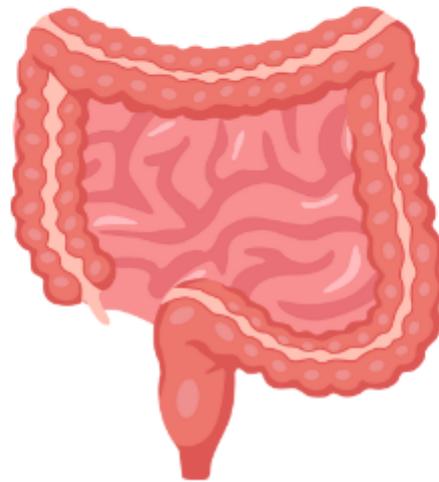


# PROYECTO NATURA

## EL MICROBIOMA HUMANO: ¿ALIADO O ADVERSARIO?



### **Curso 2023-2024**

Este Proyecto Natura consiste en desvelar algunos de los secretos que se encuentran en el microbioma humano. Mediante una serie de planteamiento de problemas y experiencias prácticas a los estudiantes de primero de bachillerato y de sexto de primaria, se observará la diversidad microbiana que abunda en las distintas microbiotas del cuerpo, además de estudiar los niveles de complejidad e interacción que ostenta y como nosotros podemos cuidar y mejorar su calidad.

**1. EQUIPO PARTICIPANTE**

ÀREA TEMÀTICA: Biotecnologia, microbiologia, biomedicina, medicina, bioquímica, genòmica y nutrición					
Títol del projecte: El impacto del microbioma en la salud humana					
	Nom i Cognoms	Centre	Localitat	Telèfon de contacte	Correu electrònic
Alumne/a UVEG	Haya Elfarra Radwan	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Professor/a de la UVEG	María Jesús García Murria	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Professor/a de secundària	Yasmina Pérez Sánchez	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Mestre/a de Primària	Laura Salvador Castro	[REDACTED]	[REDACTED]		

Participaron 26 estudiantes de 1º de Bachillerato, cursando la asignatura de **“Biología, Geología y Ciencias Naturales”**:

Laura Solera	Abigail Acevedo	Adam Montalt
Mireia Barrios	Dayana Cardona	Roser Pardo
Amelia Ricardo	Alison Justiniano	Jose Cabo
Carolina Loachamin	Nacho Cardo	Yamira Gimeno
Alex Martinez	Honorato Ortega	Pablo Banacloche
Rubén López	Diego Llana	Julián Sánchez
Iñaki Madrid	Álvaro Zapata	Adriana Castelló
Miriam Sanchis		María Abril

También participaron 37 alumnos de sexto de primaria.

PROJECTE INTERDEPARTAMENTAL SI/NO: NO

DEPARTAMENTOS QUE INTERVIENEN: Departamento de Biología

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 TEMA EN EL CUAL SE ENMARCA EL PROYECTO:**

El tema en el cual se enmarca este proyecto es el **microbioma humano**, y los distintos papeles que juega en nuestro cuerpo. La educación sobre el microbioma es importante para arrojar luz sobre el potencial que tiene este campo en la investigación, para entender su composición y complejidad además de su asociación con nosotros. Se pretende mostrar cómo esta área de la ciencia proporciona información valiosa respecto al diagnóstico de una variedad de enfermedades y el desarrollo de distintas terapias en un futuro próximo.

### **BLOQUE TEMÁTICO DE PRIMARIA Y BACHILLERATO:**

Este proyecto se desarrolla en el marco normativo de la LOMLOE. Para primaria se consideran algunas de las competencias y bloques específicos del área de Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural. En cuanto a Bachillerato, siguiendo el currículo de la asignatura de Biología, Geología y Ciencias Ambientales de la Generalitat Valenciana, se ha escogido un tema que estuviera asociado a algunos de los bloques del temario.

#### **3.1. Bloque A. Trabajo Científico**

- Se han identificado preguntas y se plantearon problemas relacionados con el microbioma humano que podrían responderse mediante investigación. Se formularon hipótesis sobre la influencia del microbioma en la salud humana y se contrastaron mediante experimentos y análisis de datos. Los resultados obtenidos se comunicaron de manera clara y precisa.
- Se utilizaron herramientas y técnicas propias de la Biología y las Ciencias Ambientales para llevar a cabo la investigación. Esto incluyó el manejo de instrumentos de laboratorio, la preparación de muestras, la realización de cultivos bacterianos y la interpretación de resultados.

#### **3.6. Bloque F. Los seres vivos: composición y estructura**

- El microbioma humano es un ejemplo de la complejidad y diversidad de los seres vivos. Se compone de una amplia variedad de microorganismos que interactúan entre sí y con el huésped humano en diferentes niveles de organización.

#### **3.9. Bloque I. Los microorganismos y formas acelulares**

- Se estudia cómo ciertos microorganismos pueden causar enfermedades infecciosas en los seres humanos. Se examina la relación entre el microbioma humano y la salud, así como el papel de los microorganismos patógenos en la enfermedad.

- El estudio del microbioma humano implica la comprensión de la diversidad de microorganismos presentes en el cuerpo humano, incluidas bacterias, virus, hongos y otros microorganismos. Se exploran las diferentes formas acelulares y se clasifican los microorganismos de acuerdo con su función.
- Se aborda la problemática de la resistencia a los antibióticos, un tema relevante en el contexto del microbioma humano y su interacción con los tratamientos médicos. Se discute cómo el uso excesivo e inadecuado de antibióticos puede contribuir al desarrollo de resistencia bacteriana.
- Se explora la importancia de los microorganismos en la industria y la biotecnología ambiental, incluidos los procesos industriales y la ingeniería genética. Se analiza cómo los microorganismos pueden utilizarse en la producción de alimentos, medicamentos, biocombustibles y en la biorremediación de contaminantes ambientales.

## 2.2 CONCEPTO A TRANSMITIR:

**Idea Principal:** Entender que el microbioma es el conjunto de todos los microorganismos (junto con su material genético y otras variables) que viven en un hábitat definido y que puede contener varias microbiotas en las que habitan las distintas comunidades. Estas comunidades están formadas por una variedad de microorganismos como las levaduras, bacterias y los virus. Sin embargo, investigaciones recientes de este campo tan extenso han mostrado que lo que sabemos hasta ahora es solo la punta del iceberg de lo que realmente engloba este micromundo tan amplio y profundo.

**Palabras Clave:** Microorganismos, salud, microbioma, diversidad, equilibrio, probióticos y disbiosis

## 2.3 OBJETIVOS:

### PRIMARIA:

Objetivos didácticos:

- Entender los conceptos de microbioma y la microbiota además de su importancia
- Despertar la curiosidad por el aprendizaje y fomentar la reflexión científica
- Promover el pensamiento crítico mediante juegos competitivos

Objetivos científicos:

- Conocer algunos de los distintos microorganismos que habitan en nuestro cuerpo (relacionado al bloque 1.2 - G1 “La vida en nuestro planeta” del currículo)

- Entender que un desequilibrio (disbiosis) del microbioma y las microbiotas puede causar problemas en la salud (relacionado al bloque 1.2 - G4 “El cuerpo humano”)
- Aprender a mejorar hábitos en nuestro estilo de vida que puedan fortalecer nuestro microbioma como puede ser la dieta y el higiene (relacionado al bloque 1.2 - G4 “El cuerpo humano”)

## **BACHILLERATO:**

### Objetivos didácticos:

- Entender la importancia del microbioma en la salud humana
- Familiarizarse con conceptos básicos de microbiología y biotecnología
- Fomentar el pensamiento crítico y la capacidad de análisis mediante la interpretación de resultados experimentales
- Promover el trabajo en equipo y la colaboración en la resolución de problemas científicos

### Objetivos científicos:

- Investigar la diversidad y composición del microbioma en diferentes partes del cuerpo humano
- Explorar cómo factores intrínsecos y extrínsecos pueden modular la actividad y composición del microbioma
- Evaluar el impacto de los probióticos, antibióticos y otros tratamientos sobre el microbioma
- Analizar la relación entre el microbioma y la salud del huésped, así como su papel en el desarrollo y prevención de enfermedades
- Conocer las distintas terapias asociadas al microbioma, y el futuro que tiene en la investigación médica

## **2.4 COMPETENCIAS BÁSICAS**

- Competencia básica en la ciencia, salud y tecnología
- Competencia en comunicación
- Manejo de información y pensamiento crítico
- Trabajo en equipo

### **3. MATERIALES Y METODOLOGÍA**

#### **Materiales:**

##### Sesión 1

- DIAPOSITIVAS DE LA PRESENTACIÓN 1 ([Anexo 1](#)):

¿Qué es el Proyecto Natura? e Introducción al microbioma

- EXPERIMENTO 1:

##### SIMULACIÓN DEL MICROBIOMA HUMANO

- Placas de Petri con Agar Luria Bertani (LB)
  - Bastoncillos de algodón
  - Guantes
  - Alcohol etílico 96°
  - Pasta y cepillo de dientes
  - Jabón de manos
- 
- GUÍA DE LABORATORIO PARA PRÁCTICA 1 ([Anexo 2](#))
  - KAHOOT 1 ([Anexo 3](#))

##### Sesión 2

- DIAPOSITIVAS DE LA PRESENTACIÓN 2 ([Anexo 4](#)):

El microbioma revelado: ¿Qué o quién lo modula?

- EXPERIMENTO 2:

##### EL EFECTO DE DIFERENTES ESTRESSES SOBRE LA BACTERIA *ESCHERICHIA COLI*

- Cultivo de *Escherichia Coli* en placa
- Placa calefactora
- Báscula
- Vasos de precipitado
- Cucharas
- Reactivos para elaborar medio de cultivo agar LB: agua estéril, NaCl, triptona, agar y extracto de levadura
- Hisopos esteriles

- Placas Petri vacías
- Mecheros Bunsen
- Matraces de 500 ml
- Solución de ampicilina 50 ug/ml (u otro antibiótico)
- Parafilm

- GUÍA DE LABORATORIO PARA PRÁCTICA 2 ([Anexo 5](#))

### Sesión 3

- DIAPOSITIVAS DE LA PRESENTACIÓN 3 ([Anexo 6](#)):

Enfermedades, terapias y un futuro innovador

- DIAPOSITIVAS DE LA ACTIVIDAD 1 ([Anexo 6](#)):

GUESS WHO: MicroMystery

- Ordenadores portátiles

### Sesión 4

- EXPERIMENTO 3:

ELABORACIÓN DE UN YOGUR CASERO

- 2 botellas de leche fresca (2 L)
- Yogur natural (cultivo inicial)
- Olla o cazo
- Placa calefactora
- Termómetro
- Tarros de plástico o vidrio con tapa hermética
- Bayetas

- GUÍA DE LABORATORIO PARA PRÁCTICA 3 ([Anexo 7](#))
- ACTIVIDAD 2 ([Anexo 8](#)):

## PASAPALABRA

- Rosco impreso de pasapalabra con respuestas
- Bolsa de chuches
- Bote

### Sesión 5

- ACTIVIDAD 3:

## DEBATE CIENTÍFICO

- Preguntas a defender previamente escritas en papeles doblados

### Sesión 6

## EVALUACIÓN Y LLUVIA DE IDEAS

- Fichas de evaluación previamente preparadas ([Anexo 9](#))
  - Pizarra y tizas
- KAHOOT 2 ([Anexo 10](#))

### Sesión 7

- Pizarra y tizas
- Papel y bolígrafo

### Sesión primaria

- ACTIVIDAD PASAPALABRA
- Pelota

### Experiencia

- FOLLETOS DE INFORMACIÓN ([Anexo 11](#))
- ACTIVIDAD:

## DISEÑA A TU MONSTRUO MICROBIANO

- Bloques de plastilina (morado, amarillo, naranja, blanco, negro, verde y rosa)

- ACTIVIDAD:

### IDENTIFICA AL PROBIÓTICO

- Yogur, pepinillos, kéfir y perlas de mozzarella
- Pañuelo (para tapar los ojos)
- Ficha de preguntas ([Anexo 12](#))
- Imágenes de probióticos ([Anexo 13](#))
- Ficha de respuestas ([Anexo 14](#))
- Tenedores, vasos pequeños y cucharas de plástico

- ACTIVIDAD:

### OBSERVA A LOS MICROORGANISMOS

- Lámpara con lupa
- Placas Petri con medio LB y muestras (recogidas de: boca, oreja, móvil, ombligo, manos, pepinillos y yogur)

### Metodología:

Se han empleado diversas metodologías a lo largo del proyecto, con el fin de que sea dinámico, interactivo y a su vez entretenido. En primer lugar, cabe destacar que el proyecto en su totalidad, emplea la **Metodología Aprendizaje Servicio** (ApS), la cual está basada en la enseñanza de temas de ciencias naturales a distintas etapas educativas con el fin de enriquecer el conocimiento de todas ellas. Se fundamenta en otorgar a los distintos grupos educativos y a la persona responsable de la creación del proyecto, una forma “alternativa” al aprendizaje tradicional con el objetivo de ampliar las perspectivas de la educación.

Respecto a las metodologías empleadas en bachillerato:

- Se han transmitido algunos de los conceptos teóricos mediante **clases magistrales** participativas, a través de unas **diapositivas**<sup>1-25</sup> llamativas y empleadas en las primeras 3 sesiones con el objetivo de que el alumnado de bachiller recibiese una

pequeña formación sobre el tema del proyecto a priori, y de un modo que captase su atención.

- También se han puesto en **práctica** algunas de las ideas enseñadas en la teoría a través de **experimentos**<sup>26-32</sup> para que los alumnos aprendiesen a manejar y conocer algunas de las herramientas utilizadas en un laboratorio de investigación, pero que a su vez, puedan recrear en casa. Esta metodología se ha implementado varias veces a lo largo del proyecto por la oportunidad empírica que otorga a los alumnos, y por la claridad que muestra en relación a los conceptos teóricos. Durante este proceso, los alumnos comienzan leyendo el protocolo de la práctica y anotando una hipótesis en función del contexto de la práctica para promover un pensamiento crítico e individual. Seguidamente, llevan a cabo los experimentos e incorporan los controles necesarios para comprobar la validez de este. Finalmente, se analizaron y razonaron los resultados obtenidos para extraer unas conclusiones fundamentadas en la teoría explicada y **autoevaluar** la precisión de las hipótesis iniciales.
- El **aprendizaje cooperativo** se ha fomentado a través de distintas actividades grupales o en parejas cómo la actividad de Guess Who: Micro-Mystery, en las que se requiere un esfuerzo en equipo para conseguir un determinado objetivo común y que a su vez, permiten un mayor nivel de comprensión de la teoría explicada.
- Se ha incorporado la **gamificación** a través de Kahoots y un pasapalabra de manera que los elementos lúdicos, como puntos, niveles y recompensas, hacen que las actividades sean más atractivas y emocionantes y por ende esto motiva más a los participantes a comprometerse en la actividad educativa.
- El **aprendizaje basado en problemas** se ha implementado a través de la resolución de experiencias prácticas o la búsqueda de las soluciones a los temas propuestos en el debate científico y en la lluvia de ideas para la actividad que se llevó a cabo junto con los alumnos de primaria.

A pesar de qué algunos de los términos y definiciones hayan podido generar una sensación foránea para los alumnos y alumnas de bachiller, se han relacionado con distintas áreas del temario enseñado durante el curso académico y explicado de forma más exhaustiva a lo largo de las sesiones para asegurar que el conocimiento transmitido fuese sustancial.

Las metodologías empleadas en primaria:

- Se aplicó de nuevo la metodología del **trabajo cooperativo** mediante la división en grupos pequeños para favorecer la interacción y participación de los estudiantes, permitiendo un enfoque más personalizado en las actividades.
- Se empleó una metodología basada en el **aprendizaje activo y experiencial**, donde los estudiantes tuvieron que aplicar sus conocimientos científicos en una

actividad física (carrera de relevos), promoviendo el trabajo en equipo y la competencia amistosa.

- Se utilizó una **metodología lúdica y participativa** mediante la adaptación de un juego popular (pasapalabra), lo que permitió que los estudiantes estuviesen entusiasmados mientras adquirían nuevos conocimientos sobre el tema del microbioma.
- Se integró una estrategia de **refuerzo positivo** mediante la entrega de recompensas, lo que incentivó la participación activa y el compromiso de los estudiantes con las actividades propuestas.

### **Lugar y/o requerimientos de espacio**

Bachillerato: Todas las sesiones con excepción a la 6 y 8, se llevaron a cabo en un laboratorio de ciencias naturales en el propio instituto cuya capacidad es de aproximadamente 30 personas, y que incluye un proyector y un ordenador con internet para presentar las diapositivas<sup>1-25</sup> de la teoría y algunas de las actividades. Esta misma aula también viene equipada con materiales de laboratorio básicos. La sesión 6 se realizó en el aula de usos múltiples y base del grupo PR4, dónde se dispone de un proyector, ordenador con internet, una pizarra y rotuladores además de 4 mesas grandes que se adecuan al trabajo en grupo. La sesión 8 se llevó a cabo en el patio grande del instituto.

Primaria: La actividad se llevó a cabo en el patio grande del instituto.

## **4. DESCRIPCIÓN DETALLADA**

### **4.1 FASES DEL PROYECTO**

**FASE 1 OCTUBRE-ENERO:** Proposición del tema para el Proyecto Natura, estudio exhaustivo sobre los conceptos a introducir y evolución de las ideas presentadas a bachillerato.

**FASE 2 FEBRERO-MARZO:** Desarrollo del proyecto en las sesiones de bachillerato.

**FASE 3 ABRIL-MAYO:** Elaboración y presentación del producto final obtenido en bachillerato, a los alumnos de primaria.

**FASE 4 MAYO:** Redacción de la memoria del proyecto, y preparación para su exposición en la feria de Proyectos Natura: Expociencia.

## 4.2 FASE 1

En esta primera fase, el objetivo fue realizar una formación personal exhaustiva sobre el tema en cuestión para posteriormente simplificarlo y compaginarlo adecuadamente al currículo de la asignatura. Para ello, se hizo una búsqueda y un estudio detallado de la bibliografía más actualizada sobre el microbioma humano y todo lo que sabemos de él hasta ahora.

## 4.3 FASE 2

La segunda fase del proyecto corresponde a 6 sesiones de desarrollo del proyecto en el instituto (IES Enrique Tierno Galván) junto con los alumnos de 1º de bachillerato.

En la Figura 1 se observa el cronograma que se ha seguido a lo largo de las sesiones (para observar con ampliación acuda al [Anexo 15](#)).

JUEVES 22 FEB	JUEVES 29 FEB	VIERNES 1 MAR	MIÉRCOLES 6 MAR	JUEVES 7 MAR	VIERNES 22 MAR	MARTES 30 ABR	JUEVES 2 MAY
¿Qué es el Proyecto Natura?	El microbioma revelado ¿Qué o Quién lo modula?	Enfermedades, terapias y un futuro innovador	EXPERIMENTO 3: Elaboración de un yogur casero	Análisis de resultados del Experimento 3	Kahoot!	Desarrollo de actividad para primaria	Ensayo de la actividad para primaria
Introducción al Microbioma + Kahoot!	Observación de resultados del Experimento 1	Finalización del Experimento 2	ACTIVIDAD 2: Microbiome WordQuest	Análisis de resultados del Experimento 2	Ficha de evaluación	División de trabajo y asignación de roles	-
EXPERIMENTO 1: Simulación del microbioma humano	EXPERIMENTO 2: El efecto de distintos estreses en E.Coli	ACTIVIDAD 1: Guess Who: Micro-Mystery	Análisis de resultados del Experimento 1	ACTIVIDAD 3: Debate Científico	Lluvia de ideas para sesión de primaria	Registro de preguntas y respuestas de la actividad	-

**Figura 1.** Cronograma de sesiones llevadas a cabo en bachillerato

### Sesión 1

Objetivos:

- Breve introducción personal y sobre el Proyecto Natura
- Introducción al microbioma humano
- Realización del Experimento 1: Simulación del microbioma humano.

- Realización de un Kahoot!

En primer lugar, la Sesión 1 comenzó con una presentación<sup>1-25</sup> (**Anexo 1**) en la cual se realiza una breve introducción personal, destacando mi actual matriculación en el grado de Biotecnología en la Universitat de Valencia y las diversas oportunidades profesionales que ofrece esta disciplina. Seguidamente, se explicó el fundamento del Proyecto Natura y cómo se emplea la metodología del aprendizaje servicio (ApS).

En esta misma presentación, se introdujeron los conceptos básicos del microbioma, comenzando con una definición en la cual se buscaba la precisión sobre su significado y se resaltaba la distinción entre el microbioma y la microbiota. También se comentó la composición y función de los distintos microorganismos y entidades que forman parte del microbioma, resaltando el hecho de que cada individuo posee un microbioma diferente y único para su ser. Además se profundizó en el concepto de la simbiosis y los distintos tipos de relación que se pueden establecer entre un huésped y un anfitrión, destacando el mutualismo (mayoritario) que existe entre los humanos y el microbioma.

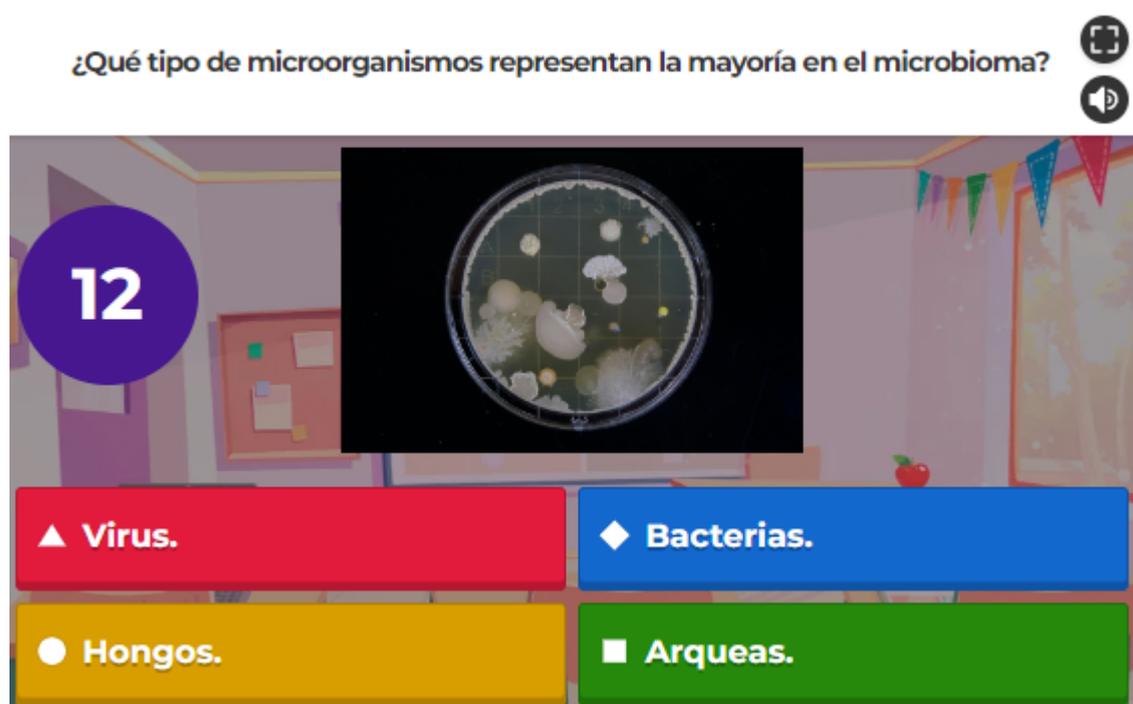
Posteriormente, se explicó en detalle el Experimento 1, que consistía en la simulación del microbioma cutáneo o bucal en placas de Petri con agar LB. En primer lugar se distribuyeron los alumnos en parejas y se repartieron las guías de laboratorio (**Anexo 2**) junto con el material necesario. Para este experimento, cada alumno simplemente debía de tomar una muestra de su boca o piel (mano, orejas, nariz...) con un bastoncillo de algodón, y restregar la muestra ligeramente por encima del agar situado en la placa de Petri. El agar LB es un medio general que contiene todos los nutrientes necesarios para el crecimiento de bacterias, sin embargo, se pueden usar otros medios que se adapten a los recursos de un aula u otros casos dónde no haya disponibilidad de los reactivos que componen el medio LB, cómo podría ser el agar-agar y una mezcla de gelatina y azúcar (fácilmente localizados en los supermercados).

Para este mismo experimento, cabe destacar que se realizó un control negativo, en el cual un alumno se colocó unos guantes de nitrilo que restregó con alcohol 96° para posteriormente tomar una muestra y aplicarla sobre el agar, con el fin de demostrar que no habrá crecimiento de microorganismos en esa placa. Por otro lado, se hicieron otras dos pruebas con dos alumnas para demostrar el efecto que tiene el higiene sobre el crecimiento de microorganismos, en las cuales una de las alumnas toma una muestra antes y tras lavarse las manos con agua y jabón, mientras que la otra alumna toma una muestra antes y tras lavarse los dientes con un cepillo y pasta de dientes.

Posteriormente, los estudiantes envolvieron los bordes de todas las placas con parafilm para evitar la contaminación de las placas con sustancias y/o microorganismos indeseados. También anotaron sus iniciales en la parte inferior de la placa con un rotulador permanente para que pudiesen reconocer sus muestras y se dejaron sobre una

mesa boca abajo (para evitar la caída de la condensación sobre las muestras) a temperatura ambiente para que crecieran las bacterias a lo largo de las sesiones.

Finalmente, se realizó un Kahoot! ([Anexo 3](#)) para evaluar lo que se aprendió durante esta primera sesión. Esta herramienta sirvió para examinar a los alumnos de manera entretenida y rápida, y además proporcionaba los datos necesarios para deducir la eficacia de la sesión respecto a la transmisión de información. En la Figura 2 se puede observar el formato y tipo de preguntas empleadas en el Kahoot.



**Figura 2** Formato y tipo de preguntas en el Kahoot 1 (para ver todas las preguntas acuda al [Anexo 3](#))

## Sesión 2

Objetivos:

- Explicación sobre los factores intrínsecos y extrínsecos que pueden influir en la actividad y composición del microbioma
- Observación de los resultados del Experimento 1: Simulación del microbioma humano.
- Realizar la primera parte del Experimento 2: El efecto de diferentes estreses sobre *E.Coli*.

En la segunda sesión, se comenzó de nuevo con unas diapositivas<sup>1-25</sup> ([Anexo 4](#)) para comentar algunos de los factores que pueden modular la actividad y composición del

microbioma. También se enfatizó el hecho de que una alteración en el microbioma debida a estos factores, puede generar una disbiosis, lo cuál supone un desequilibrio en su constitución y dinámica general que puede ser la causa de diversas enfermedades. Se comentaron algunos de los factores intrínsecos y extrínsecos que pueden alterar el microbioma directa o indirectamente y se expresó una especial mención sobre el uso de antibióticos, sus beneficios, y la responsabilidad que conlleva su uso para evitar el incremento de bacterias resistentes a estos medicamentos.

A continuación, en estas mismas diapositivas se explicó la idea del Experimento 2<sup>26-32</sup> que se llevó a cabo en 2 sesiones, y trataba sobre la observación del efecto de distintos estreses sobre la conocida bacteria *Escherichia Coli*. En esta práctica se emplearon distintas metodologías de laboratorio. Se dividió la clase en 4 grupos distintos en función de las distintas condiciones a las que posteriormente se iba a someter la bacteria. Las 4 variables en cuestión fueron las siguientes:

1. Cultivo sometido a elevada temperatura
2. Presencia de antibiótico
3. Falta de nutrientes
4. Condiciones normales (grupo control)

Se repartieron las guías de laboratorio (**Anexo 5**) en las que se explicaba en detalle el protocolo que debería seguir cada grupo según la condición de estrés. Antes de comenzar con la parte experimental, se les comunicó a los estudiantes que debían anotar una hipótesis para expresar su teoría sobre lo que ocurriría respecto al crecimiento de *E.Coli* en cada condición.

Concretamente en esta sesión, se elaboró el medio de cultivo en el cual crecerán las bacterias. Cada grupo pesó las cantidades necesarias de los reactivos del agar LB sobre una báscula, y los introdujeron en unos matraces con un volumen de agua determinado. Posteriormente, utilizaron las placas calefactoras para calentar el medio y disolver todos los reactivos. Una vez disueltos, cada grupo distribuyó el medio líquido preparado en 8 placas de Petri vacías para que gelificaran.

Finalmente, en los últimos minutos de la sesión se observaron las muestras preparadas del Experimento 1 (**Figura 12**), dónde cada alumno observó el crecimiento bacteriano que hubo en su placa de Petri, además de las placas del resto de compañeros. Sin embargo, se decidió examinar estas placas de forma más exhaustiva en la 4<sup>o</sup> sesión, cuando los microorganismos hubiesen tenido la oportunidad de crecer de forma más considerable.

### **Sesión 3**

Objetivos:

- Explicación sobre las enfermedades y terapias asociadas al microbioma, además de tecnologías en desarrollo y objetivos para el futuro de la investigación
- Finalización del Experimento 2: El efecto de diferentes estreses sobre *E.Coli*.
- Realización de la Actividad 1: Guess Who - MicroMystery

En esta sesión se realizó la última presentación teórica (**Anexo 6**) sobre algunas de las enfermedades y terapias asociadas al microbioma. Se discutió cómo las investigaciones emergentes sugieren que hay una correlación entre determinadas enfermedades como enfermedades inflamatorias intestinales y diabetes mellitus con el microbioma. También se hizo hincapié en las terapias actuales y en desarrollo para tratar dichas enfermedades, entre las cuales destacaba el trasplante de microbiota fecal (aprobados recientemente por la FDA) y el uso de probióticos para restablecer el equilibrio microbiano. Al final de la presentación, se explicó el potencial que ostenta este campo en la investigación y cómo progresa rápidamente con la aplicación de nuevas tecnologías y recursos, y a su vez resaltando algunos de los problemas y cuestiones más relevantes en nuestra sociedad que merecen ser estudiadas como las alergias y el desarrollo de terapias más específicas.

Posteriormente, los 4 grupos del Experimento 2 (efecto de distintos estreses sobre *E.Coli*) repartieron 2 réplicas de cada placa al resto de grupos, de manera que cada grupo presentaba 2 placas de cada condición. Los alumnos dedicaron unos pocos minutos a inocular el agar (ya gelificado) en las placas de Petri con una solución que contiene una colonia de la bacteria *E.Coli* crecida en una placa de agar. Para ello, se encendieron los mecheros Bunsen para alcanzar unas condiciones más higiénicas y “estériles” a la hora de restregar el hisopo por el medio de cultivo gelificado.

Una vez se inocularon las placas, se cubrieron los bordes con parafilm y se anotaron con rotulador permanente el nombre del grupo y las distintas condiciones. Estas muestras se dejaron sobre una mesa y se analizarán en la sesión 5.

Cómo experimento alternativo con recursos más accesibles, esta práctica se puede realizar con levadura de panadería para investigar su resistencia a diversas condiciones. También se puede observar el crecimiento de un determinado microorganismo en distintas fuentes de azúcar, como en la miel, azúcar moreno, azúcar blanco o jarabe de maíz, empleando de nuevo el agar-agar o gelatina vendida en supermercados.

En la última parte de la sesión, se dividió a la clase en dos equipos y se recurrió de nuevo a las diapositivas del inicio de la clase para mostrar la Actividad 1 llamada Guess Who: MicroMystery (**Anexo 6**), cuyo objetivo es determinar el microorganismo responsable de una enfermedad definida. Con tal efecto, los alumnos deben trabajar en equipo para descifrar las respuestas a una serie de preguntas que les aportaran las pistas adecuadas para desvelar el microorganismo culpable en cuestión.

En la Figura 3 se presentan las pistas mostradas a los estudiantes. Por un lado, la Pista 1 es un código del abecedario del popular videojuego “Minecraft” y en este caso los estudiantes debían observar el muñequito de arriba a la derecha para vincular la pista al juego para poder descifrar el código mediante una conversión de letras a través de internet. Por otro lado, la Pista 2 está escrita en código morse, dónde los alumnos deben buscar de nuevo las letras correspondientes a cada incógnita. Finalmente la Pista 3 presenta una serie de dibujos que desvelan la tercera y última pista mediante la lectura de la primera letra de cada uno de los iconos hasta formar la frase completa.

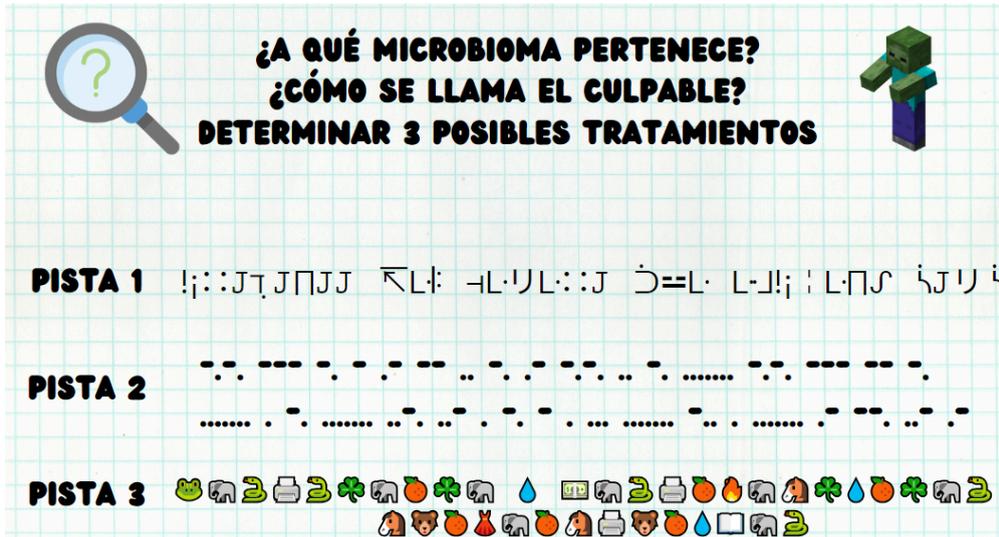


Figura 3 Diapositiva de las pistas para el juego “Guess Who: MicroMystery”

Los alumnos disponían de un portátil por equipo, y tenían aproximadamente 15 minutos para resolver el puzzle.

Al final de la clase, ambos equipos habían logrado averiguar las respuestas a todas las preguntas planteadas, y se les reveló las pistas (que ya descifraron) y resultados tal y como se demuestra en la Figura 4.

## RESPUESTAS

**Pista 1:** Protozoo del género que empieza con C.

**Pista 2:** Contaminación común en fuentes de agua.

**Pista 3:** Resistente a los desinfectantes convencionales.



**MICROBIOMA:**  
**INTESTINAL**

**ORGANISMO RESPONSABLE:**  
**CRYPTOSPORIDIUM PARVUM**

**TRATAMIENTOS POSIBLES:**

- **ANTIPARASITARIOS ESPECÍFICOS: NITAZOXADINA**
- **HIDRATACIÓN PARA CONTRARRESTAR LA DESHIDRATACIÓN CAUSADA POR LA DIARREA.**
- **ANTIBIÓTICOS**
- **MEJORA DE LAS PRÁCTICAS DE SANEAMIENTO Y TRATAMIENTO DEL AGUA PARA PREVENIR LA PROPAGACIÓN.**

**Figura 4** Diapositiva de las respuestas para el juego “Guess Who: MicroMystery”**Sesión 4**

## Objetivos:

- Realización del Experimento 3: Elaboración de un yogur casero
- Realización de la Actividad 2: Pasapalabra - Microbiome WordQuest
- Análisis de los resultados del Experimento 1: Simulación del microbioma humano

En esta sesión, se comenzó explicando el fundamento del tercer y último experimento con el objetivo de elaborar un yogur casero. Se hizo referencia al uso de probióticos, cuyos beneficios se comentaron en la sesión anterior y concretamente se habló sobre los microorganismos que se encuentran en el yogur tradicional (*Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*). Se repartieron las guías de laboratorio ([Anexo 7](#)) para el Experimento 3<sup>26-32</sup>, y se dividió la clase en 2 grupos.

En esta práctica simplemente se trataba de seguir una receta muy sencilla que emplea el uso de la leche fresca, una cucharada de yogur natural, una placa calefactora para calentar la mezcla y unos tarros de plástico sobre los cuales se vertió la leche caliente. Para el control negativo se llevó a ebullición una pequeña parte de la mezcla durante 5 minutos adicionales para demostrar y verificar el papel esencial de los microorganismos vivos en la fermentación. Una vez llenos, se guardaron los tarros en una caja hasta la próxima sesión.

Como alternativa a este experimento, se pueden realizar otros alimentos que contengan probióticos como el chucrut casero, simplemente cortando un repollo en tiras finas, añadiendo sal y dejándolo en un frasco durante unos días. También se puede realizar queso fresco casero, que a pesar de no ser fermentado en el sentido tradicional, es una actividad divertida y educativa para los estudiantes. Pueden aprender sobre el proceso de coagulación de la leche, la formación de cuajada y su posterior prensado y salado.

Por otro lado, se apartaron las mesas de la clase hacia un lado para llevar a cabo la Actividad 2 llamada Microbiome Wordquest ([Anexo 8](#)). La idea de este pasapalabra competitivo fue anunciar la letra con la que comenzaba una palabra junto con la definición de esta. Todas las palabras estaban relacionadas con la teoría explicada en las primeras 3 sesiones y seguían el siguiente formato:

**A - Antibióticos:**

Medicamentos que inhiben el crecimiento o destruyen bacterias.

**B - Bacterias:**

Microorganismos unicelulares presentes en el microbioma que pueden ser beneficiosos o patógenos.

[...]

Se llevó a cabo dividiendo la clase en dos grupos que formaron dos filas indias, dónde el primer alumno de cada fila se enfrentaría al otro, y el primero que cogiese el bote del centro y contestara a la pregunta se llevaría un punto. En caso de que el alumno que haya cogido el bote contestara erróneamente, su oponente tendría la oportunidad de hacerlo y así sucesivamente hasta adivinar la respuesta correcta. El equipo con más puntos al final del rosco de pasapalabra (de A-Z) se llevó una bolsa de chucherías como recompensa.

Finalmente, se realizó un análisis de las muestras obtenidas del Experimento 1 dónde cada alumno anotó lo que observaba en la placa, y se hizo una examinación verbal sobre la diversidad microbiana que alberga el ser humano en los diferentes microbiomas del cuerpo. También se comentó el control negativo, en el cual no hubo crecimiento microbiano debido a la presencia de alcohol etílico, que es un agente con acción desinfectante, y se destacaron las 4 placas para demostrar el efecto del higiene (antes y después de un lavado de manos o cepillo de dientes). En estas placas se observó un claro crecimiento bacteriano en las muestras tomadas antes de someter a las dos alumnas a las condiciones de higiene, pero también se observó un ligero crecimiento en las placas cuyas muestras se tomaron tras el lavado de manos y de dientes. Esto fue una representación visual de que a pesar de higienizar, es poco probable eliminar toda la presencia de bacterias. Se recalcó el hecho de que esto no equivale a algo negativo, ya que no todas las bacterias son perjudiciales y que se requieren para protegernos al ser expuestos a desafíos microbianos.

## **Sesión 5**

Objetivos:

- Análisis de los resultados del Experimento 3: Elaboración de un yogur casero
- Análisis de los resultados del Experimento 2: El efecto de diferentes estreses sobre *E.Coli*.
- Realización de la Actividad 3: Debate científico

En la primera mitad de esta sesión se abordó el análisis de los resultados de los Experimentos 2 y 3. En primer lugar se comprobaron los resultados del Experimento 3, dónde se vió que tras aproximadamente 24 horas, los microorganismos en la leche fresca que manipulamos en la sesión anterior habían llevado a cabo la fermentación láctica y la habían transformado la leche en yogur. Se repartieron los tarros a todos los alumnos y se pidió que lo probaran y que anotaran en las guías de laboratorio su comparación respecto a un yogur comercial. Los dos tarros del control negativo seguían completamente líquidos, lo cual demostró que los microorganismos no sobrevivieron el calor excesivo y que no hubo una fermentación.

Seguidamente, se hizo un análisis cuantitativo de todos los resultados del Experimento 3, observando los distintos grados de crecimiento de *E.Coli* sobre el medio de cultivo en las placas de Petri, y se hizo un razonamiento de por qué había más o menos crecimiento según la condición de estrés a la que estaba sometida.

Estas son las observaciones y conclusiones que se comentaron durante la discusión:

- Condición 1 (Elevada temperatura): En estas placas no hubo crecimiento bacteriano dado que *E.Coli* no resistió a las elevadas temperaturas (90-100°C) a las que se había sometido en disolución. Esto se debe al daño que causa en la membrana plasmática además de la desnaturalización de proteínas esenciales.
- Condición 2 (Exposición a antibiótico): En estas placas no hubo crecimiento bacteriano porque el antibiótico empleado en el medio de cultivo es la ampicilina. La ampicilina causa la lisis de las paredes bacterianas y por ello, no hubo crecimiento de *E.Coli*.

*P.D* En esta condición podría emplearse cualquier antibiótico para observar su efecto sobre *E.Coli*.

- Condición 3 (Falta de nutrientes esenciales): En esta condición hubo un crecimiento visualmente observado cómo un ligero rastro blanco pálido, el cual no era muy abundante. Esto se debe a que bajo un estrés nutricional, *E.Coli* no crece de forma óptima y por lo tanto su crecimiento fue limitado.
- Condición 4 (Condiciones normales, grupo control): En esta condición, a diferencia de la condición 3, se observaba un crecimiento mucho más claro a lo largo de las placas, observándose unos rastros blancos opacos en las zonas dónde se había restregado el cultivo en disolución. Esto quiere decir que bajo condiciones de crecimiento normales (a temperatura ambiente) y sin estrés nutricional, *E.Coli* crece adecuadamente.

La segunda mitad de la clase, se dividió a la clase en 6 grupos de aproximadamente 3 o 4 personas. Para cada 2 grupos se planteó una cuestión, dónde había un equipo a favor y otro en contra.

Las cuestiones planteadas son las siguientes (un grupo en contra y otro a favor por cuestión):

1. **¿Deberíamos explorar la modificación artificial del microbioma humano para mejorar la salud?**
2. **¿Deberíamos limitar el uso de antibióticos para preservar la diversidad del microbioma?**
3. **¿Es ético el uso de la edición genética en humanos para prevenir enfermedades?**

Se proporcionó un tiempo de 10 minutos para la búsqueda de información y preparación de los debates, y posteriormente otros 5 minutos por pareja de grupos para exponer los argumentos y defensas. Esta fue una actividad muy participativa y eficiente, dado que todos los alumnos tuvieron la oportunidad de compartir sus opiniones individuales además de escuchar a los demás compañeros en relación a un tema científico.

## Sesión 6

Objetivos:

- Realización de un Kahoot! para recapitular la teoría de sesiones previas
- Rellenar la ficha de evaluación
- Realizar una lluvia de ideas para la sesión de primaria

En esta última sesión se comenzó con un Kahoot! ([Anexo 10](#)) para evaluar algunos de los conceptos específicos enseñados a lo largo de las últimas sesiones. Las preguntas seguían el tipo y formato como el que se observa en la Figura 5.

**¿Qué es la disbiosis del microbioma?**



**Figura 5** Formato y tipo de preguntas en el Kahoot 2 (para ver todas las preguntas acuda al [Anexo 10](#))

Para adquirir una evaluación general, se les proporcionó a los alumnos una ficha de evaluación (**Anexo 9**) con una serie de preguntas que debían de contestar en unos pocos minutos. En las Figuras 6a, 6b, 6c y 6d se observan algunas de las respuestas contestadas por 4 estudiantes diferentes.

1) ¿Qué has entendido sobre el fundamento del Proyecto Natura?  
 ¿Qué opinas respecto a ello? (Ej: muy útil, interesante, no sirve de nada). Yo entiendo que el "Proyecto Natura" es una manera de enseñar a los jóvenes sobre conceptos científicos de una manera más activa. Captando la atención de todos. Me lo he pasado bien al igual que he aprendido.

**Figura 6a** Respuesta de un/a estudiante en la ficha de evaluación

2) Del 1-10 ¿Cómo de interesante te ha parecido el tema "El impacto del microbioma en la salud humana"? ¿Por qué?  
 10. Es importantísimo conocer el cuerpo humano y el mundo entero que existe dentro de él.

**Figura 6b** Respuesta de un/a estudiante en la ficha de evaluación

4) ¿Qué experimento te ha gustado más?  
 A. Experimento 1: Simulación del microbioma humano  
 B. Experimento 2: E.Coli y los diferentes estreses  
 C. Experimento 3: Elaboración de un yogur  
 Describe en pocas palabras porque has escogido ese experimento  
 Porque creo que está muy guay poder ver lo que tienes en las manos durante el día a día, personalmente me gustó mucho.

**Figura 6c** Respuesta de un/a estudiante en la ficha de evaluación

6) ¿Qué actividad te ha gustado más?  
 A. ¿Quién es el culpable?: Guess Who - Micromystery  
 B. Pasapalabra: Microbiome WordQuest  
 C. Debate  
 Describe en pocas palabras porque has escogido ese experimento  
 Porque es una manera divertida de adquirir nuevos conocimientos.

**Figura 6d** Respuesta de un/a estudiante en la ficha de evaluación

(P.D realmente hay 5 preguntas, la 6 fue un error de escritura)

De los 26 alumnos de bachillerato, 23 rellenaron la ficha de evaluación y se obtuvieron los siguientes datos estadísticos:

**Pregunta 2:** La media del 1-10 de cómo de interesante les ha parecido el tema “**El microbioma humano: ¿Aliado o Adversario?**” es de **7,7**.

**Pregunta 3:** La media del 1-10 de lo buena que ha sido la **metodología** empleada a lo largo del proyecto es de **8,98**.

**Pregunta 4:** El **experimento** que más le ha gustado a la mayoría de la clase fue el experimento 1 (simulación del microbioma humano) con un porcentaje de **43,5%**, seguido por el experimento 3 (elaboración de un yogur casero) con un porcentaje de **30,4%** y finalmente un **26,1%** del alumnado ha preferido el experimento 2 (distintos estreses en *E.Coli*)

**Pregunta 5:** La **actividad** que más le ha gustado a la mayoría de la clase fue con diferencia la actividad 2 (WordQuest/Pasapalabra) con un porcentaje de **78,2%**, seguida por la actividad 3 (debate científico) con un porcentaje de **13%** y finalmente un **8,8%** del alumnado ha preferido la actividad 1 (Guess Who: Micromystery).

Finalmente, el resto de la sesión fue dedicada a realizar una lluvia de ideas para la presentación del Proyecto Natura a la clase de primaria. Se dividió la clase en 4 grupos y tuvieron 15 minutos para pensar en una idea, desarrollarla y hacer una descripción de los materiales necesarios para llevar a cabo su objetivo. Una vez finalizado el plazo de tiempo, cada grupo expresó su idea y se anotó en la pizarra el título de cada una. Tras una serie de votos por parte de cada alumno, se escogió la idea con el mayor número de votos, que fue la realización de preguntas científicas a través de juegos físicos.

#### **4.4 FASE 3**

En esta fase se han llevado a cabo otras 2 sesiones más junto con el alumnado de bachiller para preparar la actividad que se llevaría a cabo para los alumnos de primaria.

#### **Sesión 7**

Objetivos:

- Desarrollo de la idea de la actividad para primaria
- División del trabajo y asignación de roles

- Realizar un registro de las preguntas y respuestas de la actividad

Esta sesión empezó con una breve recapitulación sobre la idea que se llevaría a cabo en primaria, y que fue propuesta por los propios estudiantes de bachiller. La propuesta de la actividad se fundamentó en realizar preguntas relacionadas con la temática del Proyecto (el microbioma), aplicando un modo interactivo, físico y entretenido. Se escogieron las 2 actividades: **pasapalabra** y **carrera de relevos**. En las cuales habría 2 subgrupos para poder moderar con mayor facilidad a los alumnos de primaria y focalizar la atención de los estudiantes.

El resto de la sesión se dedicó a desarrollar el contenido de las preguntas planteadas en los dos juegos, además de la organización de equipos y selección de 6 portavoces que estarían encargados de introducir la actividad, gestionar y mantener un orden a lo largo de las actividades.

## **Sesión 8**

Objetivo:

- Realizar un ensayo de la actividad desarrollada para los alumnos y alumnas de primaria

Esta sesión se llevó a cabo en el patio, dónde en un principio los estudiantes de bachiller acabaron de modificar las preguntas y respuestas implementadas en la actividad (para que fuesen aptas a su público), además de perfeccionar las introducciones propuestas por los 6 portavoces.

Posteriormente se hizo un simulacro de la introducción que se llevaría a cabo en 2 grupos (18/19 alumnos de primaria por grupo), además de hacer una prueba de la carrera de relevos en la pista de basket y el pasapalabra en la zona de césped artificial. A cada miembro de los cuatro subgrupos se le asignó un papel que llevaría a cabo el día de la actividad.

## **Sesión de primaria (08/05/2024)**

En esta sesión primero se dividió al alumnado de primaria en dos grupos, y los 6 portavoces de bachillerato acudieron a sus respectivos grupos para realizar la pequeña introducción sobre el tema y explicar las actividades. Emplearon metáforas divertidas que facilitaron la comprensión de algunos de los conceptos para los alumnos y alumnas de primaria.

**Ejemplo:** “¿Quién de aquí vive en un pueblo?” \**Alumnos de primaria contestan\**

“El microbioma es un pueblo con distintos barrios llamados microbiotas, dónde hay distintos habitantes llamados microorganismos...”

Posteriormente se formaron cuatro grupos en total, y se comenzaron las 2 actividades. Los estudiantes de primaria debían contestar a las preguntas propuestas por los estudiantes de bachiller sobre el microbioma. Por un lado, en el pasapalabra se formaron dos filas en las que los primeros dos alumnos de primaria debían contestar. Contestaría primero aquel que cogiese la pelota del medio, y se llevaría una concha si acertaba la pregunta. Luego esos dos estudiantes se volvían al final de la cola y así sucesivamente hasta acabar todas las letras del abecedario.

Por otro lado, en la carrera de relevos los estudiantes se colocaban de nuevo en dos filas, y una vez indicado, debían correr hasta dónde se localizaban dos estudiantes de bachillerato y volver para contestar una pregunta anunciada por otro de ellos. Aquel niño o niña que contestaba correctamente se llevaba un tapón de botella.

Finalmente, reunimos a todos los grupos y se hizo un recuento del total de tapones y conchas coleccionadas por cada estudiante (individualmente) y se repartieron una serie de premios según el total que tenían, cómo lápices flexibles de color, gomas con diseños atractivos y una libreta para el ganador.

#### **4.5 FASE 4**

Para la preparación de Expociencia se ha tenido en cuenta la diversidad del público que acudiría. Para ello, se han incorporado varias actividades para que todas las personas tuvieran la oportunidad de participar. Previamente se diseñaron los folletos observados en las Figuras 7a y 7b (acudir al [Anexo 11](#) para observar con mayor ampliación) con las distintas actividades que se llevarían a cabo.



Figura 7a Parte delantera del folleto presentado al público en Expociencia



Figura 7b Parte trasera del folleto presentado al público en Expociencia

En la Figura 8 se observan algunos de los distintos materiales mostrados en la mesa que se presentó al público. Por un lado se escogió la actividad "Diseña a tu monstruo

microbiano” para las personas de edad menor, dónde el objetivo es desprender la creatividad de cada uno, proporcionando plastilina para que diseñaran su propio microorganismo.

Por otro lado también se exhibieron en placas con agar LB, una serie de bacterias crecidas de distintas muestras. Para representar el microbioma humano, se han recogido muestras del ombligo, boca, oreja y manos además de una muestra tomada de la pantalla de un teléfono móvil para representar la diversidad microbiana que existe en objetos inanimados. También se crecieron bacterias obtenidas a partir de muestras yogur diluido en agua y de pepinillo para representar los probióticos que crecen en estos alimentos.

Para aquellas personas mayores de edad que quisieron participar en la siguiente actividad, primero se preguntaba por alergias, intolerancias o alimentos que les disgustaba. Se les tapó los ojos con un pañuelo y se les ofreció probar un alimento rico en probióticos de manera aleatoria (opciones: kéfir, yogur natural, pepinillos y perlas de mozzarella). Tras probarlo, se les pedía que adivinaran de qué alimento se trataba.

Para ambos públicos, se llevó a cabo otra actividad que involucró la observación de una serie de imágenes de microorganismos considerados como probióticos (**Anexo 13**). El objetivo para los participantes fue descifrar el nombre de cada probiótico en las imágenes mostradas (una mediante microscopio electrónico y otra con microscopio óptico por cada microorganismo) mediante una serie de preguntas que les guiarán a ello (**Anexo 12**). Estas preguntas deben de seguirse en orden y se debe comenzar desde la pregunta 1 cada vez que se va a identificar un probiótico nuevo.

Los encargados del puesto disponíamos de una hoja de respuestas para confirmar a los participantes si habían identificado al probiótico correctamente (**Anexo 14**).

*Especial mención a los alumnos de 1º de bachillerato que acudieron a Expociencia y concretamente a las 2 alumnas (Carolina Loachamin y Yamira Gimeno) además de la profesora encargada de su curso (Yasmina Pérez) que ayudaron a preparar el puesto durante de Expociencia.*



**Figura 8** Mesa con montaje de actividades en Expociencia

## **5. CONCLUSIONES**

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

### **Conclusiones de dos alumnas de primero de bachillerato:**

*“Desde el punto de vista de dos alumnas que cursan primero de bachiller científico y desean estudiar algo relacionado con la salud humana, nos ha abierto una opción para el futuro, ya que la única opción que antes contemplábamos era medicina. Sin embargo, hemos descubierto el maravilloso mundo de los microorganismos y aprendido sobre biotecnología, debido a la gran oportunidad de haber podido participar en el “Proyecto Natura”.*

*Nos ha encantado ser parte de este proyecto y esperamos que muchas más personas lo sean en el futuro.”*

*Yamira Gimenez y Carolina Loachamin*

### **Conclusiones de tutora académica:**

*“Haya ha logrado cumplir con éxito los objetivos marcados para su TFG, realizando un proyecto equilibrado en Aprendizaje-Servicio (ApS), donde se destaca tanto el aprendizaje consolidado como el servicio de transmisión del conocimiento prestado. Supo realizar una búsqueda de bibliografía científica actualizada para dominar el tema, y a partir de esto ha sabido diseñar actividades variadas que no solo motivaran el aprendizaje del alumnado, sino que también les transmitiera el rigor y método científico.*

*Es destacable su papel al permitir que el alumnado de secundaria fuera protagonista de su aprendizaje en cada actividad, además de saber asesorarles, dejándoles libertad para que pudieran diseñar las actividades para trabajar en primaria. Por otro lado, ha sabido adaptar su trabajo al nivel del público presente en Expociencia, ofreciendo actividades atractivas para todas las edades, donde de nuevo, facilitó que algunas estudiantes de secundaria tuvieran también un papel relevante participando activamente en el taller.*

*Este trabajo, además de fortalecer sus conocimientos científicos, ha supuesto la adquisición de un nivel competencial importante en otras facetas, como el diseño de actividades, la comunicación, la divulgación y el liderazgo. Haya ha demostrado ser una persona trabajadora y constante, mostrando un gran interés por aprender y mejorar en todo momento, y sobre todo, por despertar la curiosidad científica y transmitir el concepto del microbioma a diferentes niveles educativos y a públicos de todas las edades. Por último destacar que este trabajo no hubiera sido posible sin la inestimable ayuda de Yasmina, la docente de secundaria que confió sus recursos, tiempo y alumnado en manos de Haya.*

*En resumen, valoro muy positivamente el trabajo realizado por Haya, y como lo demuestran las evaluaciones del proyecto, esta experiencia ha sido plenamente satisfactoria tanto para la alumna como para el alumnado de secundaria y primaria y las profesoras involucradas.”*

*María Jesús García Murria*

**Conclusiones de la profesora encargada de bachillerato:**

*“El Proyecto Natura ha sido una experiencia súper enriquecedora, es una oportunidad de que el alumnado vea que la educación va más allá de lo que se enseña en las aulas. Por otro lado, la temática del proyecto ha cuadrado perfectamente con el currículo de la asignatura, estoy muy contenta de que se haya podido trabajar con experimentos científicos y que el alumnado haya tenido una participación muy activa durante todo el proceso, además de que también hayan sido protagonistas al transmitirlo a los alumnos de primaria. Haya ha sido profesional, ha sabido acercarse muy bien al alumnado. Los recursos que ha empleado han sido muy adecuados y pertinentes, además de eficientes y lúdicos.”*

*Yasmina Pérez Sánchez*

## **6. VALORACIÓ DEL PROYECTE**

El proyecto Natura ha demostrado ser una herramienta altamente efectiva para la transmisión de información entre etapas educativas y concretamente sobre el microbioma humano de forma interesante y cautivadora para los estudiantes. La variedad de actividades interactivas y experiencias prácticas ha facilitado un aprendizaje significativo y ha arrojado luz sobre un tema con mucho futuro en la investigación a los estudiantes. Los alumnos de bachillerato mostraron un alto nivel de colaboración y participación en todas las actividades, lo que conllevó al éxito general del proyecto. Su entusiasmo y disposición para aprender fueron aspectos destacados que realzan la experiencia educativa.

Es importante destacar el papel fundamental de la profesora de bachillerato (*Yasmina Pérez Sánchez*), la cual ha facilitado el desarrollo fluido de las sesiones con su liderazgo y orientación. Su compromiso y dedicación fueron fundamentales para mantener el ritmo del proyecto y garantizar que se cumplieran los objetivos educativos. Asimismo, la tutora de este TFG (*María Jesús García Murria*) desempeñó un papel crucial al brindar un sólido sistema de apoyo y orientación a lo largo de todo el proceso, lo que contribuyó en gran medida al éxito de este Proyecto Natura. Su experiencia y conocimientos fueron invaluable para abordar los desafíos y resolver los problemas que surgieron durante la ejecución del proyecto.

Sin embargo, a pesar de los aspectos positivos, también surgieron algunos desafíos durante la implementación del proyecto. Algunas actividades requirieron más tiempo del previsto, lo que afectó ligeramente la planificación y la ejecución de otras partes del proyecto. Además, hubo ocasiones en las que se encontraron dificultades técnicas con el equipo o los materiales, lo que provocó pequeños contratiempos en el desarrollo de las actividades.

El alumnado de primaria también mostró gran interés en el tema una vez comprendieron algunos de los conceptos básicos y tras comenzar a participar en las actividades. La división en varios grupos ha sido una decisión estratégica que permitió mantener el foco de todos los chicos y chicas de la clase exitosamente. Esto también permitió que los estudiantes de bachillerato organizaran el trabajo de forma equitativa, para que cada uno tuviese un papel que jugar a lo largo de la sesión.

La divulgación científica en la jornada anual de puertas abiertas (Expociencia) ha sido una experiencia inolvidable en cuanto a la interacción con un público de diversas edades. Ha proporcionado una gran oportunidad para compartir algunos de los conocimientos que se han aprendido desde los inicios del Proyecto Natura hasta sus últimas fases con una audiencia tan receptiva hacia la ciencia. Fue sin duda una de las fases más agradables y satisfactorias en las que uno podría participar, y queda altamente recomendada para cualquier individuo que se plantee formar parte de ella.

En resumen, el Proyecto Natura ha presentado unas dificultades y obstáculos que requieren mucho tiempo y dedicación constante. Pero ha sido una experiencia educativa, enriquecedora e increíblemente gratificante, destacada por su eficacia en la transmisión de conocimientos y su impacto positivo en los estudiantes y la comunidad educativa en general.

## **7. IMATGES DEL DESENVOLUPAMENT DEL PROJECTE**

En las Figuras 9-17 se observan una serie de fotografías que muestran las distintas fases del proyecto, desde su desarrollo en el instituto junto con la clase de bachillerato, hasta la sesión de primaria y la divulgación de las distintas actividades en Expociencia.



**Figura 9** Exposición oral de la presentación 2



**Figura 10** Preparación de medio de cultivo LB para el Experimento 2



**Figura 11** Actividad Microbiome WordQuest (pasapalabra)



**Figura 12** Resultados observados del Experimento 1 (simulación del microbioma humano)



**Figura 13** Discusión de resultados para el Experimento 2 (efecto de estreses sobre E.Coli)



**Figura 14** Yogur casero preparado en el Experimento 3



**Figura 15** El alumnado de bachiller introduciendo el tema del Proyecto Natura a los estudiantes de primaria



**Figura 16** Los estudiantes de primaria jugando al pasapalabra científico



**Figura 17** Estudiantes de bachillerato y la profesora (Yasmina Pérez) colaborando en la divulgación en Expociencia

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

La elaboración del Proyecto Natura es una verdadera travesía desde el momento en que se comienza a esbozar las primeras ideas hasta que finalmente se ve realizado. Lo más fascinante es que, a pesar de contar con la importante colaboración del profesorado y los alumnos que participan, los pilares primordiales del proyecto los diseña y desarrolla uno mismo. Es como construir una pirámide desde sus cimientos, donde se requiere una base sólida para seguir construyendo y eso puede resultar complicado de conseguir. Sin embargo, una vez establecidos los fundamentos, todo fluye de manera más natural, especialmente en las etapas de secundaria y primaria.

Uno de los mayores desafíos que uno podría enfrentar son la generación de ideas creativas que destaquen entre otros proyectos. Al ser una labor totalmente propia e individual, ha sido un reto encontrar enfoques originales y atractivos que capten la atención y despierten el interés de los participantes y espectadores.

Además, el reclutamiento de materiales y recursos para llevar a cabo las actividades y experimentos prácticos también ha representado un desafío importante. Requiere un tiempo considerable y una cuidadosa planificación para asegurarse de que todo esté en su lugar. Pero como sucede con muchas cosas buenas en la vida, el esfuerzo y la

dedicación valen la pena cuando se ve el proyecto tomando forma y alcanzando los objetivos planteados.

Otro desafío importante es la necesidad de adaptarse constantemente a las circunstancias cambiantes. A medida que se avanza en la planificación y ejecución, surgen nuevos obstáculos y desafíos que requieren soluciones creativas y flexibles. Un ejemplo de ello es el corte de internet que hubo en el instituto durante las sesiones 3, 4 y 5. Por ello se tuvo que recurrir a otros medios para presentar las diapositivas<sup>1-25</sup> teóricas y algunas de las actividades. Esto implica estar siempre preparado para ajustar el rumbo y encontrar alternativas cuando las cosas no salen según lo planeado inicialmente.

Además, la gestión del tiempo ha sido una dificultad constante. Coordinar las diferentes etapas del proyecto, desde la investigación y planificación hasta la ejecución y evaluación, requiere una cuidadosa distribución del tiempo y de los recursos disponibles. A veces, me he encontrado luchando contra el reloj para cumplir con los plazos establecidos, lo cual ha requerido una organización meticulosa.

## **9. BIBLIOGRAFIA**

### **Diapositivas teóricas<sup>1-25</sup>**

1. Kennedy, M. S., & Chang, E. B. (2020). The microbiome: Composition and locations. *Progress in molecular biology and translational science*, 176, 1-42.
2. Berg, G., Rybakova, D., Fischer, D., Cernava, T., Vergès, M. C. C., Charles, T., ... & Schloter, M. (2020). Microbiome definition re-visited: old concepts and new challenges. *Microbiome*, 8(1), 1-22.
3. Malard, F., Dore, J., Gaugler, B., & Mohty, M. (2021). Introduction to host microbiome symbiosis in health and disease. *Mucosal Immunology*, 14(3), 547-554.
4. Hou, K., Wu, Z. X., Chen, X. Y., Wang, J. Q., Zhang, D., Xiao, C., ... & Chen, Z. S. (2022). Microbiota in health and diseases. *Signal transduction and targeted therapy*, 7(1), 135.
5. Dominguez-Bello, M. G., Godoy-Vitorino, F., Knight, R., & Blaser, M. J. (2019). Role of the microbiome in human development. *Gut*, 68 (1)108–1114
6. Sebastián Domingo, J. J., & Sánchez Sánchez, C. (2018). From the intestinal flora to the microbiome. *Rev. esp. enferm. dig.*, (ART-2018-104369).
7. Requena, T., & Velasco, M. (2021). The human microbiome in sickness and in health. *Revista Clínica Española (English Edition)*, 221(4), 233-240.
8. Kim, H., Sitarik, A. R., Woodcroft, K., Johnson, C. C., & Zoratti, E. (2019). Birth mode, breastfeeding, pet exposure, and antibiotic use: associations with the gut

- microbiome and sensitization in children. *Current allergy and asthma reports*, 19, 1-9.
9. Barko, P. C., McMichael, M. A., Swanson, K. S., & Williams, D. A. (2018). The gastrointestinal microbiome: a review. *Journal of veterinary internal medicine*, 32(1), 9-25.
  10. Weiss, G. A., & Henet, T. (2017). Mechanisms and consequences of intestinal dysbiosis. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 74, 2959-2977.
  11. Vandenplas, Y., Carnielli, V. P., Ksiazzyk, J., Luna, M. S., Migacheva, N., Mosselmans, J. M., ... & Wabitsch, M. (2020). Factors affecting early-life intestinal microbiota development. *Nutrition*, 78, 110812.
  12. Fishbein, S. R., Mahmud, B., & Dantas, G. (2023). Antibiotic perturbations to the gut microbiome. *Nature Reviews Microbiology*, 21(12), 772-788.
  13. Boyajian, J. L., Ghebretatios, M., Schaly, S., Islam, P., & Prakash, S. (2021). Microbiome and human aging: probiotic and prebiotic potentials in longevity, skin health and cellular senescence. *Nutrients*, 13(12), 4550.
  14. Sisk-Hackworth, L., Kelley, S. T., & Thackray, V. G. (2023). Sex, puberty, and the gut microbiome. *Reproduction*, 165(2), R61-R74.
  15. Sun, L. J., Li, J. N., & Nie, Y. Z. (2020). Gut hormones in microbiota-gut-brain cross-talk. *Chinese medical journal*, 133(07), 826-833.
  16. Levy, M., Blacher, E., & Elinav, E. (2017). Microbiome, metabolites and host immunity. *Current opinion in microbiology*, 35, 8-15.
  17. Nichols, R. G., & Davenport, E. R. (2021). The relationship between the gut microbiome and host gene expression: a review. *Human genetics*, 140(5), 747-760.
  18. Hou, K., Wu, Z. X., Chen, X. Y., Wang, J. Q., Zhang, D., Xiao, C., ... & Chen, Z. S. (2022). Microbiota in health and diseases. *Signal transduction and targeted therapy*, 7(1), 135.
  19. Shan, Y., Lee, M., & Chang, E. B. (2022). The gut microbiome and inflammatory bowel diseases. *Annual review of medicine*, 73, 455-468.
  20. Sepich-Poore, G. D., Zitvogel, L., Straussman, R., Hasty, J., Wargo, J. A., & Knight, R. (2021). The microbiome and human cancer. *Science*, 371(6536), eabc4552.
  21. Rahman, M. M., Islam, F., Or-Rashid, M. H., Mamun, A. A., Rahaman, M. S., Islam, M. M., ... & Cavalu, S. (2022). The gut microbiota (microbiome) in cardiovascular disease and its therapeutic regulation. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 12, 903570.
  22. Kim, S. K., Guevarra, R. B., Kim, Y. T., Kwon, J., Kim, H., Cho, J. H., ... & Lee, J. H. (2019). Role of probiotics in human gut microbiome-associated diseases.
  23. Marco, M. L., Heeney, D., Binda, S., Cifelli, C. J., Cotter, P. D., Foligné, B., ... & Hutkins, R. (2017). Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond. *Current opinion in biotechnology*, 44, 94-102.

24. Vindigni, S. M., & Surawicz, C. M. (2017). Fecal microbiota transplantation. *Gastroenterology Clinics*, 46(1), 171-185.
25. Bunyavanich, S., & Berin, M. C. (2019). Food allergy and the microbiome: Current understandings and future directions. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 144(6), 1468-1477.

### Metodología de laboratorio

26. Peterson, C. N., Mandel, M. J., & Silhavy, T. J. (2005). Escherichia coli starvation diets: essential nutrients weigh in distinctly. *Journal of bacteriology*, 187(22), 7549-7553.
27. Trueba, F. J., van Spronsen, E. A., Traas, J., & Woldringh, C. L. (1982). Effects of temperature on the size and shape of Escherichia coli cells. *Archives of microbiology*, 131, 235-240.
28. Ingerson-Mahar, M., & Reid, A. (2024). FAQ: E. coli: good, bad, and deadly.
29. Tribby, D. (2009). Yogurt. *The sensory evaluation of dairy products*, 191-223.
30. Elizaquível, P., Sánchez, G., Salvador, A., Fiszman, S., Dueñas, M. T., López, P., ... & Aznar, R. (2011). Evaluation of yogurt and various beverages as carriers of lactic acid bacteria producing 2-branched (1, 3)- $\beta$ -D-glucan. *Journal of Dairy Science*, 94(7), 3271-3278.
31. Making media (LB broth and agar) Nathan Reyna, Ruth Plymale, & Kristen Johnson Ouachita Baptist University & University of New Hampshire
32. Bell, F., Ramsahoye, M., Coffie, J., Tung, J., & Alistar, M. (2023, July).  $\mu$ Me: Exploring the Human Microbiome as an Intimate Material for Living Interfaces.

## 10. ANEXOS

Anexo 1  Presentación Día 1.pdf

Anexo 2  Experimento 1 .pdf

Anexo 3  Kahoot 1

Anexo 4  Presentación Día 2.pdf

Anexo 5  Experimento 2.pdf

Anexo 6  Presentación Día 3.pdf

Anexo 7  Experimento 3.pdf

Anexo 8  MICROBIOME WORDQUEST (PASAPALABRA).pdf

Anexo 9  FICHA DE EVALUACIÓN PROYECTO NATURA.pdf

Anexo 10  KAHOOT 2

Anexo 11  FOLLETOS EXPOCIENCIA.pdf

Anexo 12  PREGUNTAS EXPOCIENCIA.pdf

Anexo 13  IMAGENES PROBIÓTICOS.pdf

Anexo 14  EXPOCIENCIA RESPUESTAS.pdf

Anexo 15  Cronograma.pdf