

# PROJECTE NATURA



VNIVERSITAT  
DE VALÈNCIA

2020 - 2021

GENÉTICA DE LA INTOLERANCIA A LA LACTOSA

## RESUM DEL PROJECTE

Este Trabajo Fin de Grado forma parte de los “Projectes Natura”, proyectos de innovación de la Facultat de Ciències Biològiques, cuyo objetivo es el diseño, planificación y puesta en marcha de una propuesta educativa orientada a introducir conceptos básicos sobre Ciencias Naturales en etapas educativas preuniversitarias. En concreto, el proyecto “Genética de la intolerancia a la lactosa” tiene como propósito transmitir conocimientos sobre la base genética de la intolerancia a la lactosa mediante el uso de metodologías educativas como el Aprendizaje-Servicio (ApS) o el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) que buscan impulsar la participación activa del alumnado. El eje central de este proyecto es la lactasa, una enzima capaz de digerir la lactosa en dos monosacáridos que se absorben fácilmente en el intestino y que, según sus niveles en las personas, permite establecer dos grupos de individuos fenotípicamente diferenciados que se caracterizan por una distinta capacidad de digerir la lactosa. Las actividades desarrolladas y los conocimientos adquiridos a lo largo del proyecto giran alrededor de este eje y, tras su asimilación por los alumnos de 1º de Bachillerato, los adaptan y los transmiten a estudiantes de 6º de Primaria para que ellos, en última instancia, también aprendan una idea básica de genética sobre un tema cotidiano como es la intolerancia a la lactosa.

# PROJECTE NATURA

## GENÈTICA DE LA INTOLERANCIA A LA LACTOSA

### 1. EQUIP PARTICIPANT

ÀREA TEMÀTICA: GENÈTICA					
Títol del projecte: "GENÈTICA DE LA INTOLERANCIA A LA LACTOSA"					
	Nom i Cognoms	Centre	Localitat	Telèfon de contacte	Correu electrònic
Alumne/a UVEG	Andrea Lozano Montoya	Universitat de València	Burjassot	683528498	anlomon@alumni.uv.es
Professor/a de la UVEG	Carolina Rausell Segarra	Universitat de València	Burjassot	963543397	carolina.rausell@uv.es
Professor/a de secundària	Margarita Méndez Gómez del Pulgar	IES Comarcal	Burjassot	961206290	46004486@gva.es
Mestre/a de Primària	María José Zanón Perelló	CP El Barranquet	Godella	961205263	margotprofefbio@gmail.com

En el proyecto participaron 17 alumnos de 1º de Bachillerato del IES Comarcal matriculados en la asignatura optativa "Cultura Científica" y 28 estudiantes de 6º de Primaria del CP El Barranquet.

PROJECTE INTERDEPARTAMENTAL SI/NO: NO

DEPARTAMENTS QUE INTERVENEN: Departamento de genética

## 2. OBJECTIUS

2.1 TEMA EN QUÈ S'ENMARCA EL PROJECTE: *Contextualització del projecte dins d'un marc temàtic concret de les Ciències Naturals*

Bloc temàtic de primària i de secundària:

- Primària: conocimiento del medio
- Secundaria: biología

2.2 CONCEPTE A TRANSMETRE: *quin és el concepte, idea bàsica o contingut essencial sobre el que es va a treballar?*

Idea principal: Base genética de la intolerancia a la lactosa

Paraules clau: ApS, ABP, intolerancia a la lactosa, lácteos, leche, lactosa, dolor abdominal, lactasa, gen, polimorfismo.

2.3 OBJECTIUS: *què pot aportar en eixe sentit el nostre projecte, què esperem obtenir del desenvolupament del projecte?*

PRIMÀRIA:

Objectiu didàctics: adquisición de conocimientos sobre un tema relacionado con la salud mediante actividades dinámicas.

Objectiu científics: relación entre ciencia y vida cotidiana.

SECUNDÀRIA:

Objectiu didàctics: adquisición de conocimientos sobre el tema, planificación y desarrollo de actividades para primaria y promoción de la competencia digital.

Objectiu científics: aprender a realizar un protocolo de laboratorio y discutir los resultados obtenidos.

## 2.4. COMPETÈNCIES BÀSIQUES

- CCLI: competencia comunicación lingüística.
- CMCT: competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología.
- CD: competencia digital.
- CAA: competencia aprender a aprender.
- CSC: competencias sociales y cívicas.
- SIEE: sentido de iniciativa y espíritu emprendedor.
- CEC: conciencia y expresiones culturales.

### 3. MATERIALS I METODOLOGIA

BACHILLERATO	PRIMARIA
<b>MATERIALES</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ordenador</li> <li>- Proyector</li> <li>- Conexión WiFi</li> <li>- Leche sin lactosa</li> <li>- Leche con lactosa</li> <li>- Viales eppendorf de 1,5 mL</li> <li>- Gradillas de eppendorf</li> <li>- Tiras reactivas Inter para la determinación de glucosa</li> <li>- ColiPrev: suplemento alimenticio con lactasa</li> <li>- Tubos corning de 15 mL</li> <li>- Solución de glucosa al 2%</li> <li>- Agua</li> <li>- Cronómetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tablet</li> <li>- Conexión WiFi</li> </ul>
<b>ESPACIOS</b>	
Aula de teoría y laboratorio de biología	Patio

#### Metodologia:

Este tipo de proyectos tiene como objetivo fundamental la puesta en práctica de metodologías interesantes e innovadoras que además de transmitir un contenido científico, fomenten la autonomía, trabajo en equipo, comunicación y creatividad del alumnado.

La metodología común a esta iniciativa que conforma los Projectes Natura es el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP). El propósito de esta herramienta es permitir que los estudiantes adquieran conocimientos y competencias clave mientras llevan a cabo un proyecto final que responde a la necesidad de la divulgación científica [1]. Para ello se promueve en el alumnado el trabajo activo, el debate de ideas, la investigación sobre el tema en cuestión, el diseño sus propias actividades y el desarrollo sus ideas con el objetivo final de que lleguen a sus propias conclusiones [2].

Asimismo, otra metodología fundamental es el Aprendizaje-Servicio (ApS) cuyo objetivo principal es que el aprendizaje ofrezca de alguna forma un servicio a la sociedad, por ejemplo, el mero hecho de adaptar un conocimiento y transmitirlo.

Por otro lado, en la realización de las diversas actividades también se han experimentado otras metodologías como son el “aprendizaje cooperativo”, el “pensamiento de diseño”, el “aula invertida” y la “ludificación de contenido o gamificación educativa”.

El “aprendizaje cooperativo” se usó principalmente en dos etapas del proyecto. La primera fue durante la realización del experimento en el laboratorio que, aunque fuese individual, dio lugar a un debate e intercambio de opiniones entre los alumnos del instituto sobre todo a la hora de rellenar la plantilla de resultados. Y la segunda etapa donde también se empleó esta metodología fue cuando los estudiantes del

instituto tuvieron que desarrollar las actividades que llevarían para el alumnado de Primaria. En este momento, los alumnos se organizaron en grupos pequeños, en los que cada uno de ellos se encarga de una tarea específica y trabajan de manera coordinada para llegar su objetivo final común [3]. En este mismo momento del proyecto, los estudiantes de Bachillerato con el fin de crear las diversas actividades con las que transmitir los conocimientos que habían aprendido previamente a los alumnos del colegio aplicaron un “pensamiento de diseño” [4].

El “aula invertida” se utilizó en el cambio de papeles de los alumnos de Bachillerato, pasando de ser receptores de información a emisores de ésta y, por tanto, los protagonistas de la actividad. De modo que se promueve la autonomía, así como el pensamiento crítico de los estudiantes [5].

Por último, con el fin de captar la atención de los alumnos tanto de Bachillerato como de Primaria, se empleó la metodología conocida como “ludificación de contenido o gamificación educativa”. Ésta se basa en el uso de juegos en un contexto educativo con el objetivo de transmitir conocimientos a través actividades lúdicas y dinámicas, llamando así la atención del alumnado y haciendo que se interesen más por el tema en cuestión [6]. Una de las herramientas que se utilizó dentro de esta metodología fue la plataforma online “Kahoot!” que permite crear cuestionarios online. Los alumnos contestan a las preguntas desde sus dispositivos electrónicos y la respuesta correcta y más rápida da más puntos. Por tanto, permite un ambiente educativo y divertido, al mismo tiempo que fomenta una competición sana entre compañeros. El Kahoot se empleó con dos fines distintos dependiendo del nivel educativo, en el caso de Bachillerato se utilizó para ver qué es lo que sabían los alumnos inicialmente y despertar interés por los contenidos que se tratarían en un futuro. Mientras que en Primaria se usó para evaluar qué habían aprendido. Además, en el colegio también se aplicó una segunda herramienta para esta misma metodología, la cual fue la elaboración de una sopa de letras, a través del generador informático “Ensopados”, con el fin de afianzar y recordar las palabras clave del proyecto.

## 4. DESCRIPCIÓN DETALLADA

La propuesta inicial del proyecto se resume en cuatro fases, las cuales se encuentran detalladas en la Tabla 1.

- **Fase I:** Diseño del proyecto
- **Fase II:** Realización del proyecto en Bachillerato
- **Fase III:** Realización del proyecto en Primaria
- **Fase IV:** Muestra del trabajo realizado en “BIOGRAU”

**Tabla 1.** Cronología y resumen de las fases del proyecto "genética de la intolerancia a la lactosa"

	FECHA	DESARROLLO		RESPONSABLES	PARTICIPANTES
<b>FASE I – Diseño del proyecto</b>	Octubre 2020 – Febrero 2021	Fase de trabajo personal para la planificación y organización del proyecto. Durante esta etapa se llevó a cabo la búsqueda bibliográfica de los fundamentos teóricos y se diseñaron y prepararon las distintas actividades que se realizarían durante las sesiones con los alumnos de 1º de Bachillerato en el IES Comarcal.  Reunión con la profesora de Cultura Científica del IES Comarcal para concertar las fechas de las sesiones de la segunda fase.		Alumna de la UV	Alumna de la UV Tutora de la UV Profesora de Cultura Científica del IES Comarcal
<b>FASE II – Desarrollo del proyecto en Bachillerato</b>	Febrero 2021 – Marzo 2021	<b>SESIÓN 1 (1 hora)</b>  Sesión teórica de contextualización e introducción del proyecto mediante un Kahoot (Anexo 1) y una presentación PowerPoint (Anexo 3).	<b>SESIÓN 2 (1 hora)</b>  Sesión práctica en la que los alumnos estudian la acción de la lactasa mediante un experimento de laboratorio basado en la detección de glucosa a partir de leche con y sin lactosa.	Alumna de la UV	Estudiantes de 1º de Bachillerato del IES Comarcal
		<b>SESIÓN 3 (1 hora)</b>  Sesión mixta en la que se discuten los resultados obtenidos en la sesión de laboratorio para aclarar cualquier duda o concepto que no quedase del todo claro, tras ver el resultado del cuestionario (Anexos 6 y 7). También tiene lugar la visualización del vídeo sobre las bases y la genética evolutiva de la lactasa (Anexo 9) y comienzan posibles propuestas para las actividades a desarrollar para Primaria.	<b>SESIÓN 4 (1 hora)</b>  Sesión práctica en la que finaliza la lluvia de ideas y comienzan a desarrollar por grupos las actividades que trabajarán con el alumnado de Primaria. Además, se lleva a cabo un cuestionario para evaluar los conocimientos que han aprendido los estudiantes durante las sesiones anteriores (Anexo 10 y 11).		
<b>FASE III – Desarrollo del proyecto en Primaria</b>	Abril 2021	Durante esta sesión los estudiantes de Bachillerato transmiten a los de Primaria los conocimientos que han adquirido mediante las actividades informáticas que han diseñado bajo la tutela de la alumna universitaria. Las tareas desarrolladas para Primaria son: un vídeo con una breve explicación de la intolerancia a la lactosa (Anexo 12), un Kahoot (Anexo 13) y una sopa de letras con las palabras clave de la presentación (Anexo 14).		Estudiantes de 1º de Bachillerato coordinados por la alumna de la UV	Alumnado de Primaria
<b>FASE IV – BIOGRAU</b>	Mayo 2021	Presentación de una muestra de las actividades que se han llevado a cabo en el proyecto en el BIOGRAU de la Facultad de Ciencias Biológicas.		Alumna de la UV	Asistentes al BIOGRAU

Tanto las sesiones de bachillerato como las de primaria se realizaron por duplicado debido a las restricciones por la covid-19, haciendo un total de 10 sesiones entre las dos instituciones (8 en el instituto y 2 en el colegio).

### FASE I – DISEÑO DEL PROYECTO

Tras la búsqueda bibliográfica, el diseño y la programación de las distintas actividades, se establece el siguiente esquema de trabajo para el proyecto:

- En Bachillerato se llevarán a cabo 4 sesiones por grupo. La primera de ellas se trata de una sesión teórica en la que los alumnos repasarán conceptos básicos de genética, así como se contextualizará el tema sobre el que se centra el proyecto. La segunda sesión es puramente práctica y experimental, en ella se busca que los alumnos entiendan el fundamento teórico previo con un caso práctico y que saquen sus propias conclusiones para, en la siguiente sesión, llevar a cabo la discusión de resultados. Además, en esta tercera sesión se visualizará un vídeo recopilatorio que engloba todos los temas tratados previamente para afianzar aún más su aprendizaje y en el tiempo restante comenzará la

lluvia de ideas para ir avanzando y aprovechar mucho más la sesión posterior. Por último, en la cuarta sesión, tras finalizar la lluvia de ideas para las posibles actividades informáticas que podrán realizar para los alumnos de Primaria, empezarán a organizarse y a desarrollarlas. Además de realizar un cuestionario para poder evaluar el progreso de su aprendizaje.

- En Primaria se llevará a cabo solamente una sesión. En ésta los alumnos de Bachillerato serán los protagonistas transmitiendo sus conocimientos a los estudiantes de Primaria mediante una breve presentación y las actividades propuestas.
- En último lugar, se presentarán en el BIOGRAU parte de las actividades y contenidos desarrollados en el proyecto.

## **FASE II – DESARROLLO DEL PROYECTO EN BACHILLERATO**

### **SESIÓN 1**

En primer lugar, se explica qué es un Proyecto Natura y cuál es su objetivo. Y antes de empezar con la presentación sobre el fundamento teórico del proyecto, se realiza un pequeño cuestionario a través de la herramienta online “Kahoot!”. Los temas que se tratan en la presentación son, en primer lugar, qué es la lactosa y en qué alimentos se encuentra. Después, qué es la intolerancia a la lactosa y cómo se produce, así como se profundiza un poco más en su base genética. Para explicar que la intolerancia a la lactosa es una característica determinada genéticamente, primero se hace un pequeño recordatorio y explicación de conceptos más específicos, ya que no todos los alumnos han dado los mismos contenidos al ser de ramas de estudio diferentes (sociales, humanidades y ciencias). Y, por último, se explican cuáles son los mecanismos evolutivos que determinan que la frecuencia de personas intolerantes a la lactosa sea diferente en las distintas poblaciones del mundo. Base teórica de la sesión en el Anexo 1.

### **SESIÓN 2**

Sesión práctica en la que los alumnos pondrán en práctica el fundamento teórico explicado en la sesión anterior estudiando directamente la acción de la lactasa mediante un experimento en el laboratorio basado en la detección de glucosa en muestras de leche con o sin lactosa.

En cuanto al desarrollo del experimento, en primer lugar, la alumna universitaria lleva a cabo los controles positivos y negativos del experimento (Figura 1), ya que al ser 3 muestras si lo hiciera cada uno de los estudiantes de Bachillerato sería necesario mucho más material y por ende más caro. Se les explica para qué son los controles y su importancia a la hora de desarrollar un experimento. En concreto, en este proyecto además de asegurar que las tiras reactivas funcionan como deberían y que no hay actividad lactasa inespecífica, también les sirvieron a los alumnos para dilucidar una de las respuestas del cuestionario.



**Figura 1.** Material y reactivos para elaborar los controles del experimento de laboratorio.

Los controles realizados en el experimento específicamente son uno positivo y dos negativos. El positivo se lleva a cabo con 1 mL glucosa al 2% en un vial eppendorf. Al introducir en éste la tira reactiva de detección de glucosa varía su color de acuerdo con la escala que aparece en la Figura 2. De los controles negativos uno se hace con 1 mL de agua y el otro con 1 mL del compuesto comercial ColiPrev, que contiene lactasa, en ambos casos, al no tener el monosacárido glucosa presente, la tira reactiva no cambiará de color, quedándose azul como podemos comprobar en la Figura 2.

NEGATIVO	TRAZAS	+	++	+++	++++

**Figura 2.** Escala de colores elaborada a partir del tubo que contiene las tiras reactivas Inter. Creación propia elaborada con PowerPoint e ImageJ. En segundo lugar, los alumnos realizan la detección de glucosa en las muestras de leche. Esta prueba se trata de una detección a ciegas, ya que los estudiantes no han visto a la alumna universitaria preparando previamente cada una de las diferentes muestras y, por tanto, no saben cuál es cuál. El objetivo principal de esta práctica es que el alumnado identifique qué tipo de leche es cada muestra en base a los resultados obtenidos y conocimientos aprendidos.

Como se observa en la Figura 3 cada uno de los alumnos dispone de una gradilla con dos viales eppendorf de 1,5 mL denominados A y B con aproximadamente 1 mL de leche con lactosa y 1 mL de leche sin lactosa, respectivamente. Además de 3 tiras reactivas Inter, la plantilla de resultados y el cronómetro de sus móviles.



**Figura 3.** Material individual para realizar el experimento de laboratorio.

El experimento consiste en introducir una tira reactiva en una de las muestras durante un minuto y medio. Después se saca la tira y se ve si ha cambiado o no de color. En base a los resultados obtenidos, se completa en la plantilla de resultados qué tipo de leche es.

En el momento que todos los alumnos han contestado las 3 primeras preguntas del cuestionario, la alumna universitaria pasa por cada uno de los puestos de los estudiantes añadiendo 2 gotas del compuesto ColiPrev en la muestra A. Tras ello, los alumnos voltean suavemente el vial para homogeneizar la muestra y añaden la tira restante. Acto seguido del minuto y medio de espera, retiran la tira y ven si hay cambio o no de color. Al igual que en el caso anterior, basándose en los resultados que han tenido, completan la plantilla de resultados sobre qué creen que contiene el compuesto ColiPrev. Base teórica de la sesión en el Anexo 2.

### SESIÓN 3

Sesión en la que se discuten los resultados obtenidos en el laboratorio para aclarar cualquier duda o concepto que no quedase del todo claro, así como hacer una breve explicación del compuesto ColiPrev.

Posteriormente, también tiene lugar la visualización del vídeo “The Making of the Fittest: Got Lactase? The Co-evolution of Genes and Culture” (<https://www.biointeractive.org/classroom-resources/making-fittest-got-lactase-coevolution-genes-and-culture>) sobre las bases de la lactosa y la genética evolutiva asociada a la lactasa.

Una vez acabada la parte de aprendizaje y de asentar nuevos términos, comienza la lluvia de ideas sobre posibles actividades a desarrollar con el alumnado de Primaria, las cuales, debido a la situación actual de pandemia, deben ser digitales e individuales. Base teórica de la sesión en el Anexo 3.

#### SESIÓN 4

Durante esta sesión se acaba la lluvia de ideas para las actividades a desarrollar con los alumnos de Primaria. Los estudiantes de Bachillerato deciden cuáles de los conceptos tratados quieren transmitir a los alumnos del colegio, cómo lo van a desarrollar y con qué herramientas tecnológicas. Por lo que, una vez con las ideas claras, se organizan en grupos reducidos y se dividen el trabajo para llevarlas a cabo. Todo ello bajo el asesoramiento y tutela de la alumna universitaria.

Por otra parte, en esta sesión se lleva a cabo un pequeño cuestionario que resume conceptos clave del proyecto, con el fin de evaluar el aprendizaje de los alumnos.

### **FASE III – DESARROLLO DEL PROYECTO EN PRIMARIA**

Durante esta sesión los estudiantes de Bachillerato transmiten a los de Primaria los conocimientos que han adquirido mediante las actividades informáticas que han diseñado, las cuales son: un vídeo explicativo, una sopa de letras y un Kahoot.

El vídeo explicativo está en la plataforma Youtube (Anexo 4) de modo que los alumnos del colegio gracias a sus tablets y a la conexión WiFi, así como cualquier persona puede acceder a él poniendo en el buscador de Youtube “Projecte de la intolerància a la lactosa”. El vídeo lo han realizado a través de la herramienta “Powtoon” y en él se encuentran los contenidos adaptados a Primaria en los que se han focalizado. En concreto, se han centrado en explicar qué es la intolerancia a la lactosa, cuál es el porcentaje mundial de tolerantes e intolerantes, cuáles son las diferencias entre la alergia a la leche y la intolerancia a la lactosa, qué alimentos puede tomar un intolerante y qué síntomas presentan los intolerantes al beber leche.

La sopa de letras online se elaboró a través del generador informático de sopa de letras “Ensopados”. Para acceder a la página web los alumnos debían poner en el buscador de Google “sopa de letras intolerancia a la lactosa”, hacer clic en la primera opción (“Jugar sopas de letras de Intolerancia a la lactosa 1 en línea”) y, una vez dentro, hacer pequeños cambios en el enlace, debido a que hubo un problema y los redirigía a una sopa de letras diferente y con términos más complejos. Las modificaciones consisten en cambiar de [https://buscapalabras.com.ar/sopa-de-letras-de-intolerancia-a-la-lactosa\\_1.html](https://buscapalabras.com.ar/sopa-de-letras-de-intolerancia-a-la-lactosa_1.html) a <https://buscapalabras.com.ar/sopa-de-letras-de-intolerancia-a-la-lactosa.html>, es decir, quitar la primera “a” de intolerancia y el “\_1” del final. En la sopa de letras (Anexo 5) los estudiantes de Bachillerato incluyeron palabras clave en el proyecto y que habían aparecido en la explicación del vídeo anterior, como son: intolerancia, ramader, llet, ramader, lactosa, vaques, diarrea, gelat, sucre, tisores, indigestión y gases.

Por último, para comprobar si realmente los alumnos del colegio habían aprendido los conocimientos que se les había transmitido, se realizó un cuestionario (Anexo 6) a través de la herramienta Kahoot! Para acceder a él simplemente tenían que poner en el buscador de Google “Kahoot” y entrar en la página web de Kahoot! Una vez ahí, solo tienen que insertar el código que les muestran el alumnado del instituto.

### **FASE IV – BIOGRAU 2021**

El jueves 20 de mayo de 2021 se celebra en la Sala Darwin de la Universitat de València el Congreso de estudiantes del Grado de Biología conocido como “BIOGRAU”.

En esta fase se presenta una muestra del trabajo realizado mediante una exposición de 10 minutos.

## 5. CONCLUSIONS

*Principals conclusions extretes per l'equip en el procés d'elaboració del projecte*

Conclusions dels alumnes: Los alumnos han acabado la experiencia muy contentos y afirman que la realización de estas actividades es una buena forma de despertar su interés e implicación para aprender conceptos relacionados con la salud y el bienestar de las personas. 

Conclusions de l'equip docent: Realizar este proyecto ha sido una oportunidad de aprendizaje y de integración entre diferentes niveles educativos muy enriquecedora.

## 6. VALORACIÓ DEL PROJECTE

El desarrollo de este proyecto ha sido una experiencia extraordinaria y muy enriquecedora. A nivel personal, el tener que hacer las exposiciones delante de los alumnos de Bachillerato me ha preparado un poco más para la exposición final de mi TFG, ya que tener que enfrentarme día a día a esos nervios y miedo escénico de si lo haré bien, les gustará el tema, lo entenderán... ha hecho que me sienta más segura de mí misma y que se note esa alegría a la hora de explicar los contenidos o de resolver dudas. También me he dado cuenta de la importancia de adaptar los temas primero, porque demuestra que realmente lo has comprendido, y segundo, para que lo entienda la mayoría de la población que realmente es lo que queremos, es divulgar, es dar a conocer un poco más temas que son tan comunes y cercanos para nosotros como la intolerancia a la lactosa, alergias al gluten... Y, en mi opinión, este objetivo se consigue con este tipo de proyectos, divulgando de formas de cercana y sencilla sin perder el rigor científico, se despierta ese "gusanillo" por la ciencia en los más pequeños. Por lo que la labor de estos proyectos junto con la experiencia de ferias científicas, aprender y divertirse van de la mano y pueden generar tal curiosidad niños y niñas que, incluso, en un futuro acaben dedicándose a la ciencia.

Por último, expresar mi agradecimiento a todas las personas que han participado en este proyecto y que han hecho que pudiera salir adelante y, en especial, a mi tutora por su apoyo incondicional.

## 7. IMATGES DEL DESENVOLUPAMENT DEL PROJECTE







## 8. EXPOSICIÓ DE LES DIFICULTATS PER DESENVOLUPAR EL PROJECTE

En general, una dificultad ocasionada por la situación actual de pandemia por la COVID-19 y a las consecuentes restricciones, es que se tuvieron que partir en dos los grupos de Bachillerato y de Primaria haciendo que las sesiones se tuvieran que hacer por duplicado y que, por tanto, los profesores perdiesen más clases para dar su temario.

Otro impedimento fue el presupuesto del trabajo con el que contábamos. Como consecuencia del coste de las tiras reactivas Inter y del ColiPrev, los alumnos únicamente pudieron trabajar durante el experimento con las muestras A y B de leche, utilizando 3 tiras por persona. Si no hubiese habido un límite de dinero, cada uno de ellos además de haber trabajado con las muestras de leche también podría haber hecho sus propios controles, lo que hubiese aumentado a un total de 6 tiras por persona. De esta forma podrían haber inferido ellos mismos si los resultados obtenidos tenían sentido con las distintas soluciones que habrían utilizado y llegarían a la conclusión de la utilidad de realizar controles en los experimentos.

Para los estudiantes de Bachillerato el hecho de tener que crear diferentes actividades informáticas les supuso un reto, ya que ninguno de ellos estaba tan familiarizado con el ámbito de la informática como para desarrollar su propio videojuego. Es por ello, por lo que optaron por herramientas más sencillas, pero a la vez muy útiles y acertadas como fueron un vídeo explicativo (Anexo 4), una sopa de letras online (Anexo 5) y un Kahoot (Anexo 6) 

Por último, otro obstáculo fue la conexión WiFi del colegio. El repetidor de la señal WiFi se encontraba en el interior del aula, mientras que los niños estaban en el patio, de modo que muchas veces no funcionaba bien la conexión y los alumnos no podían llevar el mismo ritmo en el desarrollo de las actividades.

## 9. BIBLIOGRAFIA

1. López, M. M. L. (2020). Project-based Learning Strategy: An Innovative Proposal for Local Education System. *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, 24(1), 1666–1681. <https://doi.org/10.37200/ijpr/v24i1/pr200267>
2. Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning. *Educational Psychologist*, 26(3–4), 369–398. <https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653139>
3. Gallach Vela, M. J., & Catalán Catalán, J. P. (2014). Aprendizaje Cooperativo en Primaria: Teoría, Práctica y Actividades Concretizadas. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 0(28). <https://doi.org/10.7203/dces.28.3810>
4. Santiago, R. (2017, 24 noviembre). ¿Qué es el “pensamiento de diseño”? The Flipped Classroom. <https://www.theflippedclassroom.es/que-es-el-pensamiento-de-diseno-infografico/>
5. Definition of Flipped Learning. (2019, 18 enero). Flipped Learning Network Hub. <https://flippedlearning.org/definition-of-flipped-learning/>
6. de Sousa Borges, S., Durelli, V. H. S., Reis, H. M., & Isotani, S. (2014). A systematic mapping on gamification applied to education. *Proceedings of the 29th Annual ACM Symposium on Applied Computing*. Published. <https://doi.org/10.1145/2554850.2554956>
7. Anguita-Ruiz, A.; Aguilera, C.M.; Gil, Á. (2020). Genetics of Lactose Intolerance: An Updated Review and Online Interactive World Maps of Phenotype and Genotype Frequencies. *Nutrients*, 12, 2689. <https://doi.org/10.3390/nu12092689>
8. Di Costanzo, M., & Berni Canani, R. (2018). Lactose Intolerance: Common Misunderstandings. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 73(Suppl. 4), 30–37. <https://doi.org/10.1159/000493669>
9. Misselwitz, B., Butter, M., Verbeke, K., & Fox, M. R. (2019). Update on lactose malabsorption and intolerance: pathogenesis, diagnosis and clinical management. *Gut*, 68(11), 2080–2091. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2019-318404>

## 10. ANEXOS

### Anexo 1. Base teórica de la Sesión 1 de la Fase II adaptada para Bachillerato

El Proyecto Natura engloba una serie de proyectos cuyo objetivo es fomentar las ciencias biológicas en etapas educativas preuniversitarias promoviendo metodologías como son el trabajo por proyectos, el aprendizaje-servicio y la interacción entre las diferentes etapas educativas durante su desarrollo.

La lactosa o azúcar de la leche es un carbohidrato que forma parte de la composición de la leche natural, tanto de la leche materna, como de la fórmula infantil. Se trata de un disacárido compuesto por dos moléculas de azúcares simples, glucosa y galactosa unidas mediante un enlace O-glucosídico, y su función principal es la de proporcionar energía para el organismo. En cuanto a su localización, este hidrato de carbono encuentra en cualquier derivado de los productos lácteos.

La intolerancia a la lactosa es la incapacidad de digerir la lactosa. Esto se debe a la ausencia o los niveles muy bajos de lactasa, una enzima que es un tipo de  $\beta$ -galactosidasa. La lactasa es producida en las microvellosidades del intestino delgado y su función es hidrolizar la lactosa descomponiéndola en glucosa y galactosa, azúcares que los humanos pueden absorber fácilmente y que más tarde serán utilizados como fuente de energía (Figura 4).

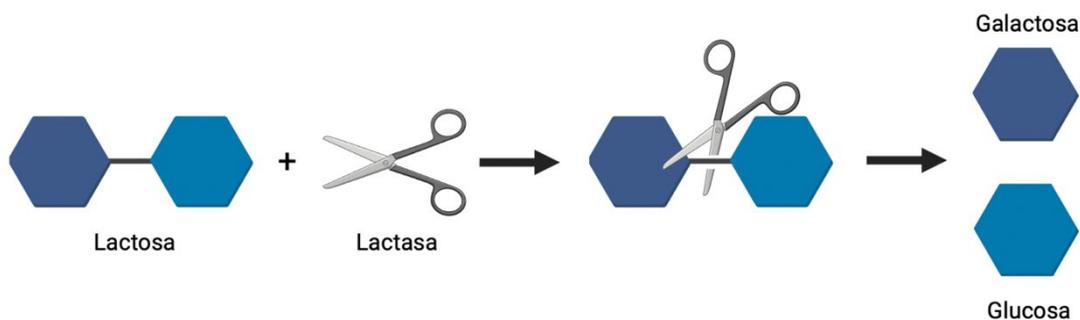


Figura 4. Mecanismo de acción de la enzima lactasa adaptado para alumnos de bachillerato. Creación propia elaborada con BioRender.

Sin embargo, cuando no hay suficiente lactasa, la consecuencia es clara, la lactosa se acumula a nivel del tracto digestivo. Esto permite que las bacterias de la flora intestinal como *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* la fermenten, produciendo ácido láctico y la liberación de gases como el hidrógeno, lo que puede causar dolor abdominal. Además, la alta concentración de lactosa puede provocar que se drene agua al lumen intestinal, generando así retención de líquidos, lo cual puede provocar diarreas. Por tanto, los síntomas de intolerancia son dolor y distensión abdominal, diarrea y flatulencias.

De forma muy general, un gen se trata de una secuencia nucleotídica y se localiza en los cromosomas. El gen se transcribe y da una molécula de mRNA (RNA mensajero), éste se traduce y ya tenemos una proteína. En resumen, un gen codifica una proteína. Añadiéndole un nivel más de complejidad, los genes están controlados por moléculas reguladoras, las cuales pueden ser represoras si hacen que el gen no se exprese y, por tanto, no se forme la proteína, o pueden ser activadoras, de modo que activan la expresión del gen y sí hay proteína. Por otra parte, un mismo gen puede tener pequeños cambios en su secuencia, por ejemplo, pueden tener diferente un único nucleótido. A estas variaciones de un solo nucleótido (con una frecuencia mayor al 1%) en la secuencia se las conocen como polimorfismos o SNP y se tratan de variantes génicas que van a permitir que se unan moléculas reguladoras distintas, ya sean represoras o activadoras, y van a dar lugar a diferentes proteínas.

Bien, dentro de la intolerancia de la lactosa, a nivel mundial, aproximadamente 2/3 de la población es intolerante, lo que también se conoce como lactasa no persistente (LNP). Estas personas disminuyen drásticamente los niveles de lactasa tras el destete (cuando dejan de mamar). Solo 1/3 de la población es lactasa persistente (LP) y, por tanto, pueden digerir la lactosa durante la edad adulta. Ante esta situación

surge la pregunta de qué tienen de diferente a nivel genético las personas LP y LNP. Para averiguarlo, se estudió el gen que codifica para la lactasa, el gen LCT, el cual se encuentra en el brazo largo del cromosoma 2 (2q21). Sin embargo, no se encontraron diferencias en dicho gen, pero sí se observó que los reguladores que se unían a éste eran diferentes, modificando positiva o negativamente su expresión. De modo que esto daba lugar a 3 situaciones distintas (Figura 5):

- **Lactancia infantil:** situación en la que los reguladores positivos activan al promotor del gen LCT, de modo que hay expresión del gen y como consecuencia de la proteína.
- **Lactasa no persistente (LNP):** tras la lactancia, se puede dar una condición en la que se unen represores al promotor y regulan negativamente la expresión del gen LCT y, además, hay mecanismos epigenéticos que son cambios en la expresión del gen, pero sin cambiar la secuencia de nucleótidos, por ejemplo, la metilación del DNA; que también regulan de forma negativa la expresión del gen que codifica la lactasa. Por tanto, como consecuencia de la menor expresión génica, disminuyen los niveles de lactasa.
- **Lactasa persistente (LP):** se trata de un rasgo genético que sigue un patrón de herencia dominante y que involucra mutaciones en el gen MCM6, que es un regulador positivo del gen LCT. Las mutaciones en este regulador dan lugar a SNPs que crean nuevos sitios de unión para otros reguladores positivos específicos. De modo que esta regulación positiva extra va a hacer que finalmente se sigan produciendo altos niveles de enzima lactasa.

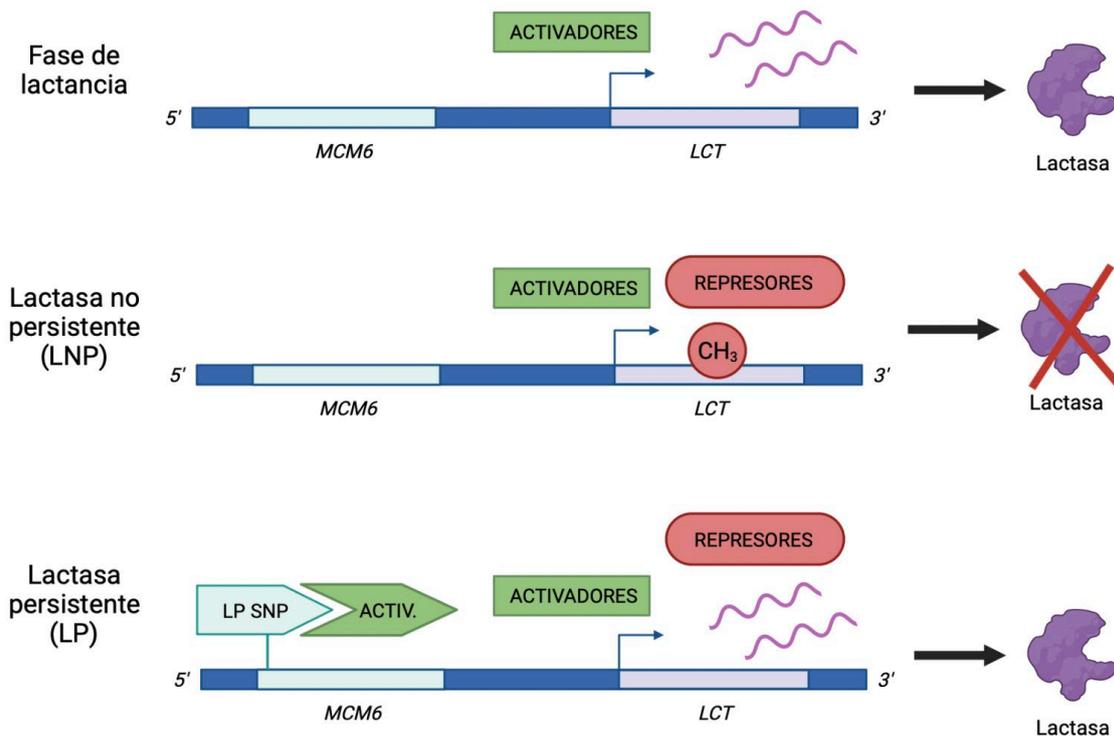


Figura 5. Adaptación de los mecanismos de regulación de la expresión del gen LCT. Creación propia elaborada con BioRender.

En conclusión, ser o no lactasa persistente depende de los SNPs presentes en el regulador MCM6, de mecanismos epigenéticos y de factores transcripcionales, que es como realmente se llaman los reguladores positivos o negativos.

En cuanto a los mecanismos evolutivos que determinan que las frecuencias de personas intolerantes a la lactosa sean diferentes en las distintas poblaciones del mundo, la hipótesis más aceptada es la de la selección natural. Ésta ha tenido un papel fundamental en la determinación de las frecuencias actuales de lactasa persistente en diferentes comunidades humanas desde el desarrollo de la domesticación del ganado. Ya que se ha visto una fuerte correlación entre presentar los SNP asociados a la persistencia de la lactasa

y que estas personas sean procedentes de poblaciones cuya ascendencia era pastoril, es decir, que incluían en su dieta la lechería como medio de subsistencia.

Además, se sabe que la evolución de la lactasa fue impulsada por beber leche, es decir, el consumo de los lácteos impulsó la propagación de las mutaciones de la lactasa persistente. Como las mutaciones surgen al azar, si antes de que los humanos tuvieran animales lecheros surgió una mutación que mantuvo la producción de lactasa, ésta se podría haber desvanecido de la población, ya que sin la presencia de la leche no aportaba ninguna ventaja. En cambio, si esa mutación existió cuando se comenzó a usar lácteos, podría haber aumentado su frecuencia en la población porque en ese momento la persistencia de la lactasa sí ofrecía una ventaja selectiva. Por ejemplo, en una situación hipotética de hambruna extrema y en la que la única fuente de alimentación posible es la leche, las personas LNP seguramente mueran debido a que la deshidratación por la diarrea causada en la intolerancia a la lactosa en una situación de inanición es muy grave. Sin embargo, si son personas LP, al tener suficiente actividad lactasa van a digerir la lactosa sin ningún problema y sobrevivirán, lo que conlleva que se fije la mutación asociada a ser LP y aumente su frecuencia en la población.

Existe un total de 23 mutaciones asociadas a LP en el regulador MCM6, las cuales son diferentes en distintas poblaciones y surgieron durante el mismo periodo, pero de forma independiente. Por ello, la persistencia de la lactasa un claro ejemplo de evolución reguladora convergente, es decir, desde diferentes puntos de partida, distintas mutaciones, se llega al mismo final, fenotipo LP, y además de un gran modelo de coevolución entre genes y culturas.

## **Anexo 2. Base teórica de la Sesión 2 de la Fase II adaptada para Bachillerato**

La leche con lactosa, al no tener estar descompuesta en los monosacáridos glucosa y galactosa, dará un resultado negativo en la detección con la tira reactiva, quedándose ésta del mismo color que en un inicio (azul). Sin embargo, la leche sin lactosa, al haber sido tratada a nivel industrial con el enzima, no contiene lactosa, sino directamente los monosacáridos libres que la componen. De modo que cuando se introduce la tira en la muestra de leche sin lactosa habrá detección de glucosa, es decir, habrá cambio de color y, por tanto, un resultado positivo.

Tras la adición del ColiPrev a la muestra A (leche con lactosa), el color de la tira vira a marrón, lo que implica que hay glucosa en la muestra resultante. Pero para dilucidar si el ColiPrev contiene glucosa o lactasa, que son las dos opciones plausibles ante ese resultado, se tiene en cuenta el control negativo realizado inicialmente con ColiPrev. Por lo que se confirma que este compuesto no contiene glucosa, sino el enzima lactasa.

## **Anexo 3. Base teórica de la Sesión 3 de la Fase II adaptada para Bachillerato**

Por un lado, la discusión de resultados se puede resumir en:

- Control positivo con glucosa al 2%: se trata de una disolución con una concentración muy elevada de glucosa por lo que si la tira reactiva virar de color, funciona bien.
- Control negativo con agua: en el agua no hay glucosa, por tanto, no hay cambio de color y el resultado es negativo.
- Control negativo con ColiPrev: se hace para asegurar que la solución no contiene glucosa y, por tanto, no hay cambio de color debido a una reacción inespecífica.

Muestra A: se trata de leche con lactosa por lo que al no estar hidrolizada no habrá glucosa y la reacción será negativa.

- Muestra B: se trata de leche sin lactosa por lo que, al estar hidrolizada industrialmente, ya tiene los monosacáridos glucosa y galactosa en disolución de modo que la reacción es positiva y vira el color de la tira reactiva.
- Muestra A más ColiPrev: cuando a la leche con lactosa se le añade el ColiPrev hay una reacción positiva virando el color de la tira reactiva. De modo que, como el compuesto se ha visto previamente

con el control que no contiene glucosa, la lactosa de la muestra ha tenido que ser hidrolizada en glucosa y galactosa. Por lo que en realidad el ColiPrev se trata de una solución que contiene lactasa.

ColiPrev es un suplemento alimenticio que contiene lactasa en solución. Es un complemento destinado a bebés que los ayuda a digerir la lactosa de la leche materna o fórmula infantil sin reemplazar la funcionalidad de su sistema enzimático. En las primeras fases de la vida hay un gran número de bebés y niños que pueden presentar síndrome de malabsorción parcial de lactosa debido a la inmadurez del sistema enzimático. Son bebés que producen lactasa, pero no en cantidades suficientes, por lo que un suplemento con lactasa actuará simultáneamente con la endógena del niño y no desencadenará los síntomas característicos de la intolerancia a la lactosa.

Por otro lado, el objetivo de ver el vídeo “The Making of the Fittest: Got Lactase? The Co-evolution of Genes and Culture” (<https://www.biointeractive.org/classroom-resources/making-fittest-got-lactase-coevolution-genes-and-culture>) es hacer una recopilación de todos los conceptos tratados en las sesiones anteriores para afianzar aún más los conocimientos y, además, profundizar en algunas otras curiosidades acerca del tema de la intolerancia a la lactosa. Por ejemplo, cómo hacer un diagnóstico o ver la correlación entre la tolerancia a la lactosa y la presencia de leche en vasijas de barro a lo largo de la historia.

**Anexo 4. Enlace del vídeo realizado por los alumnos de 1º de Bachillerato para la explicación teórica al alumnado de 6º de Primaria**

<https://www.youtube.com/watch?v=FsRM8VrejIj>

**Anexo 5. Enlace de la sopa de letras realizada por los alumnos de 1º de Bachillerato para el alumnado de 6º de Primaria**

<https://buscapalabras.com.ar/sopa-de-letras-de-intolerancia-a-la-lactosa.html>

**Anexo 6. Preguntas del Kahoot “LACTOSA” llevado a cabo por los alumnos de 1º de Bachillerato para al alumnado de 6º de Primaria**

És el mateix l'al·lèrgia a la llet que la intolerància a la lactosa?

80



▲ Si es el mateix

◆ NO es el mateix

● Depen del llet que sigues al·lèrgic

Com s'anomenen les "tisores" que tallen la lactosa?

80



Enzim

Encimera

Ensaimada

ADN

Quins aliments no pot prendre un intolerant?

80



Pasta

Llet

Tomata

Peix

## Quins símptomes hi ha al prendre llet?

80

 Mal de cap Tos Mal de panxa

## La intolerància a la lactosa es pot tractar...

80

 Fals Verdader

Quina beguda poden beure els intolerants?

80



▲ Llet d'ametla

◆ Llet de cabra

● Llet desnatada

■ Llet d'anec

Si uns pares són intolerants a la lactosa els fills també ho serán?

80



▲ NO

◆ SI

### Quin percentatge són intolerants a la lactosa?

80

Percentage of People Affected by Lactose Intolerance

Dos terços  
 Ningú  
 Tots  
 Meitat

### On hi ha més gent tolerant a la lactosa?

80

Nord Europa  
 Àsia  
 Austràlia  
 Amèrica

És bo donar llet a un gat adult...

80



▲ Verdader

◆ Fals