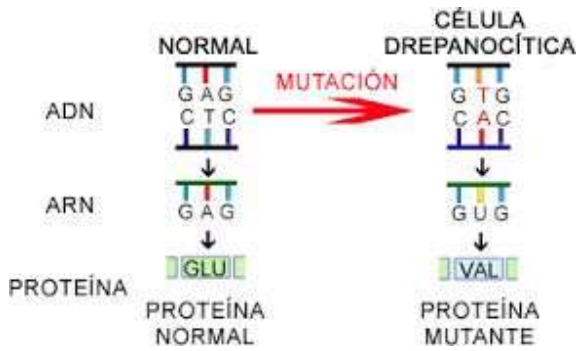
D<sup>a</sup> Mar Fernández, D<sup>o</sup> Javier Sánchez, D<sup>a</sup> Lucía Marcos, D<sup>a</sup> Paula Vidal.

MATERIALES PARA LA ACTIVIDAD DEL ADN + EL GEN:



**JUEGOS DIDÁCTICOS:**

MATERIALES PARA LA ACTIVIDAD DE ANEMIA FALCIFORME:



PLASTILINA



IMAGEN GLÓBULOS ROJOS



CARTULINAS



Glóbulo rojo normal



Glóbulo rojo en forma de hoz

kidneybean - All rights reserved.

# ANEXO 5

# Mini-teatro ANATOMÍA

Estela: Chicos, tengo un caso que me teneis que ayudar a resolver, esta es Lucía, no sabe quién es su madre, y estas dos señoras afirman ser su madre.

¿Cómo lo vamos a averiguar? ¿A alguien se le ocurre cómo?

No estoy muy segura, voy a llamar a mi amiga, algún voluntario

Estela: Bueno... Voy a llamar a mi compañera detective Teresa, que seguro que sabe lo que hacer.

(Viene Teresa después de haberla llamado)

Teresa: ¿Que pasa? Sonabas preocupada. ¿Alguien me puede explicar que pasa?

(Un niño le explica la situación)

Teresa: Muy fácil! Con la PCR... ¿no sabéis qué es? Vale, os lo explico rápido, PCR son las siglas en inglés de Reacción en Cadena de la Polimerasa

Sirve para obtener más muestra de ADN cuando tienes demasiado poco para que sea analizado.

Estela:



# ANEXO 6

# ENCUESTA ALUMNOS PRIMARIA

1. ¿Conocías la técnica de la PCR?

- Sí
- No

2. Ahora que la conoces, ¿crees que es útil? ¿Por qué?

- Sí
- No

---

---

3. En clase hemos visto varias aplicaciones, ¿cuál es la que te ha despertado mayor interés?

---

---

4. ¿Crees que los alumnos de primaria han aprendido para qué sirve la PCR y sus diferentes técnicas?

- Sí
- No

5. ¿Crees que son necesarias más prácticas en etapas preuniversitarias para acercar más la ciencia a las aulas? ¿Por qué?

- Sí
- No

---

---

6. ¿Recomendarías a otros alumnos la experiencia de desarrollar un proyecto ApS y/o ABP? ¿Por qué?

- Sí
- No

---

---

7. ¿Crees que este método de aprendizaje es una buena manera de que los alumnos se interesen por la ciencia y en concreto por la Biotecnología? ¿Por qué?

- Sí
- No

---

---

8. ¿Te ha gustado cómo se ha desarrollado el proyecto?

- Sí
- No

9. ¿Qué es lo que te ha resultado más satisfactorio?

---

---

10. ¿Cuál crees que ha sido el grado de satisfacción de los alumnos de primaria? (El 1 es nada satisfactorio y el 10 muy satisfactorio)

1   2   3   4   5   6   7   8   9   10

11. Habéis aprendido en qué consiste la técnica de la PCR, ¿crees que el hecho de explicarla a alumnos más pequeños ha supuesto un aprendizaje adicional para ti mismo? ¿Por qué?

- Sí
- No

---

---

12. ¿Te ha gustado la experiencia de laboratorio de “extracción de DNA”? ¿Por qué?

- Sí
- No

---

---

13. Escribe una breve memoria del proyecto realizado.